

Covid-19: consecuencias y desafíos en la economía colombiana

UNA MIRADA DESDE
LAS UNIVERSIDADES

Darwin Cortés Cortés
Christian Posso
Mauricio Villamizar-Villegas
EDITORES ACADÉMICOS



Covid-19: consecuencias y desafíos en la economía colombiana



ALIANZA EFI
economía formal e inclusiva



Covid-19: consecuencias y desafíos en la economía colombiana

Una mirada desde las universidades

Darwin Cortés Cortés
Christian Posso
Mauricio Villamizar-Villegas

—Editores académicos—

Covid-19: consecuencias y desafíos en la economía colombiana. Una mirada desde las universidades / Darwin Cortés Cortés, Christian Posso, Mauricio Villamizar-Villegas, editores académicos. – Bogotá: Editorial Universidad del Rosario, Banco de la República, 2022.

xvi, 360 páginas: gráficas, tablas.
Incluye referencias bibliográficas.

1. Pandemia Covid 19 - Impacto socio-económico - Investigaciones - Colombia. 2. Reconstrucción de la economía. 3. Reconstrucción social - Economía - Colombia. 4. Pobreza - Investigaciones - Colombia. 5. Desigualdad regional - Colombia. 6. Salud pública - Investigaciones - Colombia. 7. Política pública -Evaluación - Colombia. I. Cortés Cortés, Darwin. II. Posso, Christian. III. Villamizar-Villegas, Mauricio. IV. Universidad del Rosario. V. Banco de la República. VI. Colombia Científica. Conocimiento Global para el Desarrollo. VII. Título.

338.9861 SCDD 20

Catalogación en la fuente - Universidad del Rosario. CRAI

DJGR

Diciembre 14 de 2021

Hecho el depósito legal que marca el Decreto 460 de 1995

- © Editorial Universidad del Rosario
- © Universidad del Rosario
- © Banco de la República
- © Varios autores
- © Juan José Echavarría Soto, por el Prólogo

Editorial Universidad del Rosario
Carrera 7 # 12B-41, of. 501
Tel: (57-601) 2970200, ext. 3113
<https://editorial.urosario.edu.co/>

Primera edición: Bogotá, D. C., 2022

ISBN: 978-958-784-848-9 (impreso)

ISBN: 978-958-784-849-6 (pdf)

<https://doi.org/10.12804/urosario9789587848496>

Coordinación editorial: Editorial Universidad del Rosario

Corrección de estilo: Lina Morales

Diseño de cubierta: Luz Arango y César Yepes

Diagramación: Precolombi EU, David Reyes

Impresión: Xpress. Estudio Gráfico y Digital SAS

Impreso y hecho en Colombia

Printed and made in Colombia

Los conceptos y opiniones de esta obra son responsabilidad de sus autores y no comprometen a las instituciones editoras ni a sus políticas institucionales.

El contenido de este libro fue sometido al proceso de evaluación de pares para garantizar los altos estándares académicos. Para conocer las políticas completas visitar: editorial.urosario.edu.co

Todos los derechos reservados. Esta obra no puede ser reproducida sin el permiso previo escrito de las instituciones editoras.

Contenido



Prólogo	XIII
----------------------	-------------

Juan José Echavarría Soto

Introducción	1
---------------------------	----------

Lucía Arango-Lozano

PARTE I. ANÁLISIS MACROECONÓMICO

Consecuencias agregadas y regionales de la epidemia de Covid en un modelo epidemiológico con inmunidad adquirida	9
---	----------

Juan Esteban Carranza-Romero

Juan D. Martín

Álvaro J. Riascos

Macroeconomía en los tiempos del Covid-19: un análisis de equilibrio dinámico estocástico para Colombia	23
--	-----------

Jesús Botero

Matheo Arellano

Diego Montañez

Marcos González Auhing



**Efectos regionales del aislamiento por Covid-19
en Colombia..... 41**

*Jaime Bonet Morón
Diana Ricciulli Marín
Gerson Pérez Valbuena
Luis Galvis Aponte
Eduardo A. Haddad
Inácio F. Araújo
Fernando S. Perobelli*

PARTE 2. EFECTOS EN EL MERCADO LABORAL

**Efectos de la pandemia por Covid-19 en el mercado
laboral colombiano..... 63**

*Leonardo Fabio Morales
Leonardo Bonilla Mejía
José Pulido
Luz A. Flórez
Francisco Lasso Valderrama
Didier Hermida
Karen L. Pulido Mahecha*

**Efectos de corto plazo del Covid-19 sobre
la desigualdad del ingreso laboral en Colombia 87**

*Jeisson Cárdenas Rubio
Jaime Montaña Doncel*

**Desempeño del mercado laboral urbano
en Colombia y respuestas de política durante
la pandemia por Covid-19 109**

*Andrés García Suaza
Iván Daniel Jaramillo Jassir
Diana Isabel Londoño
Santiago Ortiz
Paul Rodríguez Lesmes*

PARTE 3. EFECTOS EN AGENTES ECONÓMICOS Y OTROS MERCADOS

La exposición del empleo al Covid-19 en Colombia	133
<i>Laura Alfaro</i>	
<i>Marcela Eslava</i>	
<i>Óscar Becerra</i>	
 Vulnerabilidad económica y gasto de los hogares en Colombia: elementos para una política pública en tiempos del Covid-19	 151
<i>Darwin Cortés Cortés</i>	
<i>Andrés Gallegos</i>	
<i>Diana Isabel Londoño</i>	
 Covid-19 y consumo de los hogares: hechos estilizados a partir de datos del Grupo Éxito.....	 173
<i>Leonardo Bonilla Mejía</i>	
<i>Juan Esteban Carranza-Romero</i>	
<i>Mariana Fuentes Vélez</i>	
<i>Felipe González Esquivel</i>	
<i>Stiven Pérez Pulgarín</i>	
<i>Mauricio Villamizar-Villegas</i>	
 Relación entre las medidas para mitigar la propagación del Covid-19 y los patrones de actividad laboral y salud mental en Colombia	 193
<i>Tatiana Andía</i>	
<i>Leonel Criado</i>	
<i>César Mantilla</i>	
<i>Andrés Molano</i>	
<i>Paul Rodríguez Lesmes</i>	
 Hechos y recomendaciones para enfrentar los efectos negativos del Covid-19 en la educación colombiana	 209
<i>Luz Karime Abadía</i>	
<i>Gloria Bernal</i>	
<i>Silvia Gómez</i>	
<i>Santiago Alonso</i>	

Inseguridad alimentaria de la población migrante venezolana durante el confinamiento ante el Covid-19	225
--	------------

*Sandra Rodríguez A.
Carolina Diartt*

Crimen y Covid-19. Cómo los combos de Medellín respondieron a la pandemia	243
--	------------

