

# Políticas de cuarenta para enfrentar el COVID-19 en países en desarrollo

José Ignacio López\*

26 de mayo de 2020

## Resumen

Este trabajo analiza las restricciones a la actividad económica (cuarentenas y políticas de contención) de países emergentes como respuesta al COVID-19 extendiendo el modelo de Eichenbaum et al. (2020), incorporado diferentes niveles de ingreso y un nivel mínimo de subsistencia (preferencias Stone-Geary). Cuando el ingreso de un país es cercano al nivel de subsistencia restricciones a la actividad económica aumentan de forma significativa la utilidad marginal del consumo y el beneficio del trabajo, haciendo que dichas restricciones sean más costosas en términos de bienestar. Un modelo calibrado para una economía emergente (con un ingreso per capita anual de US\$5.000) sugiere que la restricciones deben ser 50 % inferiores a las de un país con niveles de ingreso alto (US\$50.000) durante el primer año después del inicio de la epidemia. En una economía en desarrollo la restricción óptima a la actividad económica no supera el 40 %, mientras en una desarrollada alcanza hasta el 70 %. Las menores restricciones implican una caída de 55 % menor en el consumo agregado de la economía emergente en relación a la desarrollada y un pico de contagio más alto de 4,36 % como porcentaje de la población en lugar de 3,22 %. Si se modifica el modelo para capturar diferencias en la capacidad hospitalaria de las dos economías, la política óptima es similar, pero el país emergente introduce y relaja las restricciones más rápido que el desarrollado.

Palabras claves: COVID-19, política de contención, consumo de subsistencia

---

\*Director Ejecutivo Investigaciones Económicas Corficolombiana; Correo electrónico: [jose.lopez@corficolombiana.com](mailto:jose.lopez@corficolombiana.com). . Todos los errores son exclusivos del autor y no comprometen ninguna de las instituciones a las cuales está vinculado. Primera versión abril 17 de 2020. Para versiones actualizadas ver: [https://www.joseignaciolopez.com/uploads/1/1/1/2/11122781/lopez\\_2020\\_restricciones\\_emergentes.pdf](https://www.joseignaciolopez.com/uploads/1/1/1/2/11122781/lopez_2020_restricciones_emergentes.pdf)

# 1. Introducción

Mientras el COVID-19 sigue su expansión, los gobiernos a nivel mundial tratan de descifrar la mejor respuesta de políticas públicas no solo en materia de salud pública, sino también económica. A falta de una vacuna o un tratamiento efectivo comprobado, la recomendación de política universal ha sido el distanciamiento social para reducir la propagación de la enfermedad y aplanar la curva de contagio. El distanciamiento social como fórmula para reducir la velocidad de propagación de la epidemia, ha llevado a muchos países a tomar la decisión de imponer cuarentenas. Esta restricción a la interacción personal tiene un costo evidente en lo económico.

Este trabajo extiende el modelo de [Eichenbaum et al. \(2020\)](#) para analizar la política óptima de contención de un país emergente en relación a un país desarrollado. Para tal fin utiliza el modelo epidemiológico clásico SIR propuesto por [Kermack and McKendrick \(1927\)](#), pero modificado para que la tasa de contagio y la evolución de la epidemia estén en función del nivel de actividad económica. Adicionalmente, el modelo incorpora un nivel mínimo de subsistencia en el país emergente y discute como las políticas de contención y los resultados económicos asociados a dichas políticas varían de acuerdo al nivel de ingreso de la economía. El nivel de subsistencia captura el nivel mínimo de ingreso vital de un trabajador promedio y captura las fallas en los sistemas de protección social en los países emergentes.

