

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

Jesús Botero
Matheo Arellano
Diego Montañez
Marcos González Ahing

Jesús Botero

Docente-investigador del Departamento de Economía, Universidad EAFIT.
Integrante del Grupo de Estudios en Economía y Empresa (GEE), EAFIT.
Correo electrónico: jabotero@eafit.edu.co

Matheo Arellano

Magíster en Economía de la Universidad EAFIT.
Correo electrónico: marellanom@eafit.edu.co

Diego Montañez

Magíster en Economía de la Universidad EAFIT. Investigador del Grupo de Estudios en Economía y Empresa (GEE), EAFIT.
Correo electrónico: dfmontaneh@eafit.edu.co

Marcos González Auhing

Estudiante de la Maestría en Economía de la Universidad EAFIT.
Integrante del Grupo de Estudios en Economía y Empresa (GEE), EAFIT.
Correo electrónico: megonzale@eafit.edu.co

Introducción

El brote de la nueva enfermedad de coronavirus 2019 (SARS-CoV-2) ha causado estragos en la economía mundial. Su expansión ha superado las expectativas más pesimistas, llegando el domingo 13 de diciembre de 2020 a más de 72 millones de casos confirmados en el planeta, y produciendo más de 1 500 000 fallecidos en 191 países, de acuerdo con el recuento de la Universidad Johns Hopkins.

Tanto economistas como epidemiólogos cuentan con una muy buena batería de modelos para analizar la evolución y las consecuencias de la pandemia que azota al globo. Los economistas disponen de los modelos de equilibrio dinámicos estocásticos (DSGE, por su sigla en inglés), que pueden abordar aquellas cuestiones relativas a la dinámica económica que se relacionan con las decisiones intertemporales que los agentes adoptan con respecto a su consumo, a la inversión o a la dinámica de la oferta laboral, y que permiten indagar acerca de los efectos generales de la pandemia en la actividad económica.¹

Los epidemiólogos, por su parte, poseen una amplia gama de modelos SIR (susceptibles, infectados, recuperados), que analizan trayectorias dinámicas del contagio y permiten estudiar los temas relativos a la duración e intensidad de la enfermedad, la congruencia de los servicios sanitarios y hospitalarios con la atención requerida, y los impactos de las medidas de contención que se adopten.

¹ Los modelos DSGE tienen su origen en los modelos de ciclos reales, desarrollados por Kydland y Prescott (1982), y resultan de la introducción de rigideces nominales al marco neoclásico de agentes optimizadores. Christiano *et al.* (2018) analizan el estado actual de su desarrollo.

Pero lo que no es tan habitual es la consolidación de esos modelos en un esquema integral, que sirva para analizar la interacción entre los efectos económicos y la dinámica de infección. La enfermedad afecta sustancialmente la actividad económica, limitando la oferta de bienes y servicios, alterando las conductas de los consumidores y restringiendo las posibilidades de trabajo de las que disponen los hogares. Por esa vía, genera problemas económicos y humanos tan complejos y difíciles como la propia pandemia: reducción de fuentes de ingreso para grupos sociales vulnerables, desempleo creciente y fracturas en el sistema productivo que afectan la capacidad de la sociedad de generar bienestar para los ciudadanos.

En respuesta a la pandemia, se adoptan medidas de contención, que son igualmente dolorosas para muchos ciudadanos y disruptivas para el sistema productivo. Las medidas de distanciamiento social que se imponen como respuesta a la pandemia restringen el consumo y la oferta de trabajo, limitan la productividad efectiva de las empresas (llegando incluso a detener su producción) y generan dolores adicionales a quienes están al margen del sistema económico. Dentro de este grupo se encuentran los trabajadores informales y 'por cuenta propia', que viven del día a día y que ven desaparecer los contactos sociales de los que dependía su ingreso.

Así, la pandemia desata efectos económicos importantes, que impactan la vida y el bienestar de los ciudadanos; y las medidas económicas que influyen la trayectoria de la enfermedad definen también la rudeza con la que se afecta a la población y las posibilidades futuras de recuperación al final. Dados esos efectos cruzados entre enfermedad y economía, la necesidad de modelos consolidados económico-epidemiológicos es innegable.

El presente artículo, que aborda la construcción de un modelo DSGE-SIR que incorpore las complejas relaciones entre enfermedad, contención y dinámica económica, consta de cuatro secciones además de esta:² en la segunda, se analizan los mecanismos a través de los cuales se conectan los fenómenos económicos y los fenómenos epidemiológicos; la tercera discute el tema de la calibración; la cuarta presenta los resultados del modelo; y la quinta se ocupa de las conclusiones y recomendaciones de políticas, que permitan atenuar el efecto tanto económico (medios de vida) como en pérdidas humanas (vida).

² Un antecedente importante de esta modelación es Eichenbaum *et al.* (2020).

1. Los mecanismos de transmisión

La pandemia se extiende progresivamente en una población, a través de procesos de contagio que se representan de manera típica mediante modelos SIR, como lo presentaron Kermack y Mckendrick (1927). En ellos se aborda generalmente el contagio como un *matching* entre población susceptible y población infectada, cuya efectividad depende de parámetros técnicos asociados a la tasa de contagio (R_0), al tiempo de incubación de la enfermedad y al tiempo de infección. Los modelos incorporan generalmente dos desenlaces: la recuperación, con frecuencia asociada a un alto grado de inmunidad futura; y la muerte, que depende de la tasa de letalidad de la enfermedad.

No obstante, al tiempo que se extiende, la pandemia produce efectos disruptivos sobre la actividad económica, que pueden clasificarse en tres grandes categorías: desplazamientos de la demanda de consumo, que se ajusta hacia el alza en algunos consumos que pudieran considerarse precautelativos, o a la baja en todos los demás rubros ajustables de la conducta de los consumidores, con un efecto neto total probablemente negativo. Desplazamientos en la oferta de trabajo, por la incapacidad de trabajar o por precauciones ante el contagio que toman algunas personas, evitando en algún grado la exposición al riesgo. Reducciones transitorias de la oferta de bienes y servicios (lo que los economistas denominamos un choque de oferta), bien sea por los ajustes indispensables de jornadas o hábitos de trabajo, por las medidas de seguridad que se adoptan para preservar la seguridad de las personas o por medidas precautelativas que se toman ante la expectativa de agudas reducciones en la demanda de aquellos bienes o servicios que pueden considerarse vulnerables en un escenario de expansión de la enfermedad.

Ante la pandemia, los gobiernos se ven abocados a implementar acciones de contención, que se expresan por lo general en medidas de distanciamiento social. Esas medidas buscan, de una parte, ralentizar los contactos sociales y, de otra, proteger a grupos de población especialmente vulnerables desde el punto de vista de la enfermedad. El propósito de esas medidas es triple: por un lado, evitar que la infección desborde la capacidad de atención hospitalaria de la que dispone el país, pero también reducir la tasa de contagio y hacer mínimos los desenlaces fatales, decrementando la tasa de letalidad.

La reducción de la tasa de contagio se logra por dos vías: por la disminución de contactos interpersonales y de la probabilidad de contagio; y por la reducción de tiempos de latencia de la enfermedad, procurando que la detección temprana permita aislar el paciente y neutralizar su capacidad de contagio. Pero, así como el distanciamiento reduce las oportunidades de contagio, disminuye también las oportunidades de consumo y de trabajo. En este sentido, opera como un racionamiento, que limita el consumo al que puede acceder el sujeto y las oportunidades de trabajo que puede aprovechar.

Y, por supuesto, refuerza el choque de oferta que sufre el sector productivo, porque impone condicionamientos adicionales a la actividad productiva y fractura cadenas productivas, haciendo relevantes restricciones y cuellos de botella. Así, el efecto esperado de las medidas de contención es profundamente disruptivo desde el punto de vista económico, pero, en la medida en que disminuya el contagio y reduzca la letalidad, es también el camino más corto a la recuperación futura.

El modelo DSGE-SIR complementa los modelos DSGE convencionales (Christiano *et al.*, 2005; Clarida *et al.*, 1999; Smets y Wouters, 2003, 2007), que incorpora hogares, empresas, inversionistas y gobierno, de una economía abierta y pequeña, con un módulo SIR y un módulo de interacciones económico-epidemiológicas. El módulo SIR opera como un proceso de Markov, mediante una matriz de transición entre estados de salud, con coeficientes variables, para reflejar el proceso del contagio. La matriz de transición se calibra para dos estados (sanos e infectados) y tiene la forma:

$$\begin{bmatrix} 1-tc_t & tc_t \\ tr_t & 1-tr_t \end{bmatrix} \quad (1)$$

En el estado estacionario (con una porción constante de la población infectada), los coeficientes de la matriz son constantes, pero, una vez que se desata la pandemia, tc_t se endogeniza para reflejar, de una parte, el proceso de infección y, de otra, el impacto de la política de distanciamiento que eventualmente implemente el gobierno, en un esquema de modelación SIR convencional:

$$tc_t = atc_t ssan_{t-1} senf_{t-1} idist_t^\eta \quad (2)$$

donde atc_t es el factor de contagio (el factor β de los modelos SIR, dependiente de la inversa del tiempo de infección y de la tasa R_0 de contagio), $ssan$ y $senf$ son, respectivamente, los porcentajes de población sana e infectada, $idist$ el índice de distanciamiento (que se explica a continuación) y η su efectividad.