*Christopher Blattman
David Cerero
Gustavo Duncan
Sebastián Hernández
Benjamin Lessing
Juan F. Martínez
Juan Pablo Mesa-Mejía
Helena Montoya
Santiago Tobón*

PARTE 4. EFECTOS EN LAS REGIONES

Informalidad laboral y Covid-19: vulnerabilidad o flexibilidad	267
---	------------

*Andrés Álvarez
Andrés Zambrano
Hernando Zuleta*

Una mirada regional al impacto económico del Covid-19 desde el indicador mensual de actividad económica (IMAE) para el Valle del Cauca	289
---	------------

*Lya Paola Sierra
Pavel Vidal
Julieth Cerón*

Impactos económicos generados por el Covid-19 en el departamento de Antioquia.....	305
<i>Cristian Andrés Sánchez Salazar</i>	
<i>Cristina López González</i>	
<i>Edwin Esteban Torres Gómez</i>	
<i>Jhon Edwar Torres Gorrón</i>	
<i>Mauricio López González</i>	
Los efectos del Covid-19 en actividades económicas y la fuerza de trabajo en Cartagena.....	333
<i>Camilo Quintero Fragozo</i>	
<i>Gabriel Rodríguez Puello</i>	
<i>Aarón Espinosa Espinosa</i>	
Conclusiones.....	353

Prólogo



*Juan José Echavarría Soto**

La Red Investigadores de Economía comenzó hace más de dos años como una iniciativa conjunta del Banco de la República y un grupo amplio de universidades del país, con el propósito de impulsar y promover la investigación económica a nivel regional y nacional en Colombia.

Como ejemplo de dicha idea, surgió este libro, a partir del seminario virtual “Covid-19: consecuencias y desafíos”, realizado el pasado 21 de agosto de 2020 y organizado conjuntamente por la Red y la Universidad EAFIT. Luego del seminario, se decidió recopilar los trabajos y publicarlos en un documento editado conjuntamente por Darwin Cortés Cortés, Christian Posso y Mauricio Villamizar-Villegas, y coeditado por el Banco de la República y la Universidad del Rosario.

De las 22 universidades pertenecientes a la Red, se recibieron 27 propuestas de 10 instituciones, que incluían proyectos académicos o iniciativas institucionales sobre el impacto de la pandemia en Colombia. Las universidades

* Investigador asociado a Fedesarrollo. Correo electrónico: jechavarría@fedesarrollo.org.co

colombianas que finalmente presentaron trabajos fueron la de Antioquia, los Andes, la Javeriana (Bogotá y Cali), la del Norte, el Rosario, la Tecnológica de Bolívar y Universidad EAFIT.

Ningún tema tiene más relevancia en el momento actual. Hace unos dos años se pensó que el nuevo virus podría acabar con la especie humana, pero hoy resurge la esperanza en la capacidad de la ciencia para superar uno de los tres grandes retos enfrentados por la humanidad durante siglos (pestes, guerras y hambrunas). Al momento han muerto unos 15,2 millones de personas, según *The Economist* (el dato oficial es de solo 4,5 millones), una cifra de todas formas baja cuando se compara con los 200 y 40 millones que mataron la peste negra y la gripa española, respectivamente. Además, ya se lograron vacunas efectivas contra la pandemia, un resultado que muchos consideraron imposible hace un tiempo. La discusión relevante es, entonces, cómo vacunar pronto a la población en cada país. Ya once países, entre los cuales se cuentan Chile y Uruguay, han logrado vacunar a más del 70 % de su población con dosis completas, con cifras mucho mayores también en Ecuador (55,1 %), Panamá (47,3 %), República Dominicana (44 %) y Argentina (40 %) que en Colombia (30 %).

América Latina ha sido la región más afectada del globo por la pandemia, con más del 30 % de las muertes y una población que no supera el 9 % del total mundial. El número de muertos acumulados por habitante en Colombia es intermedio en la región, en parte debido a las fuertes cuarentenas impuestas. Además, se ha presentado una enorme diversidad regional en todos los países. En Colombia, por ejemplo, se sabe que la región atlántica y Bogotá presentan el mayor número de muertes acumuladas per cápita, seguidas, en su orden, por Santander, Valle, Antioquia y Bolívar. El Eje Cafetero presenta mejores cifras que las demás regiones.

La caída del PIB en Colombia en 2020 fue cercana al -7 %, similar al promedio de la región, y mayor que cualquier otra en la historia del país (la caída del PIB en 1999 fue de 'solo' el -4,2 % y en 1931 del -1,6 %). La tasa de desempleo saltó mucho más que en el resto de América Latina, confirmando una vez más las enormes rigideces en nuestro mercado laboral. En buena parte debido a ese factor, y a la imposibilidad de teletrabajar y de guardar distanciamiento social en muchos sectores de la economía, la pobreza monetaria aumentó del 35,7 % al 42,5 %, y la pobreza extrema, del 9,6 % al 15,1 %.

En agosto de 2020, la Cepal estimó que la crisis económica generada por el coronavirus provocaría el cierre de más de 2,7 millones de empresas y la

pérdida de unos 8,5 millones de puestos de trabajo en América Latina. Algunos reportes estiman que en Colombia se perdieron más de 500 000 micronegocios por la crisis. Algunos autores consideran que los sectores con mayor proporción de trabajadores afectados han sido los de transporte y almacenamiento, actividades de servicios administrativos, construcción, educación y comercio. Y los menos afectados han sido la agricultura, alimentos, bebidas, combustibles y servicios públicos.

Es difícil resumir las conclusiones principales de los 17 capítulos de la obra, relacionados con la macroeconomía (3 capítulos), el mercado laboral (3), agentes y mercados (7), y regiones (4 capítulos). Además, el texto final expone las principales conclusiones. Solo mencionaré algunas de ellas.

En los capítulos relacionados con la macroeconomía y con el mercado laboral, se concluye que los sectores productores de bienes y servicios considerados no esenciales, los empleos informales y los empleos en empresas pequeñas fueron los más afectados. Como se menciona en uno de los capítulos, a comienzos de 2020 más de dos mil millones de trabajadores, el 62 % de todos los que trabajan en todo el mundo, se ganaban la vida en la economía informal.

El sector informal actúa como un amortiguador de las pérdidas de empleo durante la crisis, pero esta ‘solución’ puede representar una pérdida de los avances en términos de calidad del empleo y cumplimiento de la regulación en los próximos años. Adicionalmente, la capacidad de respuesta de las firmas informales para mitigar la pérdida de empleos es muy limitada, pues son difícilmente teletrabajables, no suelen tener acceso al crédito ni liquidez suficiente y poco llegan a ellas los programas gubernamentales de defensa del empleo.