Los agentes en el modelo entienden que el consumo de bienes y la actividad laboral los exponen al contagio de la enfermedad. No obstante, su decisión de consumo y oferta laboral no es socialmente eficiente porque las personas no internalizan que sus decisiones afectan la tasa de infección de toda la economía. Como en el trabajo de [Eichenbaum et al. \(2020\)](#), el equilibrio descentralizado, donde cada agente económico toma sus decisiones, no es Pareto óptimo, lo cual da espacio para una intervención que, mediante restricciones a la actividad económica, como una cuarentena, mejore el bienestar social. Estas restricciones son modeladas de forma reducida como impuestos al consumo <sup>1</sup>

Un primer resultado del modelo que aquí se presenta es que este problema de externalidad negativa de las decisiones individuales de consumo y oferta laboral se exagera en la medida que un país tiene un nivel de ingreso inferior y un nivel de subsistencia positivo. El equilibrio descentralizado en un país de ingresos altos lle-

---

<sup>1</sup>En el modelo los impuestos al consumo son equivalentes a impuestos a la renta laboral

va a que los agentes reduzcan su consumo y horas de trabajo en 4,58 % durante el primer año de la epidemia, mientras que en un país emergente las decisiones individuales de los agentes solo reducen el consumo y la oferta laboral en 2,35 % durante el mismo periodo. Un segundo resultado es que el nivel de restricción a la actividad económica óptimo en un país emergente es aproximadamente la mitad al de un país desarrollado, lo que lleva a una reducción en el consumo agregado bajo la política óptima de cuarentena de 9,25 % durante el primer año, en lugar de la contracción de 16,68 % en un país desarrollado. Este resultado sugiere que, en abstracción de consideraciones éticas ausentes del modelo, la intensidad y extensión de las restricciones de cuarentena de los países emergentes debe ser inferior a los de países desarrollados. También sugiere que es políticamente costoso para un gobierno de un país emergente adoptar las mismas política de contención que las de países desarrollados, o incluso las óptimas, en la medida que son mucho más restrictivas que las del equilibrio descentralizado. En la medida que los agentes de las economías emergentes tienen niveles de ingreso cercanos al nivel de subsistencia, exhiben una utilidad marginal del consumo arbitrariamente grande (infinita) como resultado de las medidas de contención que reducen el consumo. A menor nivel de ingreso la curvatura en la función de utilidad aumenta el costo en bienestar de las medidas restrictivas. Por esta razón las medidas de contención de la enfermedad tienen en el modelo un costo de bienestar más alto para las economías con menores ingresos.

Medidas más laxas tienen como resultado en el modelo una tasa de contagio más alta. Sin ningún tipo de restricciones el pico de infección es de 5,79 %. En el caso de la política óptima el pico para un país emergente es de 4,36 %, mientras para un país desarrollado es 3,22 %. Es importante mencionar que muchos de los parámetros que gobiernan la dinámica de la epidemia, como la tasa de mortalidad, la tasa de contagio en el largo plazo, o la probabilidad de contagio asociado a la actividad económica tienen un alto grado de incertidumbre. Es por esta razón que el escenario base asume que las dos economías analizadas, emergente y desarrollada, tienen los mismos parámetros epidemiológicos y solo difieren en las variables económicas que determinan el nivel de ingreso y las horas de trabajo, como la productividad laboral y la des-utilidad de las horas de trabajo. Fijar los parámetros epidemiológicos iguales en las dos economías, permiten aislar el efecto económico y analizar de forma comparativa los resultados, a pesar de que la dinámica de la enfermedad y la economía en cada país no logre replicar de forma precisa los datos observados para un país en

particular.

Adicionalmente, el modelo que aquí se presenta abstrae varios instrumentos de política que pueden mitigar los resultados encontrados. Transferencias monetarias y una ampliación de la red de protección social pueden aliviar la situación de los trabajadores de países emergentes de tal forma que el costo en términos de bienestar de las restricciones sea menor. Por otro lado, el modelo no cuenta con diferentes tipos de actividades, donde el gobierno pueda hacer transferencias de los sectores menos perjudicados a los más afectados, mejorando el bienestar de los agentes, dado unos niveles de restricción a la actividad económica. El modelo también abstrae de temas relevantes como respuestas de política monetaria, fiscal, financiamiento de empresas, mercados financieros y bancarrotas, así como políticas de mitigación del efecto adverso a la actividad económica usando pruebas (test) de forma masiva.