El índice $idist$ refleja el hecho de que el gobierno puede responder al contagio con medidas de distanciamiento social. Dicho índice vale 1, en el estado estacionario, porque no hay restricciones al contacto humano, y disminuye de valor, para expresar la reducción de contactos sociales y de contagios que la respuesta del gobierno genera. En el modelo, se endogeniza la respuesta del gobierno, a través de un índice (rpp), que es una variable de decisión del gobierno, y que es mayor cuanto mayor distanciamiento se quiere imponer, afectando tanto la tasa de contagio como el consumo, la oferta de trabajo y la capacidad productiva.

El modelo DSGE convencional, por su parte, supone un *continuum* de hogares, indexados entre 0 y 1, que deciden su consumo y su oferta de trabajo óptimos. Los hogares están compuestos, en el estado estacionario, por dos tipos de miembros: infectados y sanos, cada uno de ellos con un coeficiente de consumo y de trabajo diferencial.

En concreto, se asume que tanto el consumo como el trabajo de una persona infectada son distintos al de una persona sana, y se calibra el modelo creando índices de consumo y trabajo que dependen de la proporción de la población infectada, de forma tal que se afectan el consumo y el trabajo óptimo que tendrían los hogares en ausencia de enfermedad. El gobierno induce, a través de los programas de contención y distanciamiento, restricciones adicionales al consumo y al trabajo, que se expresan como índices de racionamiento, los cuales refuerzan los efectos restrictivos.

Cuando se produce el choque del Covid-19, modelado como un aumento de la tasa de contagio de la población, cambia la proporción entre infectados y sanos conforme avanza la enfermedad, y caen el consumo y el trabajo, reflejando ese cambio en la composición. Literalmente, la población cambia su patrón de consumo y sus hábitos de trabajo, induciendo choques negativos de demanda y de oferta de trabajo.

Las empresas operan en competencia monopolística, y están sujetas a inflexibilidades en la fijación de precios, que se modelan, como es habitual en los modelos DSGE, siguiendo a Calvo (1983). Su función de producción incorpora

dos factores productivos (trabajo y capital) y un indicador de productividad (la productividad total de los factores, en la jerga de los economistas), que sufre también choques, asociados tanto a las interrupciones causadas por la enfermedad como a las medidas de contención que implementa el gobierno. La productividad es sensible al choque de contagio y al choque del distanciamiento social, y esa sensibilidad se calibra mediante parámetros de elasticidad, y, como es habitual en los modelos (Costa, 2016), tienen una persistencia, que depende de los parámetros del proceso autorregresivo. En resumen, se presenta un choque inicial de aumento de contagios, que incrementa la población infectada y disminuye la población sana. Su efecto endógeno se explica por tres mecanismos: la disminución del consumo, un choque negativo en la productividad y una reducción de la oferta laboral.

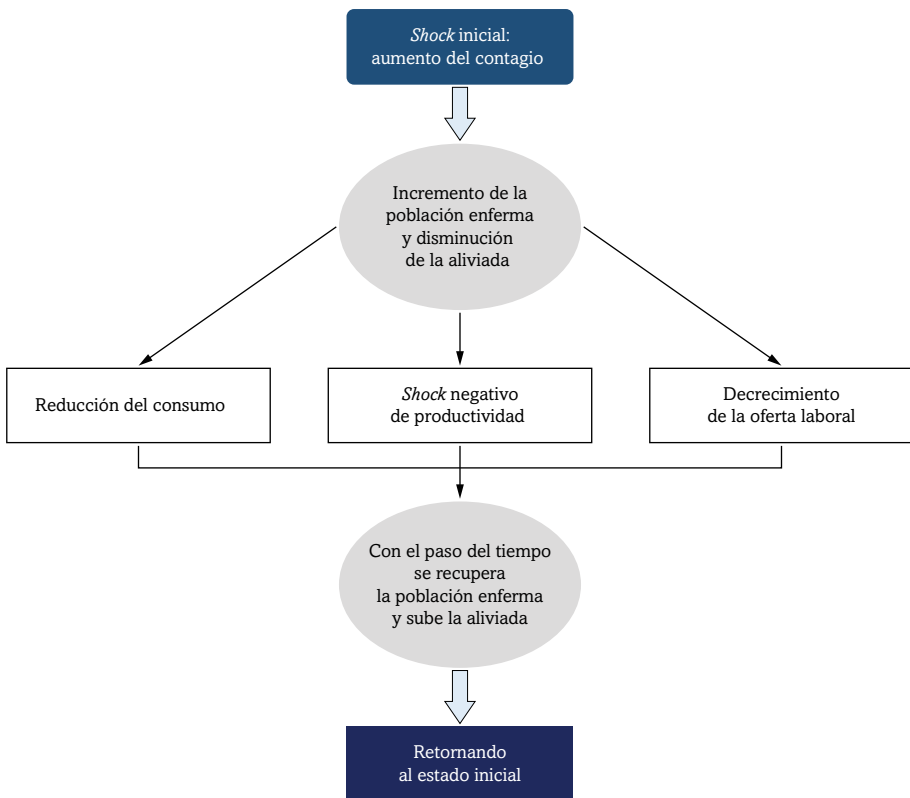


Figura 1. Diagrama del escenario base de la pandemia sin contención

Fuente: elaboración de los autores.

Ahora bien, es un proceso que, tras una fase de escalamiento, tiende a extinguirse, dada la probable forma funcional que lo modela, y que depende del producto entre la población sana susceptible de contagiarse y la población infectada. Conforme va creciendo la población infectada a costa de la sana, el impacto marginal de los infectados es mayor, hasta que llega un punto en que se revierte la curva, cuando la disminución de la población susceptible, debido a la inmunidad adquirida por quienes se recuperan de la enfermedad, no es compensada por el incremento de la población infectada. Ello se refleja en el modelo como un choque temporal en el proceso autorregresivo que define la tasa de contagio.

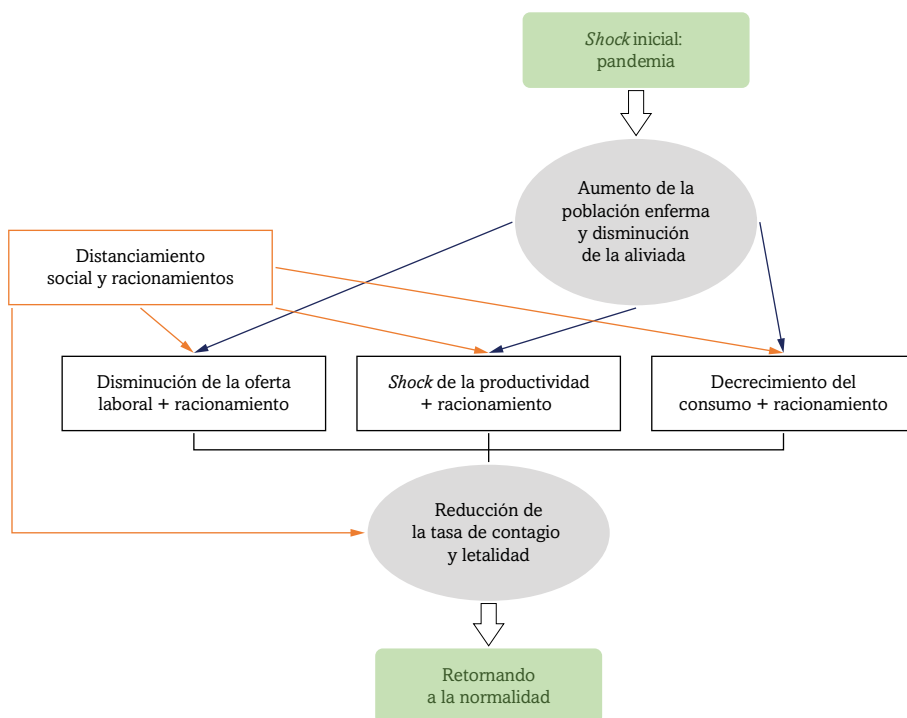


Figura 2. **Diagrama del escenario alternativo de contención y distanciamiento**

Fuente: elaboración de los autores.

Las respuestas de política pública incluyen generalmente medidas de distanciamiento, que buscan reducir la tasa de contagio y limitar la letalidad de la enfermedad. Esas medidas refuerzan el efecto de la enfermedad sobre el

consumo, como consecuencia del racionamiento que implican; sobre la oferta de trabajo, así mismo racionada por las limitaciones de movilidad; y sobre la producción, por restricciones de operación que profundizan el choque de productividad experimentado por las empresas. Sin embargo, si las medidas tienen una duración adecuada y son efectivas en el propósito de disminuir el contagio y la letalidad, deben permitir una recuperación más rápida de la actividad económica, moderando los efectos de la enfermedad sobre la capacidad productiva de la sociedad.

2. Calibración del modelo

El modelo descrito se ha calibrado con información de 2018, último año para el que se disponía de datos completos de las Cuentas Nacionales, y representativo del desempeño económico de Colombia.

La información estadística necesaria para establecer los parámetros del modelo y los valores iniciales de sus variables proviene de las series de Cuentas Nacionales, la Gran Encuesta Integrada de Hogares (GEIH) y el índice de precios al consumidor (IPC) elaborados por el DANE; de la balanza de pagos, los agregados monetarios, la tasa representativa de mercado (TRM) y las tasas de interés de cobranza y colocación proporcionadas por el Banco de la República; de los saldos de la deuda total del gobierno general suministrados por el Ministerio de Hacienda y Crédito Público; y, finalmente, de las series de tasas de interés e indicadores de riesgo internacional, disponibles del Banco Central de Reserva del Perú.

La parametrización del modelo que permite replicar la economía en su estado estacionario se lleva a cabo mediante la construcción de una matriz de contabilidad social simplificada (SAM, por su sigla en inglés), que simula el flujo circular de la economía y es consistente con el comportamiento de los diferentes agentes involucrados en el modelo. Las empresas remuneran el capital y el trabajo como factores productivos, pagan impuestos y aranceles, y transfieren el valor de los bienes importados al resto del globo. Los hogares pagan a las empresas su valor de consumo, transfieren impuestos al gobierno y ahorran una parte de sus ingresos. El gobierno también consume bienes producidos por las empresas, invierte y transfiere al extranjero el pago de los

intereses de la deuda externa. El resto del mundo paga a las empresas el valor de lo que exportan y transfiere las remesas a los hogares.

El módulo epidemiológico se basa en el proceso convencional de calibración de los modelos SIR. A partir de ello, se construye un proceso dinámico markoviano con coeficientes variables, que permite las transiciones entre los dos estados de salud considerados en este trabajo: sanos e infectados. Cabe señalar que la tasa de infección del estado estacionario se calcula utilizando el promedio de las tasas relacionadas con un conjunto representativo de otras enfermedades contagiosas.

Además, aunque es habitual en este tipo de modelo que la calibración corresponda a un plazo anual o trimestral consistente con la periodicidad de medición de los principales agregados macroeconómicos, este trabajo optó por una conversión semanal de los datos. Esto con el fin de definir un punto medio con los modelos epidemiológicos, cuya ventana temporal suele ser diaria. En la tabla 1 se resumen los parámetros de calibración resultantes del tratamiento de la SAM, con información sobre otras variables macroeconómicas y epidemiológicas del Covid-19.

Tabla 1. **Parámetros clave del modelo**

Parámetros clave del modelo				
Nombre	Política alta efectividad	Política ineficiente por costos	Política ineficiente por resultados de salud	Descripción
etpfatc	0,50	0,50	0,50	Elasticidad del choque de productividad al choque de contagio
etfpdist	0,15	0,20	0,20	Elasticidad del choque de productividad al choque de distanciamiento
rpp	0,50	0,50	0,50	Elasticidad del índice de distanciamiento al factor de contagio
etcd	2,00	2,00	1,00	Elasticidad de la tasa de contagio al índice de distanciamiento

Fuente: elaboración de los autores.

La persistencia temporal de los choques exógenos simulados está determinada por los coeficientes ρ de los procesos autorregresivos que siguen las

variables que se consideran exógenas o parcialmente exógenas³ en nuestro modelo. Por ello, dado que uno de los principales objetivos de este estudio es evaluar los efectos agregados de la pandemia sobre el nivel de actividad económica en escenarios sin y con política de intervención (distanciamiento social), a continuación, se presenta la calibración utilizada para dichos coeficientes de persistencia. En primer lugar, un choque cuya persistencia está definida por $\rho = 0,9$ tarda 28 semanas en desaparecer.⁴ Un $\rho = 0,83$ acorta este tiempo a 16 semanas.

A su vez, un $\rho = 0,7$ toma 9 semanas. Finalmente, un $\rho = 0,6$ modera la cifra a 6 semanas, con el mismo criterio. Así, el choque original podría mantener su efecto durante medio año, el modelo de distanciamiento funcionaría durante 8 y 16 semanas, y reduciría el tiempo de mayor incidencia de la pandemia a 6 semanas. Por otro lado, con el distanciamiento, el choque de productividad promedio se reduciría de 9 a 6 semanas, dependiendo de la severidad del distanciamiento social.