En cuanto a los hogares, se observa que la proporción de los que reportaron cero ingresos laborales pasó del 1 % al 10 %, y la proporción de cuyos ingresos laborales totales son menores a un salario mínimo aumentó del 34 % al 48 %. El género del jefe de hogar, su tamaño y su fuente de ingresos influye significativamente en la probabilidad de que un hogar pase de no tener ninguna comida al día a tener dos y más de tres. Las mujeres y el empleo no profesional han sufrido los mayores impactos. Se muestra que el deterioro en la distribución del ingreso se debió al incremento en el desempleo y a los cambios salariales en cada sector más que a cambios en sectores y ocupaciones.

Se sugieren políticas intermedias que ponderen el impacto sobre la economía y sobre la salud, y se evalúa el impacto de diferentes grados de

confinamiento. De otra parte, muchas recomendaciones de política en el mercado laboral permanecen con la pandemia. Así, varios autores recomiendan diseñar un programa de carácter estructural, en el que se incluya la reducción de barreras a la creación y contratación de empleos en el sector formal; cambios en el salario mínimo que vayan en línea con el ciclo económico; un programa de ingreso básico garantizado que permita eliminar distorsiones entre el mercado laboral formal e informal; y un esquema de seguro de desempleo que sea efectivo y tenga un mayor alcance.

La tercera parte (agentes económicos y mercados) cubre temas tan variados como el comportamiento del consumo de los hogares y el impacto de la pandemia sobre la salud mental de los colombianos, la educación, la inseguridad alimentaria de los inmigrantes venezolanos y el comportamiento de las pandillas en Medellín.

En cuanto al consumo, se destaca que los estratos 1 y 2 son los que más reducen su consumo de productos de mercado en los últimos meses estudiados, mientras que no hay variaciones anuales considerables en los grupos de ingreso más alto. También se observa una disminución significativa en los pagos en efectivo, compensada en gran medida por un aumento marcado de los pagos con tarjetas débito. Esta sustitución se da en todos los estratos, lo cual refleja logros importantes de bancarización.

Se discuten posibles recomendaciones para enfrentar los efectos negativos del Covid-19 en la educación colombiana, con énfasis en los colegios públicos. Cerca de nueve millones de estudiantes colombianos están en casa, los padres intentan ser docentes, los docentes ensayan nuevas herramientas y la tecnología se pone a prueba. Finalmente, se evidencia que la respuesta de las pandillas de Medellín a la pandemia fue ocasional y, en la mayoría de los casos, no estuvo relacionada con los factores que parecen motivar el ejercicio de funciones de gobierno.

La cuarta parte (regiones) analiza el incremento de la vulnerabilidad en la ciudad de Bogotá, las respuestas tomadas por el gobierno local y su sostenibilidad, mirando la sostenibilidad fiscal y sus posibles efectos sobre la futura recuperación económica. Para diferentes regiones del país, se estudia el comportamiento del indicador mensual de actividad económica (IMAE), que permite anticipar los resultados del DANE, y se evalúa el impacto de la pandemia en Antioquia, Barranquilla y Cartagena.

Introducción



*Lucía Arango-Lozano**

La pandemia causada por el virus del Covid-19 ha cambiado la vida humana como muy pocos acontecimientos lo habían hecho en el pasado: no solo por afectar a miles de personas en todos los continentes, sino por paralizar la vida y la economía como las conocíamos. Poco se sabía del virus cuando varias naciones europeas reportaban miles de contagios y de fallecidos. En países como Colombia, se decretaban cuarentenas nacionales y medidas sanitarias ante una situación de la que poca información se tenía. Según el World Uncertainty Index (WUI) realizado por el Fondo Monetario Internacional, la pandemia del Covid-19 ha causado más incertidumbre que cualquier otra crisis sanitaria en la historia o acontecimientos recientes, como los eventos terroristas del 11 de septiembre de 2001, la crisis financiera global de 2008, la crisis del euro a finales de 2009 o el Bréxit en 2016 (Ahir, Bloom y Furceri, 2018).

* Mesa Técnica - Red Investigadores de Economía. Correo electrónico: laranglo@banrep.gov.co

Los efectos negativos del Covid-19 han sido devastadores. Para febrero de 2021, la cifra de infectados a nivel mundial rondaba los 107 millones de casos, de acuerdo con las estadísticas oficiales de cada país. A la misma fecha, las estadísticas reportaban más de 2,3 millones de fallecidos. En Colombia, han sido más de 2 millones de infectados y 56 000 muertes. Según las últimas estimaciones de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) divulgadas en enero de 2021, los ingresos provenientes del trabajo disminuyeron un 8,3% a nivel global (equivalente a 3,7 billones de dólares estadounidenses o el 4,4% del PIB mundial). De igual manera, la mayor pérdida de ingresos se registró en las Américas (10,3%) (OIT, 2021).

Rápidamente, el mundo tornó su atención a la pandemia, generando un incremento exponencial en el volumen de investigaciones y publicaciones vinculadas con el tema por parte de la comunidad científica. Numerosos análisis bibliométricos dan cuenta del cambio en la dinámica de producción científica sobre Covid-19 y su prevalencia en la agenda de investigación global desde diferentes áreas del conocimiento. Tomando como caso el *National Bureau of Economic Research (NBER)*, es posible evidenciar un patrón de ascenso en la frecuencia de sus documentos publicados con relación al Covid-19. Al 30 de marzo de 2020, momento prematuro en el desarrollo de la pandemia, la organización había publicado 12 artículos asociados con el tema. Para el 29 de junio del mismo año ya contaba con un total de 175 publicaciones disponibles. Un estudio comprendido entre diciembre de 2019 y junio de 2020 reveló un total de 19 044 publicaciones en la base de datos Scopus, compuesto en su mayoría por artículos de investigación (Zyoud y Al-Jabi, 2020). Durante el período de referencia, se encontró una fuerte diseminación geográfica respecto a la literatura relacionada con Covid-19, pues se contó con autores de 159 países, siendo Estados Unidos el mayor contribuyente con 4479 publicaciones, lo que corresponde al 23,5% del total de estas, seguido por China (3310) e Italia (2314).

La producción científica por parte de instituciones académicas también fue elevada. En total se realizaron en 8387 instituciones distintas, en que la Universidad de Ciencia y Tecnología de Huazhong en Wuhan (China) ocupó el primer lugar con 422 publicaciones, seguida del Tongji Medical College también en Wuhan con 415 y de la Harvard Medical School en Boston (Estados Unidos) con 331. Por su parte, las revistas científicas han sido por excelencia el medio usado por la comunidad científica para divulgar sus artículos de

investigación, donde el *British Medical Journal* tomó la delantera con la difusión de 522 artículos sobre Covid-19, seguido con 311 publicaciones del *Journal of Medical Virology* y de *Lancet* con 215.

En el contexto de América Latina, un estudio llevado a cabo mediante una estrategia de búsqueda bibliométrica de la base de datos PubMed obtuvo una muestra de 257 documentos relacionados con el Covid-19 para el período comprendido entre el 1º de enero y el 30 de abril de 2020 (Torres y Torrell Vallespín, 2020). El volumen de producción científica latinoamericana sobre el tema comprende la participación total de 655 autores afiliados a 311 instituciones procedentes de Latinoamérica y el Caribe. Las instituciones de Brasil, Colombia y México sobresalen por su alto aporte en publicaciones para la producción latinoamericana, destacándose la Fundação Oswaldo Cruz, la Universidad Tecnológica de Pereira y la Fundación Universitaria Autónoma de las Américas, con 29, 23 y 21 publicaciones, respectivamente.

Con el objetivo de establecer el volumen de la producción científica vinculada al Covid-19 en el caso colombiano, se procedió a efectuar un análisis bibliométrico.¹ La búsqueda arrojó un total de 549 documentos producidos en el país desde el 16 de febrero de 2020, eliminando repetidos. De estos, el 39,3% del contenido categorizado en el área de medicina, seguido por el área de las ciencias sociales (9,5%). La principal motivación de estas publicaciones obedece a los retos, desafíos e impactos de la pandemia por Covid-19 en Colombia en aspectos epidemiológicos, económicos y sociales.

En el marco de la iniciativa de la Red Investigadores de Economía, se decidió dar voz a los hallazgos de las universidades, dada la creciente cantidad de producción científica que se estaba desarrollando en estas instituciones y a la necesidad de respuestas por parte de la comunidad académica. Junto con la Universidad EAFIT, se realizó una alianza para hacer frente a la falta de información y a la abundancia de preguntas que necesitaban mayor exploración, análisis y debate. A partir de esta, surgió el seminario virtual titulado “Covid-19:

¹ La búsqueda se llevó a cabo en la base de datos Scopus a partir de la ecuación de búsqueda ('Covid-19' or '2019-nCoV' or 'SARS-CoV-2' or 'new coronavirus' or 'coronavirus disease 2019') en las secciones de título, resumen y palabras clave. La consulta se realizó con fecha de corte del 16 de febrero de 2021 bajo un primer filtro de acuerdo con las tipologías documentales 'article' y 'review', así como la selección de aquellas publicaciones con participación de al menos un autor afiliado a una institución colombiana.

consecuencias y desafíos. Una mirada desde las universidades”, el cual se llevó a cabo el 21 de agosto de 2020 y contó con la participación de 18 ponencias de 10 instituciones distintas. La particularidad del evento yace en que se brindó una perspectiva distinta a la ofrecida tradicionalmente en los seminarios, dando protagonismo a la academia. El espacio contó con la participación de investigadores provenientes de universidades en distintas regiones del país y esto contribuyó a que se estudiaran los efectos socioeconómicos del Covid-19 de una forma comprensiva y amplia. También permitió un análisis más allá del efecto en sectores como empleo, educación y empresas, y profundizar en el impacto diferencial que tenía lugar en las regiones.

Este libro nace entonces de este esfuerzo, que reúne diferentes hallazgos, perspectivas y efectos ante un fenómeno que, más de un año después, todavía representa un reto científico, médico y social para todos. Igualmente, esta obra representa el objetivo de la Red: aunar esfuerzos para encontrar respuestas y para fortalecer la investigación en el país, aumentar la difusión de trabajos de calidad y propiciar el encuentro entre académicos, universidades y el Banco de la República. Las investigaciones expuestas en el seminario pasaron por un proceso de selección por parte del comité científico, asegurando que hubiese una pluralidad de miradas y de instituciones educativas, además del Banco, donde se relacionarán los efectos de la pandemia y la actividad económica en el país, las consecuencias sociales y regionales.

El texto está dividido en cuatro partes. En la primera se hace un análisis macroeconómico de los efectos de la pandemia; para ello se examinan los efectos de la emergencia sanitaria a nivel nacional y regional mediante modelos macroeconómicos que permiten obtener respuestas ante preguntas muy relevantes. Este primer segmento está compuesto por tres capítulos donde convergen investigaciones de la Universidad de los Andes, la Universidad EAFIT y el Banco de la República. En estos, se incluyen componentes epidemiológicos para estimar niveles de equilibrio y recuperación económica en el país. La segunda sección trata sobre el impacto en el mercado laboral, el efecto del Covid-19 en la distribución del ingreso y el efecto de corto plazo en el mercado urbano. En este apartado se incluyen estudios del Banco de la República, la Universidad del Rosario e investigadores externos. La tercera parte aborda los efectos de la pandemia en los agentes económicos y en otros mercados. Ello incluye la exposición del empleo al Covid-19, la vulnerabilidad

económica de los hogares en el país y su respuesta en el consumo, patrones de actividad laboral y salud mental, efectos en la educación, inseguridad alimentaria de la población migrante, entre otros. Adicional a las instituciones ya mencionadas, en esta tercera sección se contemplan investigaciones lideradas por la Pontificia Universidad Javeriana y la Universidad del Norte. Por último, el cuarto segmento hace un énfasis especial en los efectos diferenciales entre las regiones del país y la heterogeneidad de dicho impacto; para ello se analizan temas de informalidad, vulnerabilidad, fuerza de trabajo disponible, entre otros, en distintas regiones del país.

Referencias

- Ahir, H., Bloom, N., & Furceri, D. (2018). *The World Uncertainty Index*. Stanford mimeo. Recuperado de <https://worlduncertaintyindex.com/data/>
- Gregorio Chaviano, O., Limaymanta, C. H., & López Mesa, E. K. (2020). Análisis bibliométrico de la producción científica latinoamericana sobre Covid-19. *Biomédica*, 40(Supl. 2), 104-115. <https://doi.org/10.7705/biomedica.5571>
- OIT (2021). *Observatorio de la OIT: la Covid-19 y el mundo del trabajo* (7ª ed.). Recuperado de https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/documents/briefingnote/wcms_767045.pdf
- Torres Pascual, C., & Torrell Vallespín, S. (2020). Análisis bibliométrico de la producción científica latinoamericana y del Caribe sobre Covid-19 en PubMed. *Revista Cubana de Información en Ciencias de la Salud*, 31(3). Recuperado de <http://www.rcics.sld.cu/index.php/acimed/article/view/1600>
- Torres Salinas, D. (2020). Ritmo de crecimiento diario de la producción científica sobre Covid-19. Análisis en bases de datos y repositorios en acceso abierto. *Profesional de la Información*, 29(2). <https://doi.org/10.3145/epi.2020.mar.15>
- Zyoud, S. H., & Al-Jabi, S. W. (2020). Mapping the situation of research on coronavirus disease-19 (Covid-19): a preliminary bibliometric analysis during the early stage of the outbreak. *BMC Infect Dis.*, 20(561). <https://doi.org/10.1186/s12879-020-05293-z>

PARTE I. ANÁLISIS MACROECONÓMICO

Consecuencias agregadas y
regionales de la epidemia de Covid
en un modelo epidemiológico
con inmunidad adquirida

Juan Esteban Carranza-Romero

Juan D. Martín

Álvaro J. Riascos

Juan Esteban Carranza-Romero

Subgerente de Estudios Económicos del Banco de la República.
Correo electrónico: jcarraro@banrep.gov.co

Juan D. Martín

Investigador del Banco de la República.
Correo electrónico: jmartioc@banrep.gov.co

Álvaro J. Riascos

Profesor asociado de la Universidad de los Andes e investigador de Quantil.
Correo electrónico: ariascos@uniandes.edu.co

Introducción

En este capítulo estudiamos la interacción entre el comportamiento de la economía colombiana y la evolución de la epidemia con un modelo macroeconómico en el que los agentes individuales deciden cuánto trabajar y consumir dependiendo del riesgo de contagio. Dado que los agentes son racionales, basan su percepción de riesgo en un modelo epidemiológico que representa correctamente la evolución de la epidemia y cómo esta se ve afectada por el comportamiento de todos. El modelo reproduce con éxito la relación negativa entre el contagio y la actividad económica que se observa en los datos. Luego, junto con datos colombianos, esto nos permite identificar la heterogeneidad de los efectos de la epidemia a nivel de cada región estudiada y cómo al ser agregados caracterizan su comportamiento a nivel nacional.

Nuestro trabajo se basa en Carranza *et al.* (2020) y hace parte de una literatura macroeconómica reciente que incorpora modelos epidemiológicos estándar tipo SIR que describen la evolución de la epidemia con base en las probabilidades de contagio entre personas infectadas y personas sanas (Acemoglu *et al.*, 2020; Álvarez *et al.*, 2020; Atkeson, 2020; Berger *et al.*, 2020). Nuestro modelo es un modelo macroeconómico en un contexto de epidemia, donde las decisiones económicas y la tasa de contagio se determinan endógenamente. Es un modelo similar al descrito en Eichenbaum *et al.* (2020), en el que agentes que maximizan su utilidad intertemporal asignan óptimamente su tiempo de trabajo y consumo dependiendo de las probabilidades de contagio asociadas con cada actividad. Las decisiones que toman, a su vez, determinan la probabilidad de contagio, y en equilibrio el comportamiento y la probabilidad de contagio que predice el modelo deben ser coherentes.

Nuestro enfoque incorpora dos innovaciones con respecto a la literatura que mejoran la capacidad del modelo de ajustarse a los datos observados. En primer lugar, nuestro modelo epidemiológico supone que una porción de la población es inmune al virus, en el sentido de que no se enferma y tampoco transmite el virus. Este supuesto es consistente con evidencia creciente de que los pacientes asintomáticos, que son una porción grande de los infectados, no son vectores significativos del virus (Adam, 2020; Doshi, 2020).

En segundo lugar, la calibración del modelo con los datos colombianos se basa en ajustar en lo posible a los datos la predicción del modelo de muertes y de actividad económica. Al ajustar las dos medidas simultáneamente, el modelo identifica de forma transparente las probabilidades de contagio y los efectos de las restricciones del gobierno en la actividad económica. Adicionalmente, la disponibilidad de datos nos permite la calibración de modelos regionales que reflejan la epidemia y sus efectos de forma más precisa que modelos agregados a nivel nacional. Nuestros resultados muestran que el modelo calibrado a nivel regional reproduce mejor la evolución agregada de la epidemia, pues reconoce que, más que una sola epidemia, los datos de contagio reflejan una sucesión de epidemias locales.

Aparte de esta introducción, este capítulo cuenta con tres secciones adicionales. La siguiente tiene como propósito describir el modelo, luego se presentan las predicciones y los resultados de las simulaciones. Finalizamos con unas breves conclusiones. Nos abstendremos en lo posible de la discusión de los detalles técnicos del modelo, cuya descripción está disponible en Carranza *et al.* (2020).

1. Descripción del modelo

El modelo en el que se basa nuestro análisis es similar al descrito en Eichenbaum *et al.* (2020). Se trata de un modelo de una economía cerrada en la que agentes idénticos y con horizonte infinito de vida maximizan el valor presente neto de su utilidad. La única diferencia entre agentes es su estado infeccioso, que cambia con una probabilidad que depende precisamente de las decisiones de trabajo y consumo que todos toman. Así mismo, hay un gobierno que

establece restricciones a las actividades de consumo a través de impuestos que retornan a la sociedad por medio de transferencias fijas.

La dependencia entre las decisiones económicas de la gente y la evolución de la epidemia es lo que hace relevante este tipo de modelos macroepidemiológicos. A continuación, nos referiremos por separado a ambos componentes del modelo.

1.1. El componente económico del modelo

El núcleo del modelo es el problema de maximización intertemporal de la utilidad de cada individuo, identificado con el superíndice j , que denota su estado infeccioso, el cual puede ser susceptible ($j = S$), infectado ($j = I$) o superviviente ($j = O$); los supervivientes se dividen entre recuperados ($j = R$) o inmunes ($j = M$). En cada período t , los individuos escogen sus horas de trabajo n_t^j y de consumo c_t^j para maximizar el valor presente del flujo de utilidad $u(c_t^j, n_t^j)$, como se describe a continuación:

$$\max_{c_t, n_t} U^j = \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t u(c_t^j, n_t^j), \quad (1)$$

sujeto a la siguiente restricción presupuestal:

$$c_t^j = \varphi^j w_t n_t^j - \mu_t c_t^j + \Gamma_t, \quad (2)$$

donde w_t es el salario por hora que se multiplica por φ^j , que es una medida de la capacidad laboral de un agente en estado infeccioso j , tal que si el agente está sano ($j = S, O$), $\varphi^j = 1$, pero si el agente está enfermo ($j = I$), $\varphi^j \leq 1$. El consumo tiene una tasa de impuesto μ_t establecida por el gobierno para restringir la interacción entre agentes y contener la epidemia; el recaudo de este supuesto se retorna a los individuos a través de la transferencia Γ_t .

Esta especificación del modelo de comportamiento de los individuos es idéntica a la formulada en Eichenbaum *et al.* (2020), excepto por la adición que hacemos de un tipo de agente inmune ($j = O$). Como discutimos enseguida, este agente inmune racionaliza evidencia creciente de que hay un porcentaje sustancial de la población que se infecta al exponerse al virus, pero no se enferma y tiene relativamente poca capacidad de transmitir el virus. Como

veremos más adelante, la adición de este tipo de agente facilita el ajuste del modelo a los datos observados.

1.2. El componente epidemiológico del modelo

El componente epidemiológico del modelo determina el estado infeccioso de cada individuo y su evolución esperada, y es una variación del modelo SIR, que tiene una larga tradición en la literatura epidemiológica. En nuestra adaptación del modelo, todos los agentes son inicialmente susceptibles al iniciarse la epidemia. Al entrar en contacto con un individuo infectado, los agentes pueden o bien infectarse o adquirir inmunidad. Los agentes infectados pueden infectar a otras personas y después mueren o se recuperan y se hacen inmunes.

De forma más específica, la probabilidad τ_t de infección de un agente susceptible en el momento t está dada por:

$$\tau_t = \pi_1(c_t^S)(I_t C_t^I) + \pi_2(n_t^S)(I_t N_t^I) + \pi_3(I_t), \quad (3)$$

donde π_1 , π_2 y π_3 son la probabilidad de que un agente susceptible se infecte durante sus horas de consumo, trabajo y ocio, respectivamente. La probabilidad depende del número total de horas de consumo C_t , el número total de individuos infectados I_t y el número total de horas de trabajo N_t de toda la economía. Esta relación ilustra la dependencia entre la evolución del contagio, el comportamiento individual y el comportamiento de todos los agentes en la sociedad.

Adicionalmente, el modelo define una probabilidad exógena y constante en el tiempo de que agentes susceptibles se conviertan en agentes inmunes. Por otro lado, los agentes infectados se mueren o sobreviven y se recuperan con una probabilidad que depende del uso de la capacidad hospitalaria.

La diferencia entre nuestro modelo y el modelo estándar que usan, entre otros, Eichenbaum *et al.* (2020) es la inclusión de los agentes ‘inmunes’ que se infectan, pero no se enferman y tampoco son vectores del virus. Como ya indicamos, esto es consistente con evidencia de que los pacientes asintomáticos, que son una porción sustancial del total de infectados, tienen relativamente poca capacidad de contagio.

Nótese que la modelación de las restricciones gubernamentales de movilidad, cuarentena, etc., está contenida en las tasas de tributación al consumo

μ_1 , las cuales desincentivan directamente el consumo e indirectamente el trabajo. A su vez, cambios en el consumo y el trabajo afectan la probabilidad de contagio τ_1 y, por lo tanto, la evolución de la epidemia.

1.3. Calibración y resultados

Calibración del modelo

La calibración del modelo se basa en escoger los parámetros π que describen las probabilidades de contagio y los parámetros μ que describen la incidencia de las restricciones del gobierno, para ajustar la predicción de contagio y de actividad económica del modelo a los datos observados. El resto de los parámetros del modelo se escogen siguiendo los criterios de Eichenbaum *et al.* (2020). El modelo se calibra con datos semanales de contagio y actividad económica.

En la ecuación (2) las restricciones del gobierno son absorbidas por el parámetro μ_t , que cambia período a período. Para la calibración del modelo, imponemos una forma paramétrica que requiere la calibración de un solo parámetro. Específicamente, se asume que μ_t tiene un valor constante durante el período de aislamiento nacional entre el 16 de abril y el 3 de mayo de 2020, y luego decae a una tasa constante:

$$\mu_t = \begin{cases} \mu, & t_1 \leq t \leq t_2 \\ 0,9\mu_{t-1}, & t > t_2 \end{cases}, \quad (4)$$

donde t_1 y t_2 corresponden a las fechas de inicio y terminación de la cuarentena nacional estricta. El parámetro μ mide la incidencia inicial de las restricciones del gobierno que se permite que sea distinta entre regiones.

Nuestra medida de contagio es el número semanal de muertes asociadas al Covid que reporta el Instituto Nacional de Salud, que en Colombia es una medida relativamente precisa de la epidemia, pues el cubrimiento del sistema de salud es virtualmente universal y todos los pacientes con síntomas sospechosos son sometidos a pruebas, incluso si el diagnóstico es *post mortem*. Por lo tanto, empleamos esta medida en lugar del número de contagios, ya que esta última tiene una mayor probabilidad de tener error de medición en

términos de subregistro. Los datos están disponibles con frecuencia diaria y a nivel de municipios.

Nuestra medida de la actividad económica es el consumo de energía total (incluyendo mercados regulado y no regulado), que está disponible con un rezago corto a nivel de circuitos regionales y con una frecuencia diaria. El uso de la energía como medida de la actividad económica le introduce sesgos al análisis que deben ser tenidos en cuenta al interpretar nuestros resultados, tal como indicaremos más adelante. La ventaja de estos datos es su alta frecuencia y corto rezago, lo cual nos permite calibrar el modelo a una frecuencia semanal y actualizarlo fácilmente.

Para dar una idea más precisa del criterio de calibración, llamemos D_t y \hat{D}_t al número observado y predicho de muertes en el período t , respectivamente. Llamemos E_t y \hat{E}_t a la brecha observada y predicha del consumo de energía en el momento t , respectivamente. La brecha se calcula como la diferencia entre el nivel de consumo y el nivel predicho por un modelo de tendencias basado en datos observados hasta marzo de 2020. El algoritmo de calibración consiste en la minimización de la siguiente función de pérdidas:

$$A = \sum_{t=1}^{31} \left[\lambda (D_t - \hat{D}_t)^2 + (1 - \lambda) (E_t - \hat{E}_t)^2 \right], \quad (5)$$

donde λ es un parámetro de ponderación que se escoge a través de *backtesting*, y que es la calibración preferida $\lambda = 0,55$.

Como hemos señalado, dada la disponibilidad de datos regionales, y a diferencia de los resultados que presentamos en Carranza *et al.* (2020), hacemos una calibración regional del modelo para las nueve regiones que podemos identificar separadamente en los datos de distribución de electricidad. También, realizamos una calibración agregada que sirva como comparación.

La tabla 1 muestra las regiones y los valores de los parámetros calibrados. Se observan los valores correspondientes al modelo agregado y a los modelos regionales. Valga notar la diferencia entre regiones en el valor calibrado de la restricción inicial del gobierno μ . En las regiones donde hubo un pico inicial fuerte de la epidemia, como Caribe, Sur o Chocó, el valor calibrado de las restricciones es relativamente bajo. Para todas las demás regiones, el valor calibrado es mucho más alto.

Tabla 1. **Parámetros calibrados**

Modelo	π_d	π_r	π_m	π_1	π_2	π_3	μ
Agregado	0,0025	0,2325	0,0471	1,7326	0,0123	0,7551	0,3477
Regional							
Antioquia	0,0020	0,6311	0,0125	0,0310	0,4963	0,8222	0,4483
CQR	0,0008	0,1450	0,0355	0,0111	0,0101	0,6583	0,4804
Centro	0,0034	0,5468	0,0196	0,3162	0,0139	0,9966	0,6248
Chocó	0,0500	0,9500	0,0151	1,7753	2,4076	0,0010	0,1479
Caribe	0,0031	0,3084	0,0683	0,0011	0,0014	1,5974	0,1031
Oriente	0,0029	0,5388	0,0189	2,0888	0,0907	0,7881	0,5331
Sur	0,0023	0,6507	0,0229	0,4160	0,0429	1,3044	0,1494
THC	0,0010	0,0100	0,0915	0,0103	0,7523	0,5940	0,2856
Valle	0,0056	0,7704	0,0172	1,5966	0,0100	1,0201	0,3804

Notas: CQR: Caldas, Quindío y Risaralda. Centro: Bogotá, Cundinamarca y Meta. Caribe: Sucre, Córdoba, Bolívar, Magdalena, Atlántico, La Guajira y Cesar. Oriente: Boyacá, Santander, Norte de Santander, Arauca y Casanare. Sur: Cauca, Nariño y Putumayo. THC: Tolima, Huila, Caquetá.

Fuente: cálculos de los autores.

1.4. Resultados del cómputo del modelo

Exponemos a continuación resultados de las dos calibraciones. Por un lado, calibramos modelos individuales para las nueve regiones indicadas y agregamos sus resultados para mostrarlos (SIOD regional). Por otro lado, calibramos un modelo agregado para las nueve regiones (SIOD agregado). Los resultados se basan en la calibración descrita en la sección anterior.

En la figura 1 ilustramos la evolución del flujo semanal de muertes que predice el modelo y el flujo observado. Los modelos predicen bien el momento del pico observado, aunque a un nivel menor. Los datos observados evidencian un repunte del flujo de muertes durante los últimos meses de 2020. En contraste, el modelo agregado (SIOD agregado) predice una supresión casi completa de la epidemia a finales de 2020. Por su parte, el modelo regional (SIOD regional) predice una cola más larga, debido precisamente a que es una sucesión de modelos regionales.

Este contraste entre el modelo agregado y el modelo regional es un aporte importante de nuestro trabajo, pues ilustra la dificultad de predecir el

comportamiento de la epidemia usando modelos agregados. Como se puede ver en la tabla 2, el modelo regional predice que en la región Caribe la epidemia se habrá suprimido por completo a finales de 2020, mientras que en la región THC (Tolima, Huila, Caquetá) no habrá llegado ni siquiera a la mitad de su curso. Esta heterogeneidad regional le permite al modelo regional predecir mejores niveles persistentes de contagios y muertes. Conjeturamos que una desagregación más fina a nivel municipal, o incluso en el interior de algunas ciudades grandes, le permitiría ajustarse mejor al comportamiento de los datos que muestran un nivel relativamente constante de muertes diarias durante las últimas semanas de 2020.

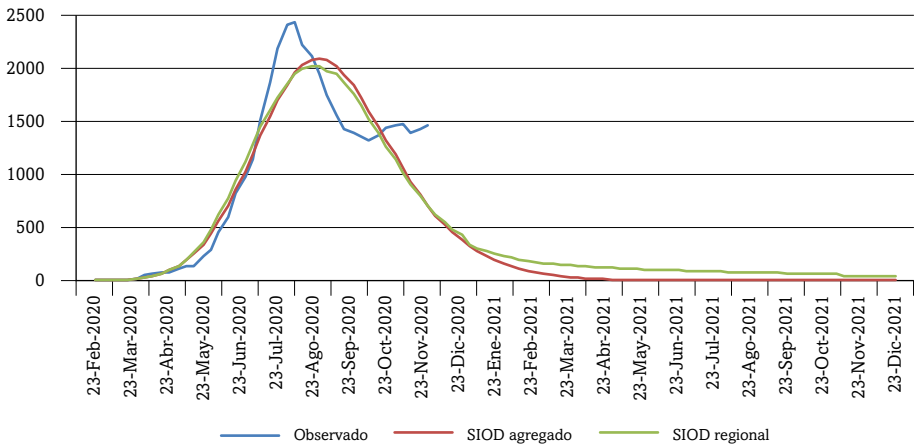


Figura 1. Flujo de muertes semanales

Fuente: cálculos de los autores a partir de datos del INS y simulaciones del modelo.

El modelo regional, que es nuestro modelo preferido, predice que sin una vacuna la totalidad de la población estaría expuesta al virus. La tasa de mortalidad es del 1% con respecto a la población ‘infectada’ contagiosa y del 0,1% con respecto a la población expuesta. Por lo tanto, el número total de muertes es de 50 000 al final de la epidemia. Estas tasas de mortalidad son consistentes con las tasas que se han reportado alrededor del mundo.

En cuanto a la actividad económica, en la figura 2 damos cuenta de la evolución observada y predicha de la brecha de consumo de energía. En el caso de los datos observados, se trata de la brecha entre el consumo observado y el consumo predicho por un modelo de series de tiempo del consumo de

energía en las regiones incluidas. En el caso del modelo regional, se trata de la suma de la predicción de las brechas regionales, mientras que en el del modelo agregado se trata sencillamente de la brecha agregada.

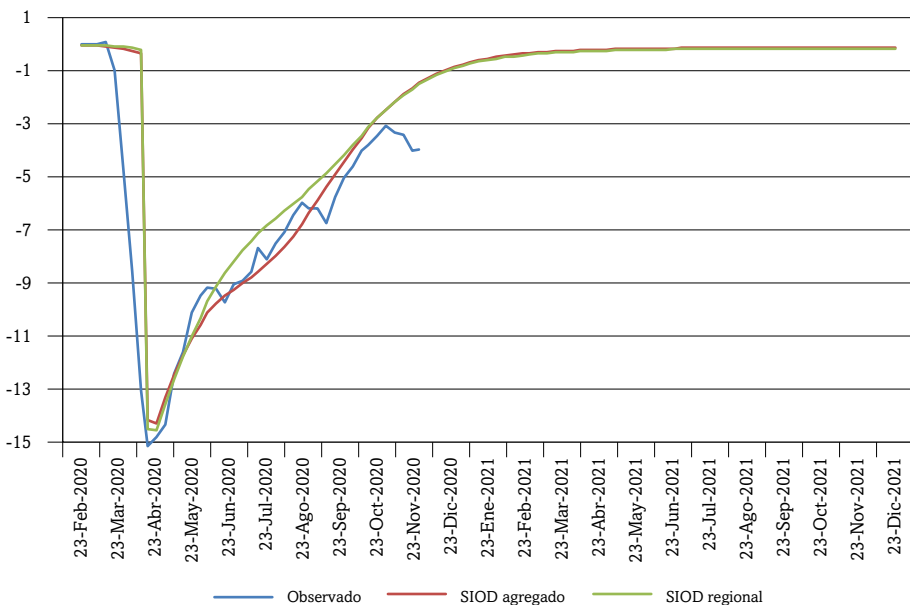


Figura 2. Brecha del consumo de energía

Fuente: cálculos de los autores a partir de datos de XM y simulaciones del modelo.

Como puede verse, los modelos predicen bien el patrón grueso de la brecha agregada de consumo. Los modelos predicen además que el consumo volverá a su senda de largo plazo a mediados de 2021. Debe tenerse en cuenta que las predicciones de observadores y analistas respecto a la recuperación de la economía en 2021 son menos optimistas y esto se debe a la estructura simplificada de nuestro modelo, que no incorpora restricciones persistentes para la operación de ciertos sectores de la economía que son intensivos en la interacción personal. Además, nuestro modelo de economía cerrada no tiene en cuenta las dificultades en la recuperación definitiva del comercio exterior del país.

En la tabla 2 mostramos las predicciones agregadas y regionales de los modelos con respecto al nivel normalizado del consumo en 2019. El modelo agregado predice una caída del consumo en 2020 del 6,65% y un crecimiento

del 6,8% en 2021. El modelo regional, que prevé una epidemia más larga, predice una caída del 6,87% en 2020 y un crecimiento del 7,1% en 2021. En ambos casos, los modelos pronostican que el consumo no superará su nivel de 2019 hasta 2022.

Tabla 2. **Predicciones modelo agregado y regional**

Muertes acumuladas			Consumo total ^a			
Versión	2020	2021	Final	2019	2020	2021
Observado ^b	40 019			100,00		
SIOD agregado	41 362	43 256	43 256	100,00	93,35	99,79
SIOD regional	41 200	47 192	50 004	100,00	93,13	99,75
Antioquia	4413	4530	4530	14,52	13,45	14,49
CQR	2067	2518	2519	4,03	3,77	4,02
Centro	11 774	11 896	11 896	35,41	32,60	35,31
Chocó	232	238	238	0,41	0,38	0,41
Caribe	9365	9380	9380	15,13	14,66	15,12
Oriente	4660	4851	4851	12,88	11,78	12,84
Sur	1626	1633	1633	3,69	3,56	3,69
THC	3147	7958	10 769	4,17	3,84	4,14
Valle	3916	4188	4188	9,76	9,10	9,74

Notas: ^a Base agregado 2019 = 100. ^b Observados al 19 de diciembre de 2020. CQR: Caldas, Quindío y Risaralda. Centro: Bogotá, Cundinamarca y Meta. Caribe: Sucre, Córdoba, Bolívar, Magdalena, Atlántico, La Guajira y Cesar. Oriente: Boyacá, Santander, Norte de Santander, Arauca y Casanare. Sur: Cauca, Nariño y Putumayo. THC: Tolima, Huila, Caquetá.

Fuente: simulaciones del modelo estimado.

El modelo regional muestra una heterogeneidad que está correlacionada precisamente con el comportamiento de la epidemia. En las regiones con picos tempranos de la epidemia, como Caribe y Sur, la caída predicha del consumo durante 2020 es menor al 4%. Por otro lado, en regiones con pico tardío, como CQR (Caldas, Quindío, Risaralda) y THC (Tolima, Huila, Caquetá), las caídas predichas del consumo en 2020 son superiores al 6%.

Este resultado es consistente con las diferencias calibradas en las restricciones efectivas del gobierno entre regiones y que mostramos en la tabla 1, e ilustra la sustitución en el modelo entre actividad económica y epidemia. Valga anotar que en el mediano plazo las restricciones del gobierno hacen poca

diferencia en el modelo, en la medida que, sin la introducción oportuna de una vacuna, toda la población se expone eventualmente al virus. En el modelo, el único valor de las restricciones del gobierno es evitar la congestión en el sistema médico, la cual incrementa la tasa de mortalidad.

Comentarios

Este capítulo ilustra la relación entre la epidemia de Covid y la actividad económica a través de un modelo macroeconómico que incorpora como restricción la evolución de la epidemia y su sensibilidad al comportamiento de los individuos. El modelo muestra y cuantifica la sustitución entre actividad económica y contagio en Colombia durante 2020 y 2021.

El modelo se calibró con datos regionales y predice que la epidemia se suprimiría a lo largo de 2021 de forma heterogénea entre regiones, al tiempo que el consumo de la economía recobrará sus niveles de largo plazo durante el segundo semestre de 2021. Un aporte importante de este análisis es la importancia del uso de modelos regionales para entender la dinámica de la epidemia a medida que se extiende por el país.

Es importante indicar que aún no se conoce con certeza el comportamiento del virus en el mediano plazo. El modelo que presentamos se basa en el supuesto de que los individuos expuestos al virus se hacen inmunes y, por lo tanto, la epidemia se agota al expandirse por toda la población. Esto puede no ser cierto, si la inmunidad es de corta duración, o si las mutaciones evolutivas del virus hacen que las reinfecciones conduzcan a olas sucesivas de contagio y muertes. Nuestro modelo se refiere a un contexto estilizado específico y la incorporación de estos posibles mecanismos adicionales hacen parte de la agenda futura de investigación.

Referencias

Acemoglu, D., Chernozhukov, V., Werning, I., & Whinston, M. D. (2020). *Optimal targeted lockdowns in a multi-group sir model*. NBER Working Paper N° 27102.

- Adam, D. (2020). A guide to R: the pandemic's misunderstood metric. *Nature*, 583(7816), 346-348.
- Álvarez, F. E., Argente, D., & Lippi, F. (2020). *A simple planning problem for Covid-19 lockdown*. Technical report. National Bureau of Economic Research.
- Atkeson, A. (2020). *What will be the economic impact of Covid-19 in the US? Rough estimates of disease scenarios*. Technical report. National Bureau of Economic Research.
- Berger, D. W., Herkenhoff, K. F., & Mongey, S. (2020). *An SEIR infectious disease model with testing and conditional quarantine*. Technical report. National Bureau of Economic Research.
- Carranza, J. E., Martín, J. D., & Riascos, A. J. (2020). *The Covid epidemic and the economic activity with acquired immunity*. Technical report. Banco de la República.
- Doshi, P. (2020). Covid-19: do many people have pre-existing immunity? *BMJ*, 370.
- Eichenbaum, M. S., Rebelo, S., & Trabandt, M. (2020). *The macroeconomics of epidemics*. Technical report. National Bureau of Economic Research.