



Forum Empresarial  
ISSN: 1541-8561  
ISSN: 2475-8752  
forum.empresarial@upr.edu  
Universidad de Puerto Rico  
Puerto Rico

# Impacto macroeconómico del cóvid-19 en Puerto Rico: un enfoque de equilibrio general dinámico y estocástico

Rodríguez Ramos, Carlos A.; Alemar, Emanuelle A.

Impacto macroeconómico del cóvid-19 en Puerto Rico: un enfoque de equilibrio general dinámico y estocástico

Forum Empresarial, vol. 24, núm. 2, 2019


Universidad de Puerto Rico, Puerto Rico

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63165086003>


# Impacto macroeconómico del cóvid-19 en Puerto Rico: un enfoque de equilibrio general dinámico y estocástico

Macroeconomic impact of COVID-19 in Puerto Rico: a  
DSGE approach

Carlos A. Rodríguez Ramos carlos.rodriguez59@upr.edu  
*Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras,, Puerto Rico*

 <https://orcid.org/0000-0003-1081-7949>

Emanuelle A. Alemar emanuelle.alemar@upr.edu  
*Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras, Puerto Rico*

 <https://orcid.org/0000-0003-4759-411>

Forum Empresarial, vol. 24, núm. 2, 2019

Universidad de Puerto Rico, Puerto Rico

Recepción: 08 Abril 2020

Revisado: 10 Mayo 2020

Aprobación: 11 Mayo 2020

Redalyc: [https://www.redalyc.org/  
articulo.oa?id=63165086003](https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63165086003)

## Resumen: RESUMEN

Este trabajo evalúa el potencial impacto dinámico del cóvid-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 Torój (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% como consecuencia de la propagación del virus. De no contenerse el virus en el mismo periodo, esta caída puede tener una persistencia de sobre ocho trimestres y resultar en contracciones permanentes de hasta 2%, 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.

**Palabras clave:** modelos de equilibrio general dinámicos y estocásticos, fluctuaciones macroeconómicas, pandemias, economía de Puerto Rico, macroeconometría.

## Abstract: ABSTRACT

This paper studies the potential dynamic impact of COVID-19 in Puerto Rico from the perspective of the indirect cost of the disease. For these purposes, a health shock is introduced into a calibrated DSGE model as proposed by Torój (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%. If the virus is not contained in that same period, this contraction can have a persistence of up to eight quarters and result in permanent contractions of up to 2% 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.

**Keywords:** Dynamic Stochastic General Equilibrium models, macroeconomics fluctuations, pandemics, economy of Puerto Rico, macroeconometrics.

## Introducción

En los últimos meses, la enfermedad infecciosa cóvid-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 una pandemia por la Organización Mundial de la Salud. Para ese periodo, ya se habían registrado sobre 120,000 casos en el ámbito global. Ya para el 20 de marzo de 2020, los casos a escala global sobrepasaban los 275,000, lo que implica una duplicación de los casos en apenas 9 días.[1] Al 9 de mayo de 2020, en Puerto Rico se han registrado 2,173 casos únicos positivos de cóvid-19 y 108 muertes.

A pesar de las medidas que se están tomando en Estados Unidos y en el ámbito 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 teniendo y seguirá teniendo un impacto directo sobre las economías de los países a los que el virus ha llegado. Este es un evento sin precedentes, pues el mismo impacta la actividad económica por distintas vías y en diversas magnitudes.

### *Impacto macroeconómico general*

Según Baldwin y Weder di Mauro (2020), las vías por las cuales el cóvid-19 puede impactar la macroeconomía son las siguientes: (a) el choque médico, dado que aquellos trabajadores que se enferman no pueden contribuir a la producción agregada mientras padecen de la enfermedad, y (b) el impacto de las medidas para contener el 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 corto plazo.[2]

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 cóvid-19 requieren, en más casos de lo usual, hospitalización para tratar la misma, a la vez que esta tiende a complicarse con más frecuencia. Más aún, se recomienda que aquellos que se recuperen de la enfermedad permanezcan en aislamiento por un tiempo antes de reintegrarse nuevamente a sus labores 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 Weder di Mauro, 2020). En general, los individuos posponen las decisiones de consumo de bienes no relacionadas con el cuidado médico y artículos de primera necesidad, mientras que aumentan el consumo de bienes de cuidado médico y de primera necesidad, en el presente. Según Cochrane (2020), el colapso en la demanda agregada se exacerba 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, 2020). Por otro lado, las medidas nacionales de toque de queda y cuarentenas resultan en reducciones en el turismo más una baja en el consumo de servicios educativos y de entretenimiento.[3]

#### *Costo indirecto e impacto macroeconómico de la propagación de enfermedades*

De acuerdo con Torój (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]
2. Costos indirectos: el costo macroeconómico de la enfermedad, relacionado con el 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 con la gravedad de la enfermedad, se pueden distinguir 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 no 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. Los 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, los enfoques más tradicionales ignoran la existencia de una relación técnica entre los múltiples factores de producción. 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 relaciones técnicas no lineales entre los insumos. El enfoque tradicional también ignora posibles ajustes que pueden realizar las empresas, como lo son la transferencia de horas de trabajo entre periodos y, particularmente, la alternativa de contratar trabajadores de manera temporera para reemplazar a aquellos que se enferman (Koopmanschap et al., 1995; Torój, 2013). Cuando 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 cóvid-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 cóvid-19 en Puerto Rico bajo varios escenarios de propagación posibles, y evaluar el impacto de las medidas fiscales en la esfera 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 este objetivo, se emplea un modelo de equilibrio general dinámico y estocástico calibrado para la economía de Puerto Rico con datos del año fiscal 2019 y con la modificación propuesta por Torój (2013), para simular el impacto dinámico de un choque epidémico sobre la producción agregada bajo distintos escenarios de propagación de la infección.

Según el Department of Health Systems Financing Health Systems and Services (2009), las implicaciones económicas de las enfermedades, desde este punto de vista macroeconómico 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 (Torój, 2013). El impacto de la reducción en la mano de obra efectiva cobra una mayor relevancia en el caso del virus, 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 de 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 coronavirus en Puerto

Rico consiste en el grado de endogeneidad de este. Dicho aspecto cobra una importancia crucial en el caso de Puerto Rico, pues, a pesar de las deficiencias en el número de casos reportados y de ser una de las jurisdicciones que menos pruebas ha realizado per cápita 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, las empresas y el gobierno ha contribuido a una endogeneidad parcial del choque que representa el brote del coronavirus 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 ocurrencia. Con el propósito 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 a partir de proyecciones realizadas por la comunidad científica en Puerto Rico 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, Torój (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 antelación.[6] 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 rigidez de precios y salarios, según propone Calvo (1983) y Erceg et al. (2000). 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 con la salud de la fuerza laboral, según propone Torój (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 particular), que es afectado por choques aleatorios, como lo son los brotes 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 tercera sección se discuten



los resultados de las simulaciones estocásticas del modelo bajo cuatro escenarios de contención de la enfermedad. En la última sección se resume la discusión y se detallan las implicaciones de política.

## Modelo

Se aplica un modelo de equilibrio general dinámico y estocástico. Este es una versión de los modelos de Ciclos Económicos Reales de Hansen (1985) con rigidez de precios y contratos salariales rezagados según Calvo (1983) y Erceg et al. (2000). En esta sección se describe el modelo.

### *Familias*

Las familias resuelven un problema de optimización intertemporal[7] 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 les 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). La restricción presupuestaria es una de tipo *cash-in-advance* (Cooley y Hansen, 1989), la cual implica que las familias reciben transferencias gubernamentales unilaterales, además de su ingreso. 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), con 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 libremente su salario nominal. 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.

### *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 concordancia con Calvo (1983), las empresas productoras de bienes

intermedios firman contratos con las empresas de bienes finales para suplirles 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, en el agregado, será un promedio ponderado del precio en el periodo anterior y el precio óptimo en el periodo presente, donde el promedio de ponderación es la proporción de empresas cuyo contrato de precios vence y pueden ajustar su precio en el periodo anterior al precio óptimo en el presente.

#### *La función de producción: consideraciones de salud y propagación de enfermedades*

El enfoque propuesto por Torój (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:

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

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



$$\theta$$

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 con la salud de los trabajadores empleados, por lo que la función de producción modificada se expresa como:

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

Donde:

$$H_t$$

es la variable de utilización de la mano de obra relacionada con la salud de la fuerza laboral. Una fuerza laboral saludable implica

$$H_t = 1$$

; no obstante, una epidemia o pandemia causa que

$$H_t$$

se reduzca por debajo de 1 (Torój, 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 el cóvid-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 cinco desviaciones estándares

implica una reducción inesperada de 5% en la mano de obra efectiva (medida en horas de trabajo) en el periodo, como consecuencia de la propagación del virus.[8] Como se señaló anteriormente, en este trabajo se evalúa el impacto macroeconómico desde la perspectiva del costo indirecto (como consecuencia de la reducción en mano de obra efectiva), por lo que no se toma en cuenta el impacto del cierre total de varios sectores.

La propagación del virus está asociada con reducciones directas en la mano de obra efectiva en la economía por los factores que menciona Torój (2013). Estos son el ausentismo[9] o el presentismo.[10] Asimismo, si se enferma un miembro de la misma familia, existe una alta probabilidad de que dicha familia deje de suplir mano de obra para ponerse en aislamiento.

### *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 asociada al parámetro de la desviación estándar del choque de salud.[11] Como modo de ejemplo, un choque de una desviación estándar en un periodo específico corresponde a un escenario de una reducción inesperada de 1% en la mano de obra efectiva como consecuencia de la propagación del virus en ese periodo.[12]

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 negativos de cinco, diez y quince desviaciones estándares en la mano de obra efectiva en el periodo del brote del virus. En este caso, una reducción de 15% 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 de acuerdo con aquellos escenarios de contagio realizados recientemente por miembros de la comunidad epidemiológica local,[13] los cuales proyectan el contagio de un 15% de la población dentro de un periodo de 12 a 18 meses.

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 asignarles 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 calibrados con los respectivos valores que se les asignará a los mismos en el proceso de calibración. En particular, al parámetro del factor de descuento

$\beta$

se le asigna un valor de 0.99, en línea con Kydland y Prescott (1982), Hansen (1985) y McCandless (2008). Por otro lado, el parámetro de la fracción de capital utilizado en la producción

$\theta$

es calculado tomando la fracción del ingreso que han recibido los empleados en la Isla, como indican Kydland y Prescott (1982).[14] 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  $\theta$ . El parámetro de la tasa de depreciación del capital

$\delta$

se calibra en 0.0164, la cual es la tasa de depreciación calculada para Puerto Rico en 2019.[15] El Cuadro 1 muestra los parámetros a ser calibrados junto con sus respectivas calibraciones. Por último, los parámetros asociados a la rigidez de precios y salarios se calibraron en 0.5 y 0.7 según Sims (2017) y McCandless (2008), 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).

**Cuadro 1**  
*Parámetros calibrados*

<i>Parámetros calibrados</i>					
Parámetro	$\beta$	$\delta$	$\theta$	$\rho_p$	$\rho_w$
Valor	0.99	0.0164	0.4306	0.5	0.7

## Resultados

### *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, 2010). 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 autorregresivos. Una vez obtenida esta representación del sistema en forma reducida, se 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 de este.

#### *Impacto de un choque epidémico no anticipado*

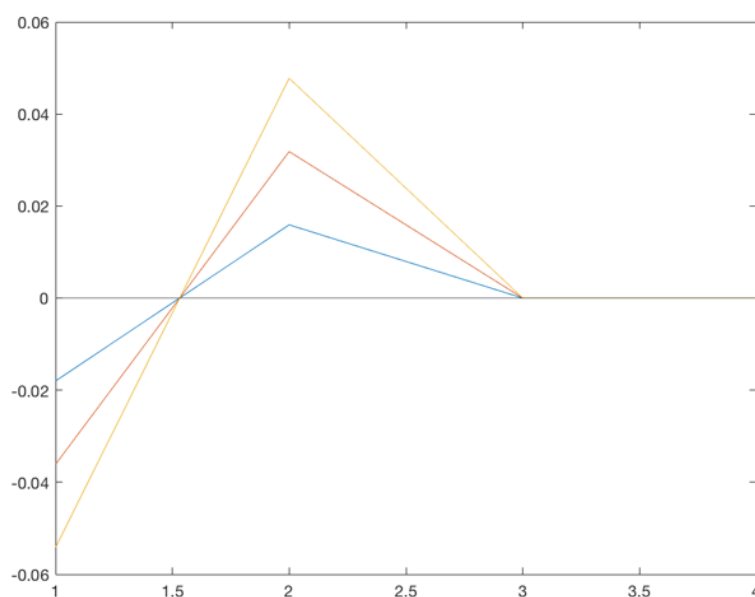
El resultado de la simulación estocástica lo son las funciones de impulso respuesta, presentadas en la Figura 1. En primer lugar, se puede observar que la producción agregada se contrae ante el impacto del choque epidémico negativo; no obstante, la magnitud de esta contracción inicial dependerá de manera directa de la magnitud del choque ocurrido en dicho periodo.[16] De igual manera, luego de la propagación inicial del virus, se observa que la producción agregada se recupera al cabo de un 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 a largo plazo, aunque luego de tres periodos el crecimiento de la producción agregada retorna a su valor promedio.

#### Figura 1

*Respuesta de la tasa de crecimiento del PNB real ante un choque epidémico no anticipado*

**Figura 1**

*Respuesta de la tasa de crecimiento del PNB real ante un choque epidémico no anticipado*  
*Respuesta de la tasa de crecimiento del PNB real ante un choque epidémico no anticipado*



*Nota.* El eje vertical muestra la respuesta del cambio porcentual a razón trimestral de la producción agregada ante choques de salud negativos de 5% (línea azul), 10% (línea roja) y 15% (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.

*Nota.* El eje vertical muestra la respuesta del cambio porcentual a razón trimestral de la producción agregada ante choques de salud negativos de 5% (línea azul), 10% (línea roja) y 15% (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.

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% 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% 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 tres 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% en el caso de un choque de 5 desviaciones estándares hasta 0.6% 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 otro (ver Cuadros 2 y 3).<sup>[17]</sup>

## Cuadro 2

### *Impacto macroeconómico permanente de un choque epidémico no anticipado: escenario de no persistencia*

*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 3

### *Impacto macroeconómico permanente de un choque epidémico no anticipado: escenario de persistencia*

*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

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%; no obstante, independientemente de la propagación inicial del virus, la producción agregada se recupera cuando se repone la mano de obra que dejó de ser efectiva como consecuencia del virus luego de un periodo de transcurrido el choque de propagación de la enfermedad; sin embargo, 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 queda 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.

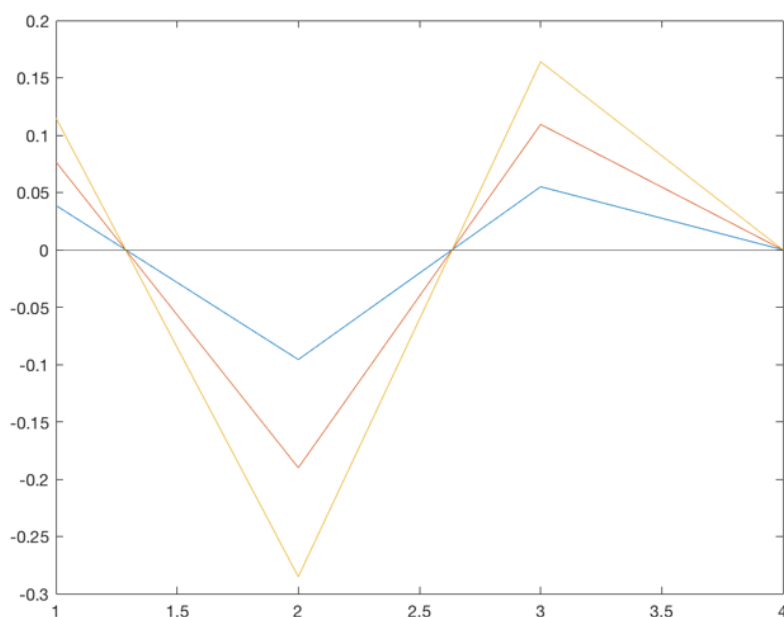
#### *Impacto de un choque epidémico con un periodo de anticipación*

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.

**Figura 2**

*Respuesta de la tasa de crecimiento del PNB real ante un choque epidémico anticipado*

*Respuesta de la tasa de crecimiento del PNB real ante un choque epidémico anticipado*



*Nota.* El eje vertical muestra la respuesta del cambio porcentual a razón trimestral de la producción agregada ante choques de salud anticipados de 5% (línea azul), 10% (línea roja) y 15% (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.

*Nota.* El eje vertical muestra la respuesta del cambio porcentual a razón trimestral de la producción agregada ante choques de salud anticipados de 5% (línea azul), 10% (línea roja) y 15% (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.

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 aspectos 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 privadas,[18] como también por parte del gobierno en aras de asistir al sector privado en el manejo del brote.[19]

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% en la mano de obra efectiva, la producción agregada se contrae en un 28% en respuesta a la materialización de este



un periodo luego de ser anticipado; no obstante, esta contracción es significativa debido a la expansión en el periodo anterior.[20]

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 cuatro periodos. En particular, en el caso de un choque de 5%, la producción agregada aumenta a razón de 10.39 puntos porcentuales al cabo de un periodo. Para el caso más pesimista de una contracción anticipada de 15% en la mano de obra efectiva, la producción agregada crece en un 16% 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 pérdida de mano de obra efectiva relacionada con el brote del covid-19.

Es importante señalar que no se toman en cuenta en el análisis escenarios de posible persistencia de los efectos del choque de salud; 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 más de un periodo. Como modo de ejemplo, si dicho parámetro asume un valor de 0.75, esto implica que al cabo de un periodo se puede reponer apenas un 25% de la mano de obra efectiva perdida en el periodo del choque epidémico. Esto podría ocurrir en el caso de que mucho de los trabajadores que se enfermen no se recuperen y requieran más tiempo de un periodo para reintegrarse a 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 este caso, dicho impacto ronda entre -0.6% y -1.9% lo que implica un impacto permanente significativo como consecuencia de los choques epidémicos simulados.

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 4 y 5). En este caso, dicho impacto ronda entre -0.6 y -1.9 %, lo que implica un impacto permanente significativo como consecuencia de los choques epidémicos simulados.

#### Cuadro 4

##### *Impacto macroeconómico permanente de un choque epidémico con un periodo de anticipación: escenario de no persistencia*

*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 5

##### *Impacto macroeconómico permanente de un choque epidémico con un periodo de anticipación: escenario de persistencia*

*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

#### *Simulación de los efectos dinámicos de las medidas federales de estímulo fiscal*

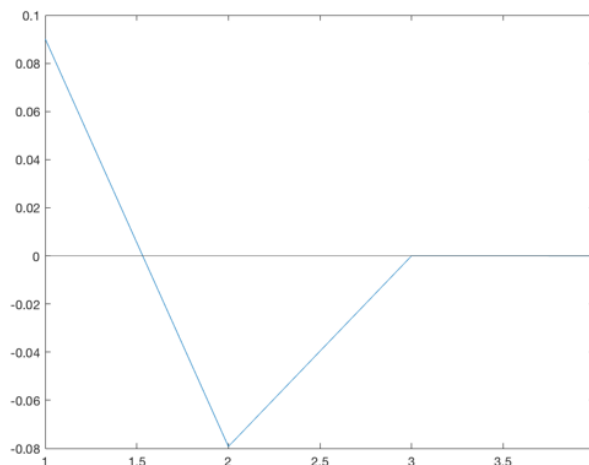
El 27 de marzo de 2020 fue aprobada en Estados Unidos la *Coronavirus Aid, Relief and Economic Security Act* (Cares). Con fines de mitigar el impacto económico negativo que ha tenido y está teniendo el brote del cóvid-19 en la economía estadounidense, el paquete destina sobre \$2 trillones a pagos directos a familias e individuos (\$300 mil millones), expansiones en los beneficios de los programas de seguro por desempleo (\$260 mil millones), préstamos a pequeños negocios[21] (\$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, D.C. 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. Más aun, 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.

**Figura 3**

*Respuesta de la tasa de crecimiento del PNB real ante un choque anticipado al crecimiento de las transferencias del gobierno*

*Respuesta de la tasa de crecimiento del PNB real ante un choque anticipado al crecimiento de las transferencias del gobierno*



*Nota.* 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.

*Nota.* 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.

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 las transferencias se calibra en 0.136, lo cual es un aproximado de la tasa de crecimiento de las transferencias por la aprobación de este paquete.[22]

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% 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% en la tasa de crecimiento de las 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 tres periodos, la respuesta comienza a disiparse, aunque no por completo. A raíz de esto, la economía permanece 1.1 puntos porcentuales por encima de la tendencia de largo plazo luego de seis periodos de transcurrido el choque anticipado que representa el aumento en las transferencias.

## Conclusiones e implicaciones de política pública

En este trabajo se aplicó una versión del modelo de Ciclos Económicos Reales de Hansen (1985) con rigideces nominales según Calvo (1983) y Erceg et al. (2000), para estudiar los efectos dinámicos del brote de la enfermedad y de las medidas fiscales expansivas tomadas por el Gobierno Federal para mitigar el impacto económico negativo del cóvid-19 en Puerto Rico. El enfoque de equilibrio general, recomendado por el Department of Health Systems Financing Health Systems and Services (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 el propósito de estudiar la dinámica del costo indirecto del virus, se modifica nuestro modelo base para incluir un choque de utilización laboral relacionado con la salud de la mano de obra empleada según propone Torój (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% 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 al 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 tres periodos de transcurrido el desembolso de los fondos a las familias.

A pesar de que la política de aumento en las transferencias a las familias tiene un impacto sustancial de 9.1 puntos porcentuales, esta respuesta se disipa al cabo de dos 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 aun, 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 confinamiento recomendadas por la

comunidad médica, la producción agregada no regresaría a su tendencia de largo plazo hasta luego de ocho periodos, además de reducciones permanentes en la producción de hasta cuatro 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 función 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 y Weder di Mauro (2020) mencionan que las políticas fiscales por el tiempo en el que se extienda el confinamiento 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 de este. 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

- Arrow, K. J. (1971). Aspects of the theory of risk-bearing, Yrjö Jahnssonin Saatio lectures. (1965). En K. J. Arrow (Ed.), reimpresso en *Essays in the theory of risk bearing* (pp. 90-120). Markham.
- Baldwin, R., & Weder di Mauro, B. (2020). *Economics in the time of COVID-19*. Centre for Economic Policy Research. [www.cepr.org](http://www.cepr.org)
- Blanchard, O. J., & Kahn, C. M. (1980). The solution of linear difference models under rational expectations. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 48(5), 1305-1311.
- Calvo, G. A. (1983). Staggered prices in a utility-maximizing framework. *Journal of Monetary Economics*, 12(3), 383-398.
- Cochrane, J. H. (2020). Corona virus monetary policy. *Economics in the time of COVID-19*. Centre for Economic Policy Research. [www.cepr.org](http://www.cepr.org)
- Cooley, T. F., & Hansen, G. D. (1989). The inflation tax in a real business cycle model. *The American Economic Review*, 79(4) 733-748.
- Department of Health Systems Financing Health Systems and Services. (2009). *Who guide to identifying the economic consequences of disease and injury*. World Health Organization. [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/137037/9789241598293\\_eng.pdf](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/137037/9789241598293_eng.pdf)

- Erceg, C. J., Henderson, D. W., & Levin, A. T. (2000). Optimal monetary policy with staggered wage and price contracts. *Journal of Monetary Economics*, 46(2), 281–313.
- Fernández-Villaverde, J. (2010). The econometrics of DSGE models. *SERIEs*, 1(1-2), 3-49.
- Hansen, G. D. (1985). Indivisible labor and the business cycle. *Journal of Monetary Economics*, 16(3), 309-327.
- H.R.748-116th Congress (2019-2020): CARES Act. (2020, March 27). <https://www.congress.gov/bill/116th-congress/house-bill/748>
- Junta de Planificación. (2019). *Apéndice estadístico del informe económico a la Gobernadora*. Gobierno de Puerto Rico. <http://jp.pr.gov/Economía/Apéndice>
- Koopmanschap, M. A., Rutten, F. F. H., van Ineveld, B. M., & van Roijen, L. (1995). The friction cost method for measuring indirect costs of disease. *Journal of Health Economics*, 14(2), 171–189. [https://doi.org/10.1016/0167-6296\(94\)00044-5](https://doi.org/10.1016/0167-6296(94)00044-5)
- Kydland, F. E., & Prescott, E. C. (1982). Time to build and aggregate fluctuations. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 50(6) 1345-1370.
- McCandless, G. (2008). *The ABC's of RBC's*. Harvard UP.
- 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(3), 221–231.
- Pratt, J. W. (1964). Risk aversion in the large and in the small. *Econometrica*, 32(1-2), 122-136.
- Puerto Rico Oversight, Management, and Economic Stability Act (PROMESA), Pub. L. No. 114-187, 130 Stat. 549 (2016). <https://www.govinfo.gov/content/pkg/PLAW-114publ187/html/PLAW-114publ187.htm>
- Sims, E. (2017). Graduate macro theory II: a new Keynesian model with price stickiness [notas]. University of Notre Dame. [https://www3.nd.edu/~esims1/new\\_keynesian\\_2017.pdf](https://www3.nd.edu/~esims1/new_keynesian_2017.pdf)
- Sosa Pascual, O. (25 marzo 2020). *Miles morirían en Puerto Rico por el COVID-19*. Centro de Periodismo Investigativo. <http://periodismoinvestigativo.com/2020/03/miles-moririan-en-puerto-rico-por-el-covid-19/>
- Taylor, J. B. (1980). Aggregate dynamics and staggered contracts. *Journal of Political Economy*, 88(1), 1-23.
- Toró, 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.
- World Health Organization. (2019). *Coronavirus disease (COVID-2019) situation reports*. <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/situation-reports>
- Wrona, W., Hermanowski, T., Golicki, D., Jakubczyk, M., Macioch, T., Goszczyńska, K., & Wójcik, R. (2011). Cost of lost productivity in pharmacoeconomics analysis. Part I. A systematic review of the literature. *Przegląd epidemiologiczny*, 65(1), 147-152.



## Notas

[1] Ver los Coronavirus disease (COVID-2019) situation reports (World Health Organization, 2019).

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

[3] Una clara excepción son los medios de entretenimiento virtual.

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

[5] Una aplicación notable de este enfoque se ofrece en Wrona et al. (2011).

[6] Aunque podrá aumentar el consumo de bienes de primera necesidad y de cuidado médico, Torój (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).

[7] La función de utilidad en el problema de optimización intertemporal toma la forma de aversión constante al riesgo propuesta por Arrow (1965/1971) y Pratt (1964).

[8] Cabe señalar que la función de producción utilizada implica que reducciones en la cantidad de mano de obra efectiva no resultan en reducciones de igual proporción en la producción agregada.

[9] Los trabajadores se ausentan por enfermedad o, por cuenta propia, interrumpen sus labores.

[10] Aunque algunos trabajadores enfermos no cesen de trabajar, la enfermedad los hace menos productivos.

[11] Cabe 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 de la reducción en la producción agregada por la propagación del virus será menor; sin embargo, 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. 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, el mismo causaría en sí una reducción mayor en la actividad económica. Dado que nuestro enfoque en este trabajo es uno puramente salubrista, el impacto de estas medidas no es tomado en cuenta en este trabajo.

[12] Dado que el insumo laboral está medido en horas de trabajo, el choque se interpreta como una reducción inesperada de 1% en las horas de trabajo efectivas a nivel agregado.

[13] Según reportó el Centro de Periodismo Investigativo el 25 de marzo de 2020, estos estimados fueron realizados por el demógrafo Raúl Figueroa y validados por epidemiólogos consultados por dicho medio, por el director del Task Force médico del covid-19 y el director de la Escuela de Epidemiología y Bioestadística del Recinto de Ciencias Médicas, de la Universidad de Puerto Rico, Dr. Juan Carlos Reyes (Sosa Pascual, 2020).

[14] La 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 a la Gobernadora (2019), producido por la Junta de Planificación.

[15] La 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:

Importar imagen

Donde: Importar imagen es la inversión interna bruta de capital fijo y Importar imagen es el acervo de capital, 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.

[16] Esta 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.

[17] El 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% de la mano de obra efectiva perdida por la propagación del virus.

[18] Particularmente, son instituciones de cuidado médico que buscan expandir su capacidad con antelación para tratar un mayor número de pacientes.

[19] A la fecha de este estudio, se habían aprobado dos paquetes de estímulo en la esfera 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 Puerto Rico Oversight, Management, and Economic Stability Act (2016).

[20] Esta 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.

[21] Los pequeños negocios cuentan con 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.

[22] Las transferencias por parte del gobierno federal a individuos en el año fiscal 2018 totalizaron \$21,052 millones (Junta de Planificación, 2019). Esta cifra es preliminar. Al sumar los \$3 mil millones del proyecto Cares, se calcula una tasa de crecimiento aproximada de 13.6%.