Como se mencionó anteriormente, la calibración del bloque epidemiológico del modelo es idéntica para los dos niveles de ingreso estudiados, emergente y desarrollado, ignorando diferencias en las estructuras etáreas. Países de menores ingresos tienden a tener población más jóvenes, y por tanto deberían tener tasas de mortalidad más baja frente al COVID-19. Una extensión en esta dimensión debería mejorar la capacidad del modelo a la hora de reproducir la curva de contagios de un país en particular, pero no las conclusiones más importantes de este trabajo.

El modelo epidemiológico de base está calibrado bajo el supuesto de que sin ningún tipo de restricción el 60 % de la población se contagia de la enfermedad. La caída en la actividad económica, que en el modelo se produce porque los agentes simultáneamente reducen su consumo y oferta laboral, logra reducir el nivel de contagio de largo plazo. La calibración de los parámetros que controlan la probabilidad de contagio, sigue el trabajo de [Ferguson et al. \(2006\)](#), donde para el caso de la influenza se señala que 30 % del contagio ocurre en el hogar, 33 % en actividades generales, que se pueden interpretar como consumo, y 37 % en escuelas y lugares de trabajo. Es posible que con el COVID-19 estas probabilidades sean distintas y las restricciones de actividad económica sean más efectivas, haciendo que la fracción de contagios en el largo plazo sea inferior y la curva sea aplane más debido a las políticas de contención.

Finalmente, el ejercicio del modelo base es comparado con uno donde la tasa de mortalidad es una función convexa del número de personas contagiadas. Para este caso se asume que el país emergente tiene una capacidad hospitalaria inferior y por

ende la tasa de mortalidad es más alta que un país desarrollado en la medida que aumenta la infección. En este escenario alternativo, las políticas de contención de las dos economías son más similares, pero el país emergente impone restricciones más fuertes de manera más temprana y también las relaja de forma más rápida. En este caso la política de contención del país emergente es 90 % más laxa y no 50 % como en el caso base. A pesar de la similitud en restricciones, la mortalidad asociada a la enfermedad en el país emergente es 27 % superior a la del país desarrollado, debido a la menor capacidad de atención del sistema de salud.

## 2. Literatura relacionada

Dado el choque económico adverso asociado a las medidas para enfrentar el COVID-19 y sus costos en términos de vidas y de recursos del sector de la salud, ha habido un número creciente de trabajos sobre el tema. [Atkeson \(2020b\)](#) estima un modelo SIR para Estados Unidos, basado en el trabajo seminal de [Kermack and McKendrick \(1927\)](#), para simular la tasa de contagio del Coronavirus en dicho país. [Eichenbaum et al. \(2020\)](#) extiende el modelo SIR para estudiar la dinámica conjunta de la epidemia y la interacción social resultado del consumo y el trabajo. [Berger et al. \(2020\)](#) analiza el efecto de cuarentena y la posibilidad de hacer pruebas masivas en la población en términos de variables económicas y de salud pública. [Guerrieri et al. \(2020\)](#) estudia el efecto de choques de oferta en un modelo con múltiples sectores y sus efectos en la demanda agregada. Por su parte, [Alvarez et al. \(2020\)](#) estudia la solución óptima de un planificador para el tipo y extensión de cuarentena. [Atkeson \(2020a\)](#) analiza con base en un modelo teórico cuál es la tasa de mortalidad asociada al COVID-19.

## 3. Modelo

El modelo sigue la estructura base del modelo [Eichenbaum et al. \(2020\)](#) que se basa en el modelo SIR de [Kermack and McKendrick \(1927\)](#) donde la población está dividida en cuatro grupos: susceptibles (S), contagiados o infectados (I), recuperados (R) y críticos o muertos (D).

### 3.1. Bloque epidemiológico

El número de nuevos contagios en cada periodo de tiempo está determinado por  $T_t$ , y depende de la interacción entre agentes susceptibles y contagiados. No todos los contagios son resultado de actividad económica, así que hay una probabilidad de infección que es independiente del nivel de actividad económica.

El numero de nuevos contagios está definido por la siguiente ecuación:

$$T_t = \pi_{s1} \left( S_t C_t^S \right) \left( I_t C_t^I \right) + \pi_{s2} \left( S_t N_t^S \right) \left( I_t N_t^I \right) + \pi_{s3} S_t I_t \quad (1)$$

donde  $S_t$  es el número (fracción) de personas susceptibles,  $C_t^S$  es el consumo total de dichos agentes y  $N_t^S$  son sus horas agregadas de trabajo. Por su parte  $I_t$  es el número (fracción) de personas infectadas,  $C_t^I$  es su consumo y  $N_t^I$  sus horas de trabajo. Las probabilidades  $\pi_{s1}$  y  $\pi_{s2}$  muestran el contagio relacionado con la actividad económica, consumo y trabajo, mientras  $\pi_{s3}$  es la probabilidad de contagio relacionada con otras actividades sociales. El modelo clásico SIR supone que  $\pi_{s1} = \pi_{s2} = 0$ .

El número de personas susceptibles evoluciona de acuerdo al número de nuevos contagios de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$S_{t+1} = S_t - T_t. \quad (2)$$

Por su parte, la fracción de personas infectadas en la economía sigue la siguiente dinámica:

$$I_{t+1} = I_t + T_t - (\pi_r + \pi_d) I_t \quad (3)$$

donde  $\pi_r$  es la probabilidad de recuperarse y  $\pi_d$  es la probabilidad de que la persona evolucione hacia un estado crítico o muerte. El numero de recuperados de la economía evoluciona de acuerdo con:

$$R_{t+1} = R_t + \pi_r I_t. \quad (4)$$

Finalmente, el numero de personas muertas y la población ( $P_t$ ) siguen la siguiente dinámica:

$$D_{t+1} = D_t + \pi_d I_t \quad (5)$$

$$P_{t+1} = P_t - \pi_d I_t \quad (6)$$

donde la población inicial del país se normaliza a uno, de tal forma que todas las variables están en relación a la población antes de la pandemia.

Para darle inicio a la infección se asume una tasa inicial de contagio que puede pensarse como el número de contagios iniciales proveniente de otro país:

$$I_0 = \varepsilon \quad (7)$$

$$S_0 = 1 - \varepsilon \quad (8)$$

## 3.2. Bloque económico

Cada tipo de agente, con excepción de las personas en estado crítico, optimizan su función de utilidad intertemporal que depende del nivel de consumo y las horas de trabajando, tomando en cuenta la restricción de presupuesto y la probabilidad ya sea de contagiarse, recuperarse o morir.

### 3.2.1. Personas susceptibles

La utilidad intertemporal de una persona susceptible,  $U_t^s$ , está dada por:

$$U_t^s = u(c_t^s, n_t^s) + \beta \left[ (1 - \tau_t) U_{t+1}^s + \tau_t U_{t+1}^i \right] \quad (9)$$

donde  $c_t^s$  y  $n_t^s$  representa el consumo individual de un agente susceptible,  $\beta$  es la tasa de descuento o factor de impaciencia,  $U_{t+1}^i$  es la utilidad de una persona contagiado por el virus, y  $\tau_t$  es la probabilidad de que un agente susceptible se contagie:

$$\tau_t = \pi_{s1} c_t^s \left( I_t C_t^I \right) + \pi_{s2} n_t^s \left( I_t N_t^I \right) + \pi_{s3} I_t. \quad (10)$$

Es importante hacer la distinción entre la probabilidad de que un individuo susceptible se contagie, dada por la ecuación anterior, al número total de casos nuevos de contagio determinado por la ecuación (1).

La función de utilidad instantánea  $u(c_t^s, n_t^s)$  está dada por:

$$u(c_t^s, n_t^s) = \log(c_t^s - \bar{c}) - \frac{\theta}{2} (n_t^s)^2 \quad (11)$$

donde  $\bar{c}$  es el nivel de subsistencia de consumo y por tanto las preferencias de los

agentes son no homotéticas y del tipo Stone-Geary. Por simplicidad asumimos que las preferencias frente al consumo son logarítmicas, lo que implica un elasticidad intertemporal de sustitución unitaria, y una des-utilidad de trabajar donde la elasticidad Frisch de la oferta laboral es también unitaria.  $\theta$  determina el nivel de des-utilidad y se fija para que el número de horas de trabajo a la semana sea consistente con los datos.

La restricción presupuestal de los agentes está dada por:

$$(1 + \mu_c) c_t^s = w_t n_t^s + \Gamma_t. \quad (12)$$

El trabajo es remunerado por el salario  $w_t$ , que es igual para todos los agentes que trabajan. Las restricciones a la actividad económica están modeladas como impuestos al consumo  $\mu_c$ , que distorsionan los incentivos al trabajo. Se asumen que los impuestos que el gobierno recauda se le devuelven a los hogares en formas de transferencias de suma fija  $\Gamma_t$ .

El problema de optimización de los agentes susceptibles consiste en maximizar la función de utilidad (9), tomando en cuentas las restricciones (10) y (12). Las condiciones de primer orden frente al consumo y las horas de trabajo de este problema son:

$$(c_t^s - \bar{c})^{-1} = (1 + \mu_c) \lambda_{bt}^s - \lambda_{\tau t} \pi_{s1} \left( I_t C_t^I \right) \quad (13)$$

$$\theta n_t^s = w_t \lambda_{bt}^s + \lambda_{\tau t} \pi_{s2} \left( I_t N_t^I \right) \quad (14)$$

donde  $\lambda_{bt}^s$  es el multiplicador de la restricción presupuestal (12) y  $\lambda_{\tau t}$  es el multiplicador de la restricción de contagio (10). La ecuación (13) nos muestra que relajar la restricción de presupuesto tiene un efecto positivo, descontado el impuesto  $\mu_c$ , igual a la utilidad marginal del consumo pero tiene un efecto adicional en la medida que aumenta la probabilidad de contagio. La condición (14) señala que la des-utilidad de trabajar es igual al salario en términos de cuánto relaja la restricción de presupuesto pero también tiene en cuenta el efecto de la probabilidad de contagio.

La condición de optimalidad frente a la probabilidad  $\tau_t$  es:

$$\beta \left( U_{t+1}^i - U_{t+1}^s \right) = \lambda_{\tau t} \quad (15)$$



### 3.2.2. Personas contagiadas

La utilidad intertemporal de una persona contagiada o infectada,  $U_t^i$ , está dada por:

$$U_t^i = u(c_t^i, n_t^i) + \beta \left[ (1 - \pi_r - \pi_d) U_{t+1}^i + \pi_r U_{t+1}^r \right] \quad (16)$$

donde  $c_t^i$  y  $n_t^i$  representa el consumo individual de un agente infectado,  $U_{t+1}^r$  es la utilidad de una persona recuperada después de haber contraído el virus,  $\pi_r$  es la probabilidad de recuperarse de la enfermedad y  $\pi_d$  es la probabilidad de muerte. No sin controversia, el modelo asume que el costo de muerte de una persona, es igual a la utilidad intertemporal que se pierde de una persona con vida véase.<sup>2</sup>

La función de utilidad instantánea para los agentes contagiados es análoga a los susceptibles:

$$u(c_t^i, n_t^i) = \log(c_t^i - \bar{c}) - \frac{\theta}{2} (n_t^i)^2, \quad (17)$$

pero la restricción presupuestal recoge el hecho que una fracción  $1 - \phi^i$  de los trabajadores infectados no puede trabajar y está dada por:

$$(1 + \mu_c) c_t^i = \phi^i w_t n_t^i + \Gamma_t. \quad (18)$$

En este caso  $\phi^i$  representa la fracción de agentes contagiados asintomáticos que pueden seguir con su trabajo en condiciones normales. Las condiciones de primer orden frente al consumo y las horas de trabajo de las personas contagiados son:

$$(c_t^i - \bar{c})^{-1} = (1 + \mu_c) \lambda_{bt}^i \quad (19)$$

$$\theta n_t^i = \phi^i w_t \lambda_{bt}^s \quad (20)$$

donde  $\lambda_{bt}^i$  es el multiplicador de la restricción presupuestal (18).

---

<sup>2</sup>Este supuesto es igual al de Eichenbaum, Rebelo y Trabandt (2020). Véase Hall y Jones (2007) para una discusión al respecto.

### 3.2.3. Personas recuperadas de la enfermedad

La utilidad de una persona recuperada,  $U_t^r$ , está dada por:

$$U_t^r = u(c_t^r, n_t^r) + \beta U_{t+1}^r. \quad (21)$$

La función de utilidad instantánea y la restricción presupuestal está dada por:

$$u(c_t^r, n_t^r) = \log(c_t^r - \bar{c}) - \frac{\theta}{2} (n_t^r)^2, \quad (22)$$

$$(1 + \mu_c) c_t^r = w_t n_t^r + \Gamma_t. \quad (23)$$

Las condiciones de primer orden son iguales a las de un problema sin contagio:

$$(c_t^r - \bar{c})^{-1} = (1 + \mu_c) \lambda_{bt}^r \quad (24)$$

$$\theta n_t^r = w_t \lambda_{bt}^r \quad (25)$$

donde  $\lambda_{bt}^r$  es el multiplicador de la restricción presupuestal (23).

### 3.3. Producción y equilibrio

Se asume un continuo de firmas productivas que operan una tecnología con retornos constantes a escala del único factor de producción de la economía. El bien de consumo ( $C_t$ ) es igual a la producción total de la firmas:

$$C_t = AN_t \quad (26)$$

donde  $A$  es el nivel de productividad de las firmas y  $N_t$  es el número total de horas trabajadas en la economía. La firma representativa de la economía maximiza sus beneficios ( $\Pi_t$ ) tomando como dado el salario de los trabajadores:

$$\Pi_t = AN_t - w_t N_t \quad (27)$$

En equilibrio el salario de los trabajadores es igual a la productividad agregada:

$$A = w_t \quad (28)$$

el mercado de bienes de consumo se equilibra de tal forma que el consumo de cada uno de los tipos de agente es igual a la producción:

$$S_t C_t^S + I_t C_t^I + R_t C_t^R = A N_t \quad (29)$$

las horas de trabajo agregados son iguales a la oferta laboral de cada tipo:

$$S_t N_t^S + \phi^i I_t N_t^I + R_t N_t^R = N_t \quad (30)$$

y la ecuación de presupuesto del gobierno se satisface con igual:

$$\mu_c \left( S_t C_t^S + I_t C_t^I + R_t C_t^R \right) = \Gamma_t (S_t + I_t + R_t) \quad (31)$$

## 4. Simulación

El modelo se simula bajo dos escenarios: el equilibrio descentralizado, donde cada tipo de agente toma sus decisiones de consumo y oferta laboral (ecuaciones 13, 14, 19, 20, 24 y 25) sin restricciones a la actividad económica ( $\mu_{ct} = 0$ ) y el equilibrio óptimo donde se calcula la secuencia de restricciones  $\{\mu_{ct}\}_{t=0}^{249}$  que maximizan el bienestar social en el período inicial, definido como la utilidad de los agentes ponderados por su fracción en la población:

$$U_0 = S_0 U_0^S + I_0 U_0^I \quad (32)$$

### 4.1. Calibración

Los parámetros que gobiernan las probabilidades de muerte, recuperación, la fracción inicial de contagios, la fracción de trabajadores infectados asintomáticos, las probabilidades asociadas a la actividad económica y la tasa de descuento de los hogares son tomados de [Eichenbaum et al. \(2020\)](#) y son iguales para la economía desarrollada y emergente. La calibración para los dos países difiere en la productividad agregada, el nivel mínimo de subsistencia y el parámetro que determina el número de horas de trabajo en estado estacionario. El modelo se calibra y simula usando semanas como unidades de tiempo. El cuadro (1) muestra un resumen de la calibración.

Cuadro 1: Parámetros

Parámetro	Símbolo	Valor	Fuente/Objetivo
Tasa mortalidad infectados semanal	$\pi_d$	0,00194	Tasa mortalidad Corea del Sur
Tasa recuperación infectados semanal	$\pi_r$	0,3869	Atkeson (2020b), 18 días de infección
Tasa contagio consumo semanal	$\pi_{s1}$	$7,84 \times 10^{-8}$	Eichenbaum et al. (2020)
Tasa contagio laboral semanal	$\pi_{s2}$	$1,24 \times 10^{-4}$	Eichenbaum et al. (2020)
Tasa contagio no económico semanal	$\pi_{s3}$	0,3901	Eichenbaum et al. (2020)
Contagio inicial	$\varepsilon$	0,001	Eichenbaum et al. (2020)
Tasa de descuento	$\beta$	0,9992	Tasa interés anual 4 %
Fracción infectados asintomáticos	$\phi^i$	0,8	Centro de control y prevención enfermedades China
Productividad país emergente	$A^e$	2.4038	Ingreso per capita anual de US\$5.000
Des-utilidad trabajo emergente	$\theta^e$	0.00078125	40 horas de trabajo semanales
Productividad país desarrollado	$A^e$	32.051	Ingreso per capita anual de US\$50.000
Des-utilidad trabajo desarrollado	$\theta^e$	0.00111	30 horas de trabajo semanales
Nivel de subsistencia semanal	$\bar{c}$	19.230	Nivel de subsistencia anual de US\$1.000

Es indiscutible que muchos de los parámetros tienen valores con un grado alto de incertidumbre. La tasa de mortalidad de 0,5 % es consistente con la experiencia de Corea del Sur, uno de los países que más pruebas ha hecho como porcentaje de la población. No obstante, persiste la incertidumbre sobre la tasa de mortalidad asociada al COVID-19 y como se mencionó anteriormente, la tasa relevante para un país en particular debe tomar en cuenta a estructura demográfica dado que la tasa de mortalidad varía de forma significativa de la edad de los contagiados. Así mismo, la calibración de las tasas de probabilidad de contagio asociadas con la actividad económica, consumo y trabajo, que son consistentes con casos de influenza de acuerdo al trabajo de Ferguson et al. (2006), podrían bien no aplicar al COVID-19. Estas limitaciones en términos de caracterizar la dinámica epidemiológica de la enfermedad son una restricción a este tipo de ejercicios, pero esta preocupación es mitigada en el ejercicio que aquí se plantea en la medida que los únicos valores diferentes entre las dos economías estudiadas son económicos, de tal forma que valores erróneos en la dinámica de la pandemia los afectan por igual.

## 5. Resultados

El modelo es simulado con frecuencia semanal y se resuelve mediante la conjetura de las horas de trabajo para cada uno de los tipos de agente (S,I,R), e iterando sobre la senda de las horas de trabajo hasta encontrar una asignación de horas y consumo que sean una solