

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/340449738>

Impacto Macroeconómico del COVID-19 en Puerto Rico: Un Enfoque de Equilibrio General

Preprint · April 2020

CITATIONS

0

READS

694

2 authors:



Emanuelle Alemar

University of Puerto Rico at Rio Piedras

3 PUBLICATIONS 0 CITATIONS

SEE PROFILE



Carlos A Rodríguez Ramos

University of Puerto Rico at Rio Piedras

13 PUBLICATIONS 18 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



American Economic Association Summer Training Program 2018 [View project](#)

Impacto Macroeconómico del COVID-19 en Puerto Rico: Un Enfoque de Equilibrio General*

Macroeconomic Impact of COVID-19 in Puerto Rico: A DSGE Approach

Emanuelle A. Alemar**
emanuelle.alemar@upr.edu

Carlos A. Rodríguez Ramos***
carlos.rodriguez59@upr.edu

Esta versión: Abril 2020

Resumen

Este trabajo evalúa el potencial impacto dinámico del COVID-19 en Puerto Rico desde la perspectiva del costo indirecto de la enfermedad. Con estos fines, se calibra un modelo de equilibrio general dinámico y estocástico, al cual se le introduce un choque epidémico desarrollado por Toroj (2013). Los efectos macroeconómicos de este choque son simulados cuando la enfermedad se propaga de manera anticipada y no anticipada. Los resultados de la simulación indican que la contracción en la producción agregada puede fluctuar entre 1.8 y 5.4 por ciento como consecuencia de la propagación del virus. De no contenerse el virus en el mismo periodo, esta caída puede tener una persistencia de sobre 8 trimestres y resultar en contracciones permanentes de hasta

*Origen: Unidad de Investigaciones Económicas, Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras. 9 Avenida Universidad, San Juan, Puerto Rico 00925-2529.

**Estudiante Graduado, Departamento de Economía, Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras. Número ORCID: 0000-0003-4759-411X.

***Catedrático, Departamento de Economía, Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras. Número ORCID: 0000-0003-1081-7949.

2 por ciento, lo que implica un costo indirecto significativo relacionado a la enfermedad de no haberse implementado o de levantarse las medidas de aislamiento actuales y bajo escenarios de contagio conservadores. A su vez, se resalta la importancia de continuar mitigando el impacto económico negativo del aislamiento mediante medidas de política fiscal expansivas.

Abstract

This paper studies the potential dynamic impact of COVID-19 in Puerto Rico from the perspective of the indirect cost of the disease. To this end, a health shock is introduced into a calibrated DSGE model as proposed by Toroj (2013). The macroeconomic effects of this shock are simulated when the disease spreads expectedly and unexpectedly. Simulation results indicate that the spread of the disease can result in aggregate output contractions ranging from 1.8 to 5.4 percent. If the virus is not contained in that same period, this contraction can have a persistence of up to 8 quarters and result in permanent contractions of up to 2 percent under no lockdown measures and conservative disease spread scenarios. This implies a significant indirect cost related to the spread of the disease if social distancing measures were not put in place or were to be lifted. At the same time, the importance of continuing to mitigate the negative economic impact of lockdown measures through expansive fiscal policy is highlighted.

Códigos JEL: C02, C61, C62, C63, E32, E37.

Palabras claves: Modelos de equilibrio general dinámicos y estocásticos (DSGE, por sus siglas en inglés), Fluctuaciones macroeconómicas, Epidemias, Pandemias, Desastres naturales, Economía de Puerto Rico, Macroeconometría.

Key words: DSGE models, Macroeconomics fluctuations, Pandemics, Epidemics, Natural Disasters, Economy of Puerto Rico, Macroeconometrics.

1. Introducción

En los últimos meses, la enfermedad infecciosa COVID-19, causada por el virus SARS-Cov-2 (coronavirus), se ha propagado rápidamente alrededor del mundo. Al 30 de enero del 2020, se habían registrado alrededor de 11,000 casos. La mayor parte de estos casos se registraron en China. El 11

de marzo, la infección fue declarada como una pandemia por la Organización Mundial de la Salud. Para ese periodo, ya se habían registrado sobre 120,000 casos a nivel global. Ya para el 20 de Marzo, los casos nivel global, sobrepasaban los 275,000, lo que implica una duplicación de los casos en apenas 9 días ¹. Al momento de este escrito, en Puerto Rico se han registrado 571 casos positivos de COVID-19 y 23 muertes.

A pesar de las medidas que se están tomando en Estados Unidos y a nivel local, se espera que la propagación del virus continúe y afecte una parte significativa de la población. Esto debido, en gran medida, a su alto grado de contagio.

Además del impacto sobre la salud de la población en general, la propagación del virus está y seguirá teniendo un impacto directo sobre las economías de los países a los que el virus ha llegado. Este evento es uno sin precedentes, pues el mismo impacta la actividad económica por distintas vías y en diversas magnitudes.

1.1. Impacto Macroeconómico General

Según Baldwin y Di Mauro (2020), las vías por las cuales COVID-19 puede impactar la macroeconomía son las siguientes: 1. el choque médico, dado que aquellos trabajadores que se enferman no pueden contribuir a la producción agregada mientras padecen de la enfermedad, y 2. el impacto de las medidas para contener del virus, como lo son los cierres de lugares que no vendan productos esenciales, toques de queda, cancelaciones de eventos y restricciones de viaje. Una tercera vía lo es el impacto psicológico, pues la propagación del virus induce cambios en las preferencias intertemporales de los individuos. Esto se refleja en la posposición del consumo de bienes que no sean médicos o de primera necesidad e inversión como resultado de la incertidumbre en el corto plazo ².

No obstante, el impacto macroeconómico de esta pandemia se puede exacerbar por varias razones, todas atadas a las vías antes mencionadas. En primer lugar, aquellos infectados con la enfermedad COVID-19 requieren, en mas casos de lo usual, hospitalización para tratar el mismo, a la vez que este tiende a complicarse con más frecuencia. Adicional a esto, se recomienda que aquellos que

¹Organización Mundial de la Salud, Reportes de Situación Diarios

²A la vez que se adelantan otras decisiones de consumo, como pudieran ser aquellas relacionadas a cuidado médico y artículos de primera necesidad.

se recuperen de la enfermedad permanezcan en aislamiento por un tiempo antes de reintegrarse a sus labores nuevamente como medida preventiva, lo que implica una extensión del tiempo en el que el individuo no estará contribuyendo a la producción agregada. Esto implica que los efectos sobre la economía del choque médico que representa la propagación del virus tendrán una mayor persistencia a través del tiempo, por lo que la economía tardará más en regresar a su nivel potencial luego de este evento.