3. Resultados

El modelo simula cinco escenarios: un escenario base de pandemia sin contención, otro con medidas de distanciamiento básicas (disminuye a lo largo de un horizonte de hasta 8 semanas), uno de persistencia prolongada, otro de contención con medidas de distanciamiento muy prolongadas (que duplica la duración adicional, hasta 16 semanas) y uno muy pesimista (amplificación de los costos económicos).

Las funciones de impulso-respuesta, que representan la desviación respecto del valor de estado estacionario, que se genera en cada una de las variables principales del modelo como consecuencia de un cambio del 1% en la tasa de contagio, se analizan a continuación.

³ Variables como la productividad z tienen un componente exógeno determinado por su término de error idiosincrásico y un componente endógeno relacionado con la perturbación que tiene lugar en el factor *atc*.

⁴ Entendiendo la desaparición como alcanzar un valor por debajo del 5%; es decir, $\rho^n = 0,05$.

En el escenario básico, la pandemia lleva a una caída sostenida del PIB a lo largo del tiempo, que se extiende al período de proyección, en este caso 40 semanas, y que refleja el impacto de la enfermedad sobre el consumo, la oferta de trabajo y la producción. En el escenario de distanciamiento de duración moderada, las medidas de contención exacerbaban inicialmente la caída del PIB, pero a partir del tercer mes atenúan el efecto de la crisis, limitando los efectos negativos de la pandemia. En el caso de una prolongación del período de distanciamiento social, en cambio, los efectos positivos tardan mucho más en aparecer y podrían incluso no superar el desempeño económico observado en el escenario básico. Todos los escenarios de contención agudizan inicialmente los efectos económicos negativos, por las restricciones que imponen a la conducta de los hogares, pero sus efectos se van atenuando conforme se limita el ritmo de expansión de la pandemia y se ajustan las conductas de los agentes económicos, quienes se adaptan a las restricciones impuestas por la contención.

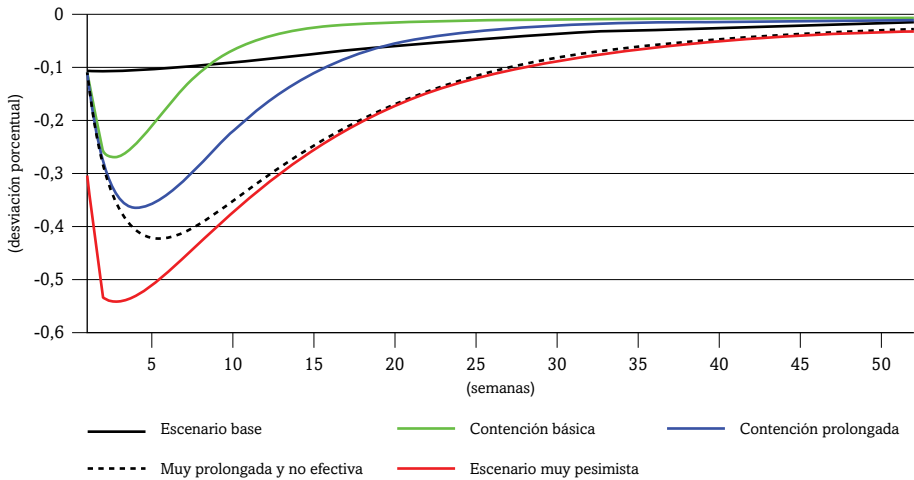


Figura 3. **Respuesta del PIB a la crisis de la pandemia**

Fuente: simulación realizada en Dynare.

Los beneficios para la salud de un distanciamiento prolongado son marginales: el distanciamiento reduce el nivel máximo de infección en un 68 %, pero la prolongación de su duración solo contribuye a esta reducción en un 1 % adicional. Las políticas de distanciamiento también afectan a las finanzas públicas, incluso sin considerar las medidas de mitigación que implican.

El modelo calcula la trayectoria del endeudamiento resultante de la reducción de los ingresos generados por la caída del nivel de actividad económica.

En el primer escenario de distanciamiento, se intensifican los efectos iniciales de la pandemia sobre las finanzas públicas. Sin embargo, en el horizonte de proyección no son más significativos que los que generaría la pandemia. No obstante, la prolongación del distanciamiento social podría tener efectos graves en la deuda pública, reduciendo considerablemente la capacidad del Estado para aplicar las medidas de mitigación necesarias que deben aplicarse, habida cuenta de los efectos devastadores que la pandemia tendrá en el empleo, que se examinan a continuación.

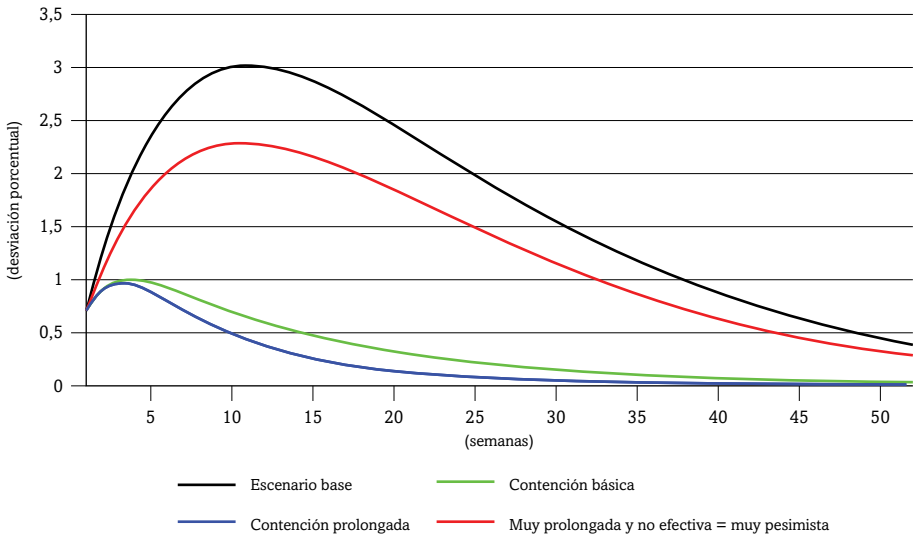


Figura 4. **La respuesta de los infectados al choque de la pandemia**

Fuente: simulación realizada en Dynare.

Los choques simulados con el modelo son marginales (representan un cambio del 1% en la tasa de contagio). Para determinar el impacto total de la pandemia, es necesario cuantificar la magnitud de la conmoción experimentada y ampliar la escala de los efectos totales del modelo. Suponiendo un R_0 de 2,5, un tiempo de incubación de la enfermedad de 9 días y un tiempo de infección de 5 días, los cálculos llevarían a una caída del PIB en el escenario base del 6,3%, que se agudizaría en el escenario de contención al 7,6%.

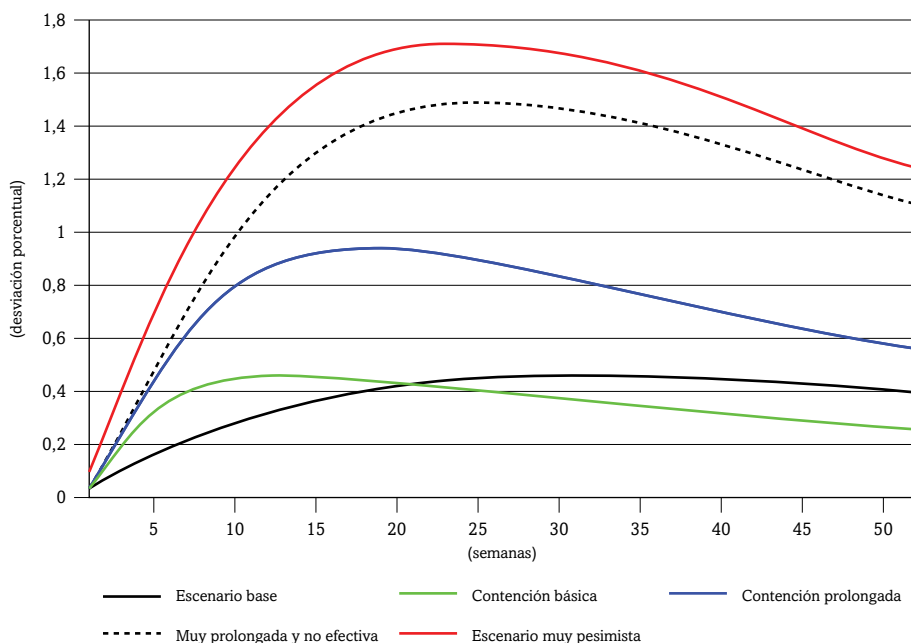


Figura 5. **Respuesta de la deuda pública respecto a la pandemia**

Fuente: simulación realizada en Dynare.

Sin embargo, podrían profundizarse hasta el 9,1 % si las medidas de distanciamiento se ampliaran según el segundo escenario de contención. Por su parte, el empleo se vería considerablemente afectado: por término medio, 1 526 000 personas perderían su empleo, con un máximo de alrededor de 3,2 millones, en el momento más dramático de la crisis. Las medidas de contención exacerbaban inicialmente el desempleo efectivo porque el distanciamiento implica que muchas personas no trabajan, lo que eleva la cifra máxima a 8 millones de personas sin trabajo efectivo.

No obstante, la recuperación hace que el efecto total sobre el empleo se modere, llevando a una pérdida promedio de 2,9 millones. Por supuesto, estas cifras indican que el gobierno debe dirigir sus esfuerzos a esas personas, proporcionándoles un medio de vida para superar la crisis. Esto da una idea de la magnitud del esfuerzo de asistencia que el gobierno tiene que emprender para mitigar los efectos de la crisis. En la tabla 2 se resumen los efectos mencionados.

Tabla 2. **Efectos totales**

Variable	Escenario			
	Sin intervención	Política alta efectividad	Política ineficiente por costos	Política ineficiente por resultados de salud
Variación del PIB 2020	-6,30%	-7,60%	-9,10%	-9,60%
Empleo perdido promedio	1526	2871	3548	3747
Pérdida máxima de empleo	3157	7936	9061	9336
Efectividad		51,9%	51,9%	79,7%

Fuente: cálculos de los autores.

Conclusiones

Las medidas de distanciamiento social son indudablemente necesarias para contener la propagación del virus. Sin embargo, sus efectos adversos en la actividad económica son intensos y crecientes: su prolongación agrava la situación de los grupos sociales más vulnerables, que obtienen su sustento de actividades informales, y pone en peligro la estructura productiva, lo que provoca quiebras y profundas dislocaciones de las cadenas de producción. Esto, por supuesto, crea inmensos desafíos para la administración pública, que debe sopesar adecuadamente los beneficios y los costos, y garantizar que esos grupos sociales vulnerables, cuya voz es débil, no experimenten un sufrimiento excesivo.

Se trata, pues, de imponer medidas de distanciamiento eficaces, que reduzcan el contagio, pero que, en lo posible, no perjudiquen gravemente la actividad productiva, concentrando los esfuerzos en normas restrictivas de los contactos sociales no productivos. Adicionalmente, por supuesto, implementar protocolos rigurosos, que aseguren la detección oportuna de riesgos y una muy baja exposición al contacto en las actividades productivas. El objetivo es mitigar los costos futuros que la sociedad tendrá que pagar por la destrucción de su capacidad de generar riqueza y bienestar, centrándose en medidas inteligentes de distanciamiento y detección temprana, que permitan contener el contagio de manera eficiente.

Referencias

- Calvo, G. A. (1983). Staggered prices in a utility-maximizing framework. *Journal of Monetary Economics*, 12(3), 383-398. [https://doi.org/10.1016/0304-3932\(83\)90060-0](https://doi.org/10.1016/0304-3932(83)90060-0)
- Christiano, L. J., Eichenbaum, M., & Evans, C. L. (2005). Nominal rigidities and the dynamic effects of a shock to monetary policy. *Journal of Political Economy*, 113(1), 1-45. <https://doi.org/10.1086/426038>
- Christiano, L. J., Eichenbaum, M. S., & Trabandt, M. (2018). On DSGE models. *Journal of Economic Perspectives*, 32(3), 113-140. <https://doi.org/10.1257/JEP.32.3.113>
- Clarida, R., Gali, J., & Gertler, M. (1999). The science of monetary policy: a new Keynesian perspective. *Journal of Economic Literature*, 37(4), 1661-1707. <https://doi.org/10.1257/JEL.37.4.1661>
- Costa, C. J. (2016). *Understanding DSGE models: theory and applications*. São Paulo: Vernon Press. Recuperado de <https://books.google.com.ec/books?id=rPI-gvgaacaaj>
- Eichenbaum, M. S., Rebelo, S., & Trabandt, M. (2020). *The macroeconomics of epidemics*. Cambridge: National Bureau of Economic Research. <https://doi.org/10.3386/W26882>
- Kermack, W. O., & Mckendrick, A. G. (1927). A contribution to the mathematical theory of epidemics. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Mathematical and Physical Character*, 115(772), 700-721. <https://doi.org/10.1098/rspa.1927.0118>
- Kydland, F. E., & Prescott, E. C. (1982). Time to build and aggregate fluctuations. *Econometrica*, 50(6), 1345-1370. <https://doi.org/10.2307/1913386>
- Smets, F., & Wouters, R. (2003). An estimated dynamic stochastic general equilibrium model of the euro area. *Journal of the European Economic Association*, 1(5), 1123-1175. <https://doi.org/10.1162/154247603770383415>
- Smets, F., & Wouters, R. (2007). Shocks and frictions in US business cycles: a bayesian DSGE approach. *American Economic Review*, 97(3), 586-606. <https://doi.org/10.1257/AER.97.3.586>