En segundo lugar, la economía recibe un choque significativo por el lado de la demanda, pues los individuos son más cautelosos a la hora de consumir. Esto se da en la medida en que reciben información sobre la peligrosidad del virus y su facilidad de contagio (Baldwin y di Mauro, 2020). En general, los individuos posponen decisiones de consumo de bienes no relacionados a cuidado médico y artículos de primera necesidad, mientras que aumentan el consumo de bienes de cuidado médico y primera necesidad en el presente. Según Cochrane (2020), el colapso en la demanda agregada se exagera más aún una vez se implementan medidas de distanciamiento social por parte del gobierno que obligan a muchas empresas a cerrar, pues estas deben cumplir con sus obligaciones económicas de pagar salarios y renta a la vez que no reciben ningún ingreso. Esto podría redundar en una ola masiva de bancarrotas, insolvencias o simplemente incapacidad para cumplir con dichas obligaciones (Cochrane, 2012). Por otro lado, las medidas de toque de queda y cuarentenas nacionales resultan en reducciones en el turismo, una baja en el consumo de servicios educativos y de entretenimiento³ (Loone, 2020).

1.2. Costo Indirecto e Impacto Macroeconómico de la Propagación de Enfermedades

De acuerdo con Toroj (2013), es común distinguir entre dos tipos de costos que surgen a raíz de la propagación de una enfermedad. Estos son:

1. costos directos: gastos de individuos y el gobierno (utilizando ahorros o por vía de seguros médicos privados) en procedimientos médicos, medicamentos, hospitalizaciones, etc;⁴

³Una clara excepción lo son los medios de entretenimiento virtual.

⁴Este concepto se asocia con el costo contable de la enfermedad.

2. costos indirectos: el costo macroeconómico de la enfermedad, relacionado al hecho de que una proporción significativa de los individuos enfermos cesan de proveer mano de obra por un tiempo y esto tiene un impacto directo sobre la producción agregada.

A su vez, este autor menciona que, de acuerdo a la gravedad de la enfermedad, se puede distinguir entre algunos componentes de los costos indirectos de una pandemia:

1. Los trabajadores se pueden ausentar del trabajo por enfermedad, o aquellos que trabajan por cuenta propia pueden interrumpir sus labores, lo cual se conoce como ausentismo;
2. Aunque algunos trabajadores enfermos no cesan de trabajar, estos son menos productivos por causa de la enfermedad. A esto se le conoce como presentismo;
3. Si la enfermedad causa daño permanente a la salud del trabajador, surgen costos indirectos a raíz de la posible incapacidad del individuo de reincorporarse a sus labores;
4. Los costos indirectos pueden persistir significativamente a través del tiempo si un individuo en edad productiva muere de la enfermedad;
5. Individuos saludables en edad productiva pueden dejar de trabajar si deben cuidar, de manera informal, a otros enfermos en su familia;

Los enfoques para medir el costo indirecto de enfermedades (equivalente a su impacto macroeconómico) se distinguen por su trato de la relación técnica entre los insumos, como lo son la mano de obra y el capital, en la producción. Particularmente, enfoques más tradicionales ignoran la existencia de una relación técnica entre múltiples factores de producción. Por instancia, en el enfoque del capital humano,⁵ se asume una relación lineal simple entre las horas de trabajo perdidas debido a la enfermedad y la producción que no se lleva a cabo como consecuencia. En este sentido, se ignora la posibilidad de posibles relaciones técnicas no lineales entre los insumos. El enfoque tradicional también ignora posibles ajustes que pueden realizar las empresas, como lo son; transferir horas de trabajo entre periodos y, particularmente, la alternativa de contratar trabajadores de manera temporera para reemplazar a aquellos que se enferman (Koopmanshap, 1995; Toroj, 2013). Cuando

⁵Una aplicación notable de este enfoque se da en Wrona (2011).

estos ajustes son posibles para las empresas, cobra importancia el estudio de la dinámica del costo indirecto. Por otro lado, los hallazgos de Pauly et. al. (2002) muestran que un esquema de seguro (o una reserva de emergencia) para contratar trabajadores de reemplazo con fines de suavizar el impacto de la propagación de una enfermedad como el COVID-19 es solo posible para empresas grandes, característico de economías de escala.

El propósito de este trabajo consiste en evaluar el impacto macroeconómico de la propagación del COVID-19 en Puerto Rico bajo varios escenarios de propagación posibles, y el de las medidas fiscales a nivel federal que han sido aprobadas para mitigar el impacto negativo que ha tenido el virus sobre la economía de Estados Unidos. En particular, nos enfocamos en los efectos dinámicos del choque epidémico que representa la propagación del virus sobre la economía y el aumento inminente en las transferencias federales a los individuos en la Isla. Con estos fines, se emplea un modelo de equilibrio general dinámico y estocástico calibrado para la economía de Puerto Rico, con la modificación propuesta por Toroj (2013) para simular el impacto dinámico de un choque epidémico sobre la producción agregada bajo distintos escenarios de propagación de la infección. Según la Organización Mundial de la Salud (2009), las implicaciones económicas de las enfermedades, desde la perspectiva macroeconómica o social, deben ser estudiadas posiblemente en un marco de equilibrio general, de manera dinámica, con un rango de efectos de segundo orden en el análisis (Toroj, 2013). El impacto de la reducción en la mano de obra efectiva cobra una mayor relevancia en el caso del virus COVID-19, pues se ha evidenciado recientemente que el virus no solo afecta a poblaciones en edad avanzada. En particular, los jóvenes en edad productiva y con una mayor probabilidad de pertenecer de manera activa a la fuerza laboral son también susceptibles a padecer de la enfermedad, experimentar complicaciones y hasta incluso morir a causa de la infección.

Un aspecto importante que consideramos en el análisis de los efectos dinámicos del choque que representa el brote del COVID-19, en la Isla, consiste en el grado de endogeneidad del mismo. Este aspecto cobra una importancia crucial en el caso de Puerto Rico, pues a pesar de las deficiencias en el número de casos reportados y ser una de las jurisdicciones que menos pruebas ha realizado en términos per-capita a la fecha de este estudio, un sinnúmero de miembros de la comunidad epidemiológica en la Isla y en Estados Unidos han realizado proyecciones de la evolución de la

infección en los próximos meses. La accesibilidad a esta información por parte de los individuos, empresas y gobierno han contribuido a una endogenización parcial del choque que representa el brote del COVID-19 en la Isla. Esto implica que se tiene una expectativa de la magnitud del choque, por lo que el mismo es conocido con antelación a su ocurrencia⁶. Con fines de capturar, en la mayor medida posible, el componente esperado del choque epidémico, se simula el mismo choque con un periodo de anticipación por parte de los agentes en el modelo.

Las expectativas de contagio formadas en base a proyecciones realizadas por la comunidad científica en la Isla y los grupos de trabajo del gobierno federal y local jugarán un papel fundamental en la determinación del impacto final que tendrá el virus sobre la macroeconomía de la Isla. Sobre este particular, Toroj (2013) señala que las expectativas juegan un rol importante debido a que, al anticipar el evento de una epidemia, las familias pueden prepararse para la misma reduciendo (o posponiendo) su consumo con antelación⁷. Esta reducción en el consumo se puede exacerbar cuando se anticipan costos indirectos como consecuencia del brote de la enfermedad, pues las familias anticipan una reducción en su ingreso futuro al esperar contracciones en la actividad económica a raíz de la epidemia y ajustan su consumo en el presente. Por otro lado, las empresas pudieran ajustar sus decisiones de demanda laboral al anticipar una reducción en la mano de obra efectiva y la productividad de esta última.

El modelo de equilibrio general utilizado es una versión del modelo de Ciclos Económicos Reales de Hansen (1985) con rigideces de precios según propone Calvo (1983) y contratos salariales según Taylor (1980). En particular, la modificación que le realizamos a este modelo para estudiar el impacto sobre la producción agregada del COVID-19 en Puerto Rico consiste en la inclusión de un choque de utilización del insumo de trabajo relacionado a la salud de la fuerza laboral según propone Toroj (2013). Este enfoque combina el enfoque tradicional del capital humano con el del costo de fricción mediante la inclusión de un componente de variación de la mano de obra efectiva (de la cual puede disponer la empresa en un periodo) que es afectado por choques aleatorios, como lo son los brotes

⁶A la fecha de este estudio se proyecta que hasta un 15 por ciento de la población podría infectarse con el virus en 12 a 18 meses, según estimados del demógrafo Raúl Figueroa.

⁷Aunque podrá aumentar el consumo de bienes de primera necesidad y de cuidado médico, Toroj (2013) argumenta que en una economía con restricciones de recursos significativos, aumentar el consumo de dichos bienes implica reducir en la misma proporción el consumo de otro tipo de bienes. No obstante, bajo la antelación de algunos costos indirectos futuros y la realización de otros en el periodo antes de la pandemia (que implican reducciones en el ingreso esperado en el futuro y en el presente, el consumo de otro tipo de bienes debe reducirse en mayor proporción aún.

de enfermedades como el COVID-19. La inclusión de este choque en el modelo nos permitirá tener una medida del costo indirecto de la enfermedad, el cual es la parte del ciclo económico que puede ser explicada por este choque bajo los escenarios mencionados.

En la próxima sección, se describe el modelo aplicado en este trabajo y los aspectos teóricos que deben ser considerados en la discusión sobre el impacto agregado de choques epidémicos y se presentan los datos a utilizarse en la calibración del modelo. En la sección 3 se discuten los resultados de las simulaciones estocásticas del modelo bajo cuatro escenarios de contención de la enfermedad. En la sección 4 se resume la discusión y se detallan las implicaciones de política.

2. Modelo

En este trabajo se aplica un modelo de equilibrio general dinámico y estocástico. El modelo es una versión de los modelos de Ciclos Económicos Reales de Hansen (1985) con rigideces de precios y contratos salariales rezagados según Calvo (1983) y Taylor (1980). Una descripción detallada del modelo está dada en el apéndice. Una exposición detallada de este modelo se provee en Rodríguez y Alemar (2020).

2.1. Familias

Las familias resuelven un problema de optimización intertemporal y escogen una combinación de consumo y ocio que maximice la utilidad a lo largo de sus vidas. Estas son heterogéneas en el sentido de que le suplen un servicio diferenciado de mano de obra (medida en horas de trabajo) a las empresas. Dado que, en este modelo, el servicio de mano de obra de una familia en específico es diferenciado, las empresas lo consideran como un sustituto imperfecto del servicio de mano de obra brindado por otra familia. Como consecuencia, las familias tienen poder para ajustar su salario por encima de la tasa marginal de sustitución entre el consumo de bienes y tiempo de ocio. La inercia o rigidez salarial se introduce según Taylor (1980). En particular, las familias firman contratos con un agregador representativo de mano de obra (como lo podría ser una agencia de empleo o una unión) en los que acuerdan un salario fijo por el tiempo del contrato. Esto implica que en cada periodo habrá

una cantidad de individuos que no podrán ajustar su salario nominal libremente. El salario nominal a nivel agregado en el periodo presente será entonces un promedio ponderado del salario nominal agregado en el periodo anterior y el salario óptimo en este periodo, con el peso de la ponderación siendo la fracción de individuos cuyo contrato salarial vence y pueden ajustar su salario nominal al salario óptimo en el presente.

2.2. Empresas

Se divide la producción entre un sector de producción de bienes intermedios y otro de bienes finales. Las empresas en el sector de bienes intermedios operan en competencia monopolística. Las mismas producen bienes heterogéneos y por ende tienen poder para fijar el precio de estos por encima de su costo marginal. En el sector de bienes finales, las empresas operan en competencia perfecta y combinan una continuidad de bienes intermedios para producir bienes finales homogéneos. En línea con Calvo (1983), las empresas productoras de bienes intermedios firman contratos con las empresas de bienes finales para suplirle un bien a un precio fijo por el tiempo del contrato. Esto implica que, en cada periodo, habrá una proporción de empresas que no podrán ajustar sus precios libremente. De esta manera, análogo con la determinación del salario nominal, el nivel de precios en el periodo presente, a nivel agregado, será un promedio ponderado del nivel de precios en el periodo anterior y el nivel de precios óptimo en el periodo presente, con el promedio de ponderación siendo la proporción de empresas cuyo contrato de precios vence y pueden ajustar su precio en el periodo anterior al precio óptimo en el presente.

2.3. La función de producción: consideraciones de salud y propagación de enfermedades

El enfoque propuesto por Toroj (2013) combina ambos, el enfoque de capital humano y el de costo de fricción para simular el impacto macroeconómico de la influenza partiendo de la función de producción especificada en el modelo. En el caso del modelo aplicado en este trabajo, la función de producción utilizada es la Cobb-Douglas en su forma estándar:

$$Y_t = z_t K_t^\theta (N_t)^{1-\theta} \quad (1)$$

Donde: z_t es la productividad factorial total, K_t es el acervo de capital, N_t es el insumo laboral (horas de trabajo) y θ es la fracción de capital en la producción. En el caso de la propagación de una enfermedad, la empresa enfrenta una variación en la mano de obra efectiva relacionada a la salud de los trabajadores empleados, por lo que la función de producción modificada se expresa como

$$Y_t = z_t K_t^\theta (H_t N_t)^{1-\theta} \quad (2)$$

Donde H_t es la variable de utilización de la mano de obra relacionada a la salud de la fuerza laboral. Una fuerza laboral saludable implica $H_t = 1$. No obstante, una epidemia o pandemia causan que H_t se reduzca por debajo de 1 (Toroj, 2013). El evento de la propagación de una enfermedad representa un choque inesperado a esta variación efectiva. La severidad de una enfermedad como lo es COVID-19, como también las medidas para contener la misma, determinarán la magnitud de este choque en el periodo en que ocurre. Esta magnitud está a su vez dada por la desviación estándar del choque epidémico. Como modo de ejemplo, la ocurrencia de un choque de 5 desviaciones estándares implica una reducción inesperada de 5 por ciento en la mano de obra efectiva (medida en horas de trabajo) en el periodo como consecuencia de la propagación del virus.

La propagación del virus está asociada con reducciones directas en la mano de obra efectiva en la economía por los factores que menciona Toroj (2013). Estos son el ausentismo ⁸ o presentismo ⁹. De la misma manera, si se enferma un miembro de la misma familia, hay una alta probabilidad de que dicha familia dejará de suplir mano de obra para ponerse en aislamiento.

2.4. Escenarios de Propagación del Virus en la Población Laboral

La severidad de la propagación inicial del virus, y por consiguiente, de los escenarios de interés para simular el impacto macroeconómico que tiene este evento en el periodo en que ocurre, está

⁸trabajadores se ausentan por enfermedad o aquellos por cuenta propia interrumpen sus labores

⁹aunque algunos trabajadores enfermos no cesen de trabajar, la enfermedad los hace menos productivos

asociada al parámetro de la desviación estándar del impulso de salud¹⁰. Como modo de ejemplo, un choque de una desviación estándar en un periodo específico corresponde a un escenario de una reducción inesperada de 1 por ciento en la mano de obra efectiva como consecuencia de la propagación del virus en ese periodo¹¹. En particular, los tres escenarios de propagación inicial del virus corresponden a tres distintos valores de este parámetro: 0.05, 0.10 y 0.15 correspondiente a choques de cinco, diez y quince desviaciones estándares a la mano de obra efectiva en el periodo del brote del virus. En este caso una reducción de 15 por ciento en la mano de obra efectiva como consecuencia del brote del virus sería el escenario más pesimista en términos de reducción en la mano de obra efectiva asociada a la propagación del virus. Estos escenarios de magnitud para el choque epidémico fueron escogidos de manera que estén en línea con aquellos escenarios de contagio realizados recientemente por miembros de la comunidad epidemiológica local¹², los cuales proyectan el contagio de un 15 por ciento de la población dentro de un periodo de 12 a 18 meses.

2.5. Calibración

La solución del modelo se expresa como una serie de leyes o ecuaciones de movimiento para las variables endógenas a través del tiempo, también llamadas funciones de política. Para hallar estas, es necesario asignarle valores fijos a los parámetros del modelo. El modelo en este trabajo es resuelto numéricamente utilizando la técnica de Blanchard y Kahn (1980).

El cuadro 1 presenta los parámetros del modelo a ser calibrados con los respectivos valores que se le asignan a los mismos en el proceso de calibración. En particular, al parámetro del factor de descuento β se le asigna un valor de 0.99, en línea con Kydland y Prescott (1982), Hansen (1985) y

¹⁰Cabe señalar que las medidas de cierre y aislamiento social pueden impedir que el virus se propague y que una menor proporción de la fuerza laboral quede infectada por el mismo, lo que implica una menor magnitud del choque inicial. En este caso, el impacto macroeconómico en términos de la reducción en la producción agregada por la propagación del virus será menor. No obstante, reconocemos, como han señalado otros estudios hasta la fecha de este trabajo, que el impacto negativo del cierre y de medidas de toques de queda sobre la producción agregada será mucho mayor en términos absolutos. En este caso, aunque el cierre redundaría en menores infecciones en la fuerza laboral en el periodo en que se propaga el virus y en una menor reducción en la producción agregada como consiguiente, el mismo causaría en sí una reducción mayor en la actividad económica. Dado que nuestro enfoque es uno puramente salubrista, el impacto de estas medidas no es tomado en cuenta en este trabajo.

¹¹Dado que el insumo laboral está medido en horas, el choque se interpreta como una reducción inesperada de 1 por ciento en las horas de trabajo efectivas a nivel agregado.

¹²Según reportó el Centro de Periodismo Investigativo el 25 de marzo de 2020, estos estimados fueron realizados por el demógrafo Raúl Figueroa y validadas por epidemiólogas consultados por dicho medio y por el director del Task force de COVID-19 y director de la Escuela de Epidemiología y Bioestadística del Recinto de Ciencias Médicas de la Universidad (RCM) de Puerto Rico, Dr. Juan Carlos Reyes.

McCandless (2008). Por otro lado, el parámetro de la fracción de capital utilizada en la producción θ es calculado tomando la fracción del ingreso que han recibido los empleados en la Isla como indican Kydland y Prescott¹³ (1982). Para el 2019, esta proporción asumió un valor promedio de 0.5694 en la Isla, por lo que la fracción promedio de ingresos que reciben los propietarios de capital asume un valor de 0.4306, el cual es el valor que asignamos al parámetro θ . El parámetro de la tasa de depreciación del capital se calibra en 0.0164, la cual es la tasa de depreciación calculada para la Isla en 2019¹⁴. La tabla 1 muestra los parámetros a ser calibrados junto con sus respectivas calibraciones. Por último, los parámetros asociados a las rigideces de precios y salarios se calibraron en 0.5 y 0.7 según Sims (2017) y McCandless (2018), respectivamente, de manera que sea consistente con la observación empírica de que los precios y salarios tardan un promedio de 6 a 9 meses en cambiar en Estados Unidos (Sims, 2017).

3. Resultados

3.1. Simulación de los Efectos Dinámicos de la Pérdida de Mano de Obra Efectiva por la Propagación del COVID-19

Una vez calibrado el modelo, el mismo se soluciona numéricamente utilizando la técnica descrita por Blanchard y Kahn (1980) para modelos linearizados de expectativas racionales. La solución del modelo consiste en las aproximaciones lineales de las funciones de política para las variables en el mismo (Fernández-Villaverde, 2009). Estas describen la evolución de las variables como una función lineal de las demás variables en el pasado y la realización de los choques aleatorios en el presente. Las mismas son el equivalente a la representación del modelo en forma reducida de vectores autoregresivos. Una vez obtenida esta representación del sistema en forma reducida, se

¹³La fracción de ingresos recibidos por los empleados se estima como la proporción de la suma de las compensaciones a empleados e ingresos procedentes de la propiedad a la suma del producto nacional bruto y la depreciación menos los impuestos indirectos. Estas series son tomadas del Apéndice Estadístico del Informe Económico al Gobernador, producido por la Junta de Planificación.

¹⁴La tasa de depreciación es calculada tomando la fracción de la depreciación real a la acumulación de capital. En particular, la serie de capital es estimada con la expresión recursiva

$$k_{t+1} = (1 - \delta)k_t + i_t = k_t + (i_t - \text{Depreciacion real}_t) \quad (3)$$

Con el valor inicial siendo la inversión interna bruta de capital fijo en 1940, la cual constituye la observación más antigua de esta serie para la Isla.

simula la respuesta de las variables en el sistema, particularmente de la producción agregada en el caso de este estudio, a la realización de un choque epidémico bajo distintos escenarios de magnitud del mismo.

3.1.1. Impacto de un choque epidémico no anticipado

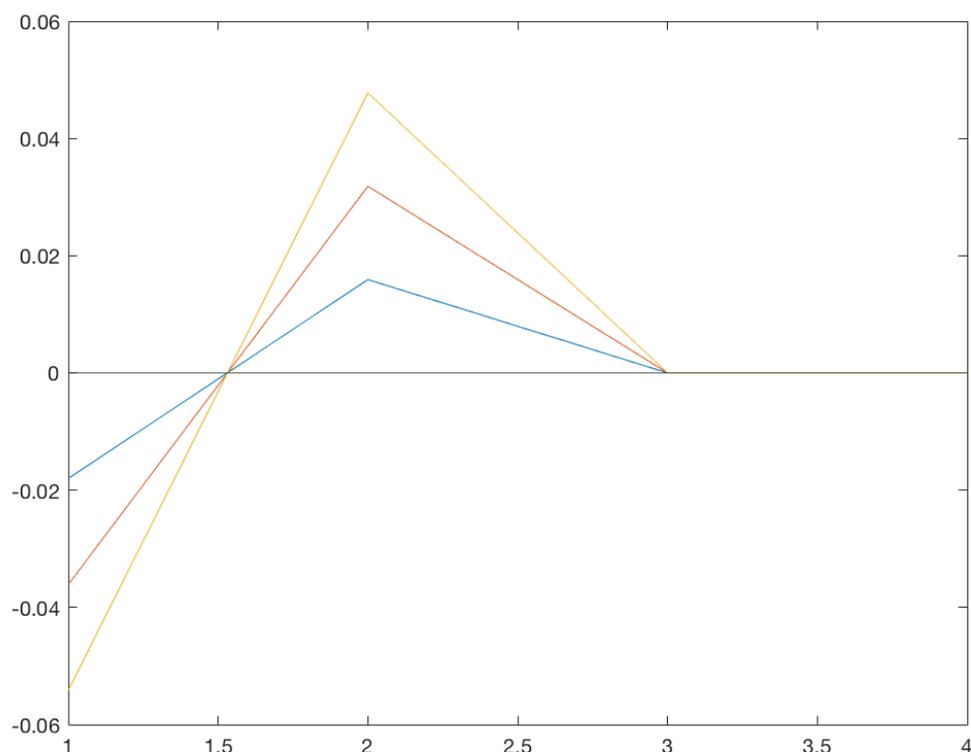


Figura 1: **Respuesta de la tasa de crecimiento del PNB real ante un choque epidémico no anticipado.** El eje vertical muestra la respuesta del cambio porcentual a razón trimestral de la producción agregada ante choques de salud negativos de 5 por ciento (línea azul), 10 por ciento (línea roja) y 15 por ciento (línea amarilla). El eje horizontal muestra los periodos transcurridos luego del choque inicial. El evento de la propagación de un virus ocurre en el periodo 1.

El resultado de la simulación estocástica lo son las funciones de impulso respuesta, presentadas en la figura 1. En primer lugar, se puede observar que la producción agregada se contrae ante el impacto del choque epidémico negativo. No obstante, la magnitud de esta contracción inicial

dependerá de manera directa de la magnitud del choque ocurrido en dicho periodo¹⁵. De igual manera, luego de la propagación inicial del virus, se observa que la producción agregada se recupera al cabo de 1 periodo, aunque esta recuperación no compensa por la contracción inicial provocada por el choque epidémico en el periodo anterior y la economía permanece por debajo de su tendencia de largo plazo. Esto implica que el efecto del choque epidémico no se disipa en el largo plazo, aunque luego de 3 periodos el crecimiento de la producción agregada retorna a su valor promedio.

En particular, el coeficiente de la producción agregada asociado al choque epidémico en la representación del modelo en forma reducida es de 0.36. Esto implica que por cada 1 por ciento de reducción en la mano de obra efectiva de manera inesperada en un periodo particular, la producción agregada se contrae a razón de aproximadamente 0.36 puntos porcentuales en impacto. Análogamente, un choque de 5 desviaciones estándares, equivalente a una reducción de 5 por ciento en la mano de obra efectiva, se asocia con una reducción de hasta 1.8 puntos porcentuales en la producción agregada, mientras que un choque de 10 desviaciones estándares se asocia con una reducción en impacto de 3.6 puntos porcentuales en la producción agregada. A pesar de la relativa recuperación de la producción agregada al cabo de 3 periodos, el mismo no compensa por la contracción en el periodo en que ocurre el choque epidémico. Esto implica que el mismo tiene un impacto permanente sobre la producción agregada. Bajo este escenario de no persistencia del virus, este impacto permanente fluctúa entre 0.2 por ciento en el caso de un choque de 5 desviaciones estándares hasta 0.6 por ciento en el escenario más pesimista de un choque de 15 desviaciones. No obstante, dicho impacto permanente será mayor en la medida en que la infección no se contenga y persista de un periodo a otro¹⁶ (ver cuadro 1 en el apéndice).

Bajo el escenario más pesimista, correspondiente a un choque de 15 desviaciones estándares o una reducción inesperada de 15 puntos porcentuales en la mano de obra efectiva, la contracción en la producción agregada sería de hasta 5.4 puntos porcentuales en impacto. En este caso, la contracción permanente en la producción agregada es de 0.64 por ciento. No obstante, independientemente de la propagación inicial del virus, la producción agregada se recupera cuando se repone la mano de obra

¹⁵Esta magnitud corresponde a la fracción de mano de obra que deja de ser efectiva dentro de un periodo como consecuencia del evento inesperado de la propagación de una enfermedad en dicho periodo

¹⁶El escenario de persistencia corresponde a un valor de 0.75 para el parámetro de persistencia del choque, lo que implica que, al cabo de un periodo, se repone un 25 por ciento de la mano de obra efectiva perdida por la propagación del virus.

que dejó de ser efectiva como consecuencia del virus luego de un periodo de transcurrido el choque de propagación de la enfermedad. No obstante, en la medida en que el virus no se contenga en el periodo en que se propaga y una mayor cantidad de la población en edad laboral quedé infectada, la cantidad de mano de obra que deja de ser efectiva de forma inesperada aumenta, lo que implica una mayor magnitud para el choque epidémico en impacto.

3.1.2. Impacto de un choque epidémico con un periodo de anticipación

La figura 2 presenta las funciones de impulso respuesta de la producción agregada ante un choque epidémico anticipado de 5, 10 y 15 desviaciones estándares.

Como se observa, la producción responde de manera positiva en el periodo en que se anticipa la ocurrencia de un choque en el periodo siguiente, para luego contraerse en el periodo en el que se materializa el choque y experimenta una recuperación al cabo de un periodo. Hay varios puntos que se deben destacar de los resultados presentados en la figura 2. En primer lugar, el crecimiento en la producción agregada, en respuesta a la anticipación del brote de la enfermedad, puede ser explicado por la preparación llevada a cabo por parte de las familias, las empresas y el gobierno ante la inminencia de dicho evento. Dicha preparación se refleja a través de aumentos en la inversión por parte de las empresas privadas¹⁷, como también por parte del gobierno en aras de asistir al sector privado en el manejo del brote¹⁸.

No obstante, la producción agregada se contrae por mucho más en el periodo en que se materializa el choque epidémico. En el caso de un choque de 5 desviaciones estándares, este se asocia con una contracción de hasta 9.5 puntos porcentuales en la producción agregada en el periodo en que se materializa el choque epidémico. En el escenario más pesimista de una contracción anticipada de 15 por ciento en la mano de obra efectiva, la producción agregada se contrae en un 28 por ciento en respuesta a la materialización del mismo un periodo luego de ser anticipado. No obstante,

¹⁷Particularmente, instituciones de cuidado médico buscando expandir su capacidad con antelación para tratar un mayor número de pacientes.

¹⁸A la fecha de este estudio, se habían aprobado dos paquetes de estímulo a nivel federal que incluyen partidas sustanciales a la inversión en cuidado médico por parte del estado y fondos a instituciones de cuidado médico privadas, mientras que la Junta de Supervisión Fiscal autorizó el uso de 787 millones del Fondo General, además de 160 millones de la reserva de emergencia creada por la ley PROMESA.

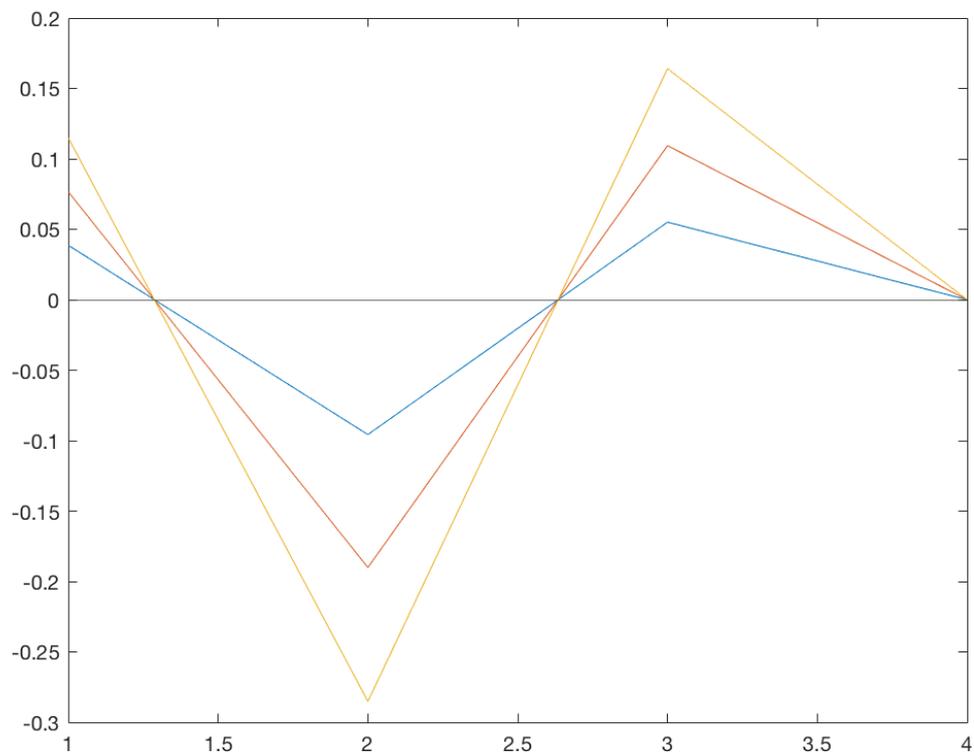


Figura 2: **Respuesta de la tasa de crecimiento del PNB real ante un choque epidémico anticipado.** El eje vertical muestra la respuesta del cambio porcentual a razón trimestral de la producción agregada ante choques de salud anticipados de 5 por ciento (línea azul), 10 por ciento (línea roja) y 15 por ciento (línea amarilla). El eje horizontal muestra los periodos transcurridos luego del choque inicial. El evento de la propagación de un virus ocurre en el periodo 2.

esta contracción es significativa debido a la expansión en el periodo anterior¹⁹. De no persistir el choque epidémico y poderse reponer la mano de obra efectiva perdida en el periodo del brote del virus, la producción agregada se recupera al cabo de un periodo y la tasa de crecimiento vuelve a su estado estacionario al cabo de 4 periodos. En particular, en el caso de un choque de 5 por ciento, la producción agregada aumenta a razón de 10.39 puntos porcentuales al cabo de un periodo. Para el

¹⁹Esta expansión en respuesta a la noticia de un choque epidémico en el próximo periodo es mayor en el caso pesimista que en los casos en los que se anticipa y materializa un choque de menor magnitud, debido a la conducta optimizadora de los agentes en el modelo. Si los agentes anticipan una epidemia de mayor magnitud en términos de la mano de obra que dejará de ser efectiva por contagio del virus, la preparación de estos ante este evento será mayor con fines de contener el virus, lo que se reflejará directamente en un mayor nivel de actividad económica medida por la producción agregada en el periodo en que se anticipa el evento.

caso mas pesimista de una contracción anticipada de 15 por ciento en la mano de obra efectiva, la producción agregada crece en un 16 por ciento relativo al periodo anterior, en el que se materializa el choque.

Sin tomar en cuenta el impacto que tendrán factores como las medidas de toque de queda y el colapso en la demanda agregada a raíz del pánico causado por el brote, estos resultados constituyen evidencia en favor de un impacto macroeconómico sustancial por la perdida en mano de obra efectiva relacionada al brote del COVID-19.

Es importante señalar que no se toman en cuenta escenarios de posible persistencia de los efectos del choque de salud en el análisis. No obstante, si se asume que la salud de la fuerza laboral medida por la variable de escala H_t evoluciona como un proceso AR(1) en logaritmo, entonces el parámetro de persistencia pudiera servir como medida de la cantidad de mano de obra efectiva medida en horas de trabajo que no puede ser repuesta si la propagación del virus se extiende por mas de un periodo. Por instancia, si dicho parámetro asume un valor de 0.75, esto implica que al cabo de un periodo se puede reponer apenas un 25 por ciento de la mano de obra efectiva perdida en el periodo del choque epidémico. Esto podria ocurrir en el caso de que mucho de los trabajadores que se enfermen no se recuperen y requieran mas tiempo de un periodo para reintegrarse en la fuerza laboral, por lo que la producción agregada no se recuperaría al cabo de un periodo. En este caso extremo de persistencia del choque epidémico, los resultados de la simulación apuntan a que la producción agregada tardaría sobre 15 periodos en recuperarse del choque inicial y regresar a su tendencia de largo plazo.

Mientras que el impacto permanente bajo el escenario de no persistencia ronda entre -0.2 y -0.6 puntos porcentuales en la producción agregada, bajo el escenario de persistencia examinado se exacerban los impactos permanentes (ver cuadros 3 y 4 en el apéndice). En este caso, dicho impacto ronda entre -0.6 y -1.9 por ciento, lo que implica un impacto permanente significativo como consecuencia de los choques epidémicos simulados.

3.2. Simulación de los Efectos Dinámicos de las Medidas Federales de Estímulo Fical

El 27 de marzo de 2020 fue convertido en ley a nivel federal el Coronavirus Aid, Relief and Economic Security Act (CARES, por sus siglas en inglés). Con fines de mitigar el impacto económico negativo que ha tenido y está teniendo el brote del COVID-19 sobre la economía norteamericana, el paquete destina sobre 2 trillones a pagos directos a familias e individuos (\$300 mil millones), expansiones en los beneficios de los programas de seguro por desempleo (\$260 mil millones), préstamos a pequeños negocios²⁰ (\$350 mil millones), además de \$274 mil millones para la respuesta al brote del virus, dirigidos a hospitales y otras instituciones de salud claves en la respuesta.

Este proyecto de Ley separa un total de \$3 mil millones para Puerto Rico, Washington DC y otros territorios. Particularmente, las familias residentes en Puerto Rico cuyos miembros tengan números de seguro social válidos recibirán transferencias por la cantidad de \$1,200 por persona, \$2,400 por matrimonio y \$500 por cada menor en la familia. Adicional a esto, se aplica también en la Isla la expansión a los beneficios del seguro por desempleo, además de la otorgación de hasta \$562 millones en préstamos para pequeños y medianos negocios y la asignación de \$200 millones adicionales al Programa de Asistencia Nutricional (PAN).

La figura 3 muestra los resultados de la simulación numérica de un aumento anticipado en la tasa de crecimiento de las transferencias recibidas por las familias en la Isla. La magnitud o desviación estándar del choque a la tasa crecimiento de los transferencias se calibra en 0.136, lo cual es un aproximado de la tasa de crecimiento de las transferencias por la aprobación de este paquete²¹.

En primer lugar, se observa que la producción agregada responde de manera positiva ante este impulso, como es de esperarse. En particular, el multiplicador de impacto de este choque es de 0.77, lo que implica que por cada 1 por ciento de aumento en la tasa de crecimiento de las transferencias, la respuesta de la producción agregada en impacto aumenta a razón de 0.77 puntos porcentuales en impacto. Esto implica que el aumento anticipado de 13.6 por ciento en la tasa de crecimiento de las

²⁰Con la posibilidad de ser condonados si el empleador conserva a los empleados que laboraban en la empresa antes de que se viera forzada a cerrar.

²¹Las transferencias por parte del gobierno federal a individuos en el año fiscal 2018 totalizaron \$ 21,052 millones (Junta de Panificación,2018). Esta cifra es preliminar. Al sumar los \$ 3 mil millones del proyecto CARES, se calcula una tasa de crecimiento aproximada de 13.6 por ciento.

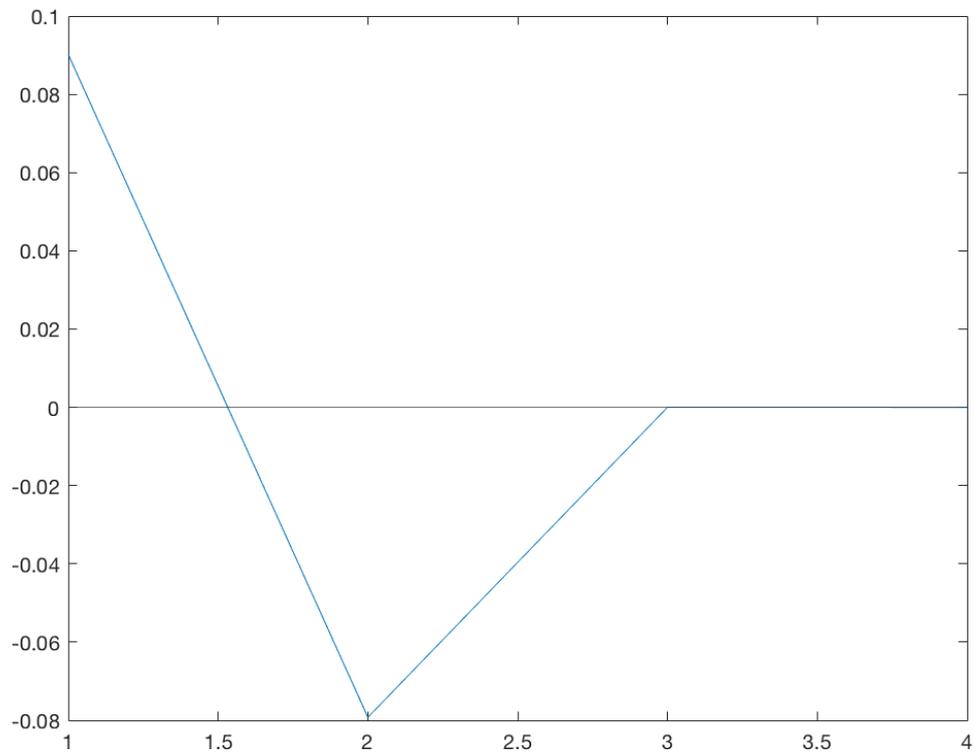


Figura 3: Respuesta de la tasa de crecimiento del PNB real ante un choque anticipado al crecimiento de las transferencias del gobierno. El eje vertical muestra la respuesta del cambio porcentual a razón trimestral de la producción agregada ante un aumento anticipado en el crecimiento de las transferencias federales.

transferencias está asociado con un aumento de 9 puntos porcentuales en la producción agregada en impacto. No obstante, luego de un periodo la producción agregada regresa a su estado estacionario, lo que se refleja en una contracción o reajuste de 7.9 puntos porcentuales en la tasa de crecimiento. Esto implica que el efecto del aumento anticipado en las transferencias es de carácter transitorio. Al cabo de 3 periodos, la respuesta comienza a disiparse, aunque la misma no se disipa por completo. A raíz de esto, la economía permanece 1.1 puntos porcentuales por encima de la tendencia de largo plazo luego de 6 periodos de transcurrido el choque anticipado que representa el aumento en las transferencias.

4. Conclusiones e Implicaciones de Política Pública

En este trabajo se aplicó una versión del modelo de Ciclos Económicos Reales de Hansen (1985) con rigididades nominales según Calvo (1983) y Taylor (1980) para estudiar los efectos dinámicos del brote del COVID-19 y de las medidas fiscales expansivas tomadas por el Gobierno Federal para mitigar el impacto económico negativo del COVID-19 en Puerto Rico. El enfoque de equilibrio general, recomendado por la Organización Mundial de la Salud (2009) para el estudio de los efectos económicos y sociales de las epidemias y pandemias, provee una estructura teórica base para analizar el impacto macroeconómico de estas desde una perspectiva dinámica. Particularmente, esto nos permite tener una idea general de la evolución del costo indirecto de la enfermedad bajo distintos escenarios.

Con fines de estudiar la dinámica del costo indirecto del virus, se modifica nuestro modelo base para incluir un choque de utilización laboral relacionado a la salud de la mano de obra empleada según propone Toroj (2013). De esta manera, se simulan dos tipos de choques negativos a la mano de obra efectiva, uno anticipado por los agentes en la economía y otro no anticipado. En ambos casos la dinámica de la producción agregada ante la ocurrencia del impulso es la misma. No obstante, cuando se anticipa dicha reducción en la mano de obra efectiva, la producción agregada responde de manera positiva ante este impulso para luego contraerse en el periodo en que se materializa la epidemia que se había anticipado. En particular, bajo un escenario de una contracción anticipada de 5 a 15 por ciento en la mano de obra efectiva en un periodo, la contracción periodo a periodo resultante en la producción agregada es de entre 9.5 a 28 puntos porcentuales, las cuales en parte son explicadas por el crecimiento en el periodo de anticipación del impulso como modo de preparación por parte de los agentes en el modelo a este evento. Por otro lado, de los resultados de la simulación se destaca que la producción agregada aumenta en 9 puntos porcentuales en respuesta ante el choque simulado correspondiente al aumento en las transferencias federales por la ley CARES. No obstante, gran parte de esta respuesta se disipa al cabo de un periodo y el impacto acumulado es de 1.1 puntos porcentuales al cabo de 3 periodos de transcurrido el desembolso de los fondos a las familias.

A pesar de la política de aumento en las transferencias a las familias tener un impacto sustancial en impacto de 9.1 puntos porcentuales, esta respuesta se disipa al cabo de 2 periodos. Comparado

con la respuesta negativa de la producción agregada ante el choque negativo a la mano de obra efectiva bajo los escenarios de contagio examinados, la cual puede fluctuar desde 9.5 a 28 puntos porcentuales, el efecto positivo que pudiera tener dicha política no compensa por la contracción a raíz de la propagación del virus. Más aún, bajo un escenario de persistencia del virus en el que no se pueda reponer mucha de la mano de obra efectiva luego de un choque epidémico por complicaciones de la enfermedad entre aquellos en edad laboral, mortalidad alta entre estos o resurgencia en el número de casos por levantamiento de las medidas de distanciamiento social recomendadas por la comunidad médica, la producción agregada no regresaría a su tendencia de largo plazo hasta luego de 8 periodos, además de reducciones permanentes en la producción de hasta 4 puntos porcentuales. Estos resultados constituyen evidencia del costo económico de no contener el virus mediante medidas de aislamiento social y otras.

De la discusión anterior, dada la evidencia de la efectividad de la política de transferencias en estimular la economía en este contexto, se recomienda que el gobierno programe una continuación a dicho programa por el tiempo en el que se deba extender la cuarentena y en la medida en que el virus causa estragos en términos de las vidas que el mismo cobra. El aumento que se avecina en transferencias, aunque constituye un monto sustancial en un periodo de tiempo corto, no será efectivo en mitigar los impactos del virus si las transferencias no se continúan por el tiempo en que las medidas de distanciamiento social continúen inviabilizando muchas labores. Baldwin, Weder y Mauro (2020) mencionan que las políticas fiscales por el tiempo en el que se extienda la cuarentena son claves en restarle persistencia a la contracción provocada por la caída en demanda agregada por el virus y la posposición de decisiones de consumo e inversión a raíz del mismo. Estas medidas cobran una relevancia especial en un contexto en el que las familias e individuos deben cumplir con sus pagos de renta y otras deudas con su fuente de ingreso interrumpida de manera indefinida. En este caso, se recomienda que el gobierno programe una continuación al programa de transferencias a los individuos hasta que se pueda reponer la mano de obra efectiva y sean viables nuevamente muchas labores. De esta manera, se mitigaría el impacto económico negativo de la propagación del virus a la vez que se viabilizan las medidas de cierre.

Referencias

- [1] Baldwin, R., Weder, B., Mauro, D. (2020). Economics in the Time of COVID-19. Recuperado de www.cepr.org.
- [2] Blanchard, O. J., Kahn, C. M. (1980). The solution of linear difference models under rational expectations. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1305-1311.
- [3] Calvo, G. A. (1983). Staggered prices in a utility-maximizing framework. *Journal of monetary Economics*, 12(3), 383-398.
- [4] Cochrane, J (2020), “Corona virus monetary policy”, Economics in the Time of COVID-19. Recuperado de www.cepr.org.
- [5] Fernández-Villaverde, J. (2010). The econometrics of DSGE models. *SERIEs*, 1(1-2), 3-49.
- [6] Hansen, G. D. (1985). Indivisible labor and the business cycle. *Journal of Monetary Economics*, 16(3), 309-327.
- [7] H.R.748 - 116th Congress (2019-2020): CARES Act. (2020, March 27). Retrieved from <https://www.congress.gov/bill/116th-congress/house-bill/748>
- [8] Koopmanschap A., F. R., van Ineveld B., van Roijen L. (1995): The friction cost method for measuring indirect costs of disease, *Journal of Health Economics*, 14, 171–189.
- [9] Kydland, F. E., Prescott, E. C. (1982). Time to build and aggregate fluctuations. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1345-1370.
- [10] McCandless, G. (2008). *The ABC's of RBC's*. Cambridge, Massachusetts, London: Harvard.
- [11] Novel Coronavirus (2019-nCoV) situation reports. (n.d.). Recuperado de <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/situation-reports>.
- [12] Pascual, O. S. (2020, March 31). Miles morirían en Puerto Rico por el COVID-19. Retrieved from <http://periodismoinvestigativo.com/2020/03/miles-moririan-en-puerto-rico-por-el-covid-19/>

- [13] Pauly M.V., Nicholson S., Xu J., Polsky D., Danzon P.M., Murray J.F., Berger M.L. (2002): A general model of the impact of absenteeism on employers and employees, *Health Economics*, 11, 221–231.
- [14] Rodríguez, C., Alemar, E. (2020): Efectos Reales de Impulsos Tecnológicos. Trabajo en Progreso, Unidad de Investigaciones Económicas.
- [15] Sims, E. (2016). Graduate Macro Theory II: A New Keynesian Model with Price Stickiness. University of Notre Dame (Notes), (2003), 1–39.
- [16] Taylor, J. B. (1980). Aggregate Dynamics and Staggered Contracts. *Journal of Political Economy*, 88(1), 1-23.
- [17] Torój, A. (2013). Why Don't Blanchard-Kahn ever “Catch” Flu? And How it Matters for Measuring Indirect Cost of Epidemics in DSGE Framework. *Central European Journal of Economic Modelling and Econometrics*, 5(3), 185–206.
- [18] World Health Organization (2009): Who Guide to Identifying the Economic Consequences of Disease and Injury, World Health Organization.

5. Apéndice

Cuadro 1: **Impacto Macroeconómico Permanente de un Choque Epidémico No Anticipado: Escenario de No Persistencia**

Impacto sobre PNB Real	Magnitud del Choque Epidémico
-0.002	0.05
-0.0042	0.10
-0.0064	0.15

Cuadro 2: Impacto Macroeconómico Permanente de un Choque Epidémico No Anticipado: Escenario de Persistencia

Impacto sobre PNB Real	Magnitud del Choque Epidémico
-0.0071	0.05
-0.014	0.10
-0.021	0.15

Cuadro 3: Impacto Macroeconómico Permanente de un Choque Epidémico con un Periodo de Anticipación: Escenario de No Persistencia

Impacto sobre PNB Real	Magnitud del Choque Epidémico
-0.002	0.05
-0.004	0.10
-0.006	0.15

Cuadro 4: Impacto Macroeconómico Permanente de un Choque Epidémico con un Periodo de Anticipación: Escenario de Persistencia

Impacto sobre PNB Real	Magnitud del Choque Epidémico
-0.0064	0.05
-0.013	0.10
-0.02	0.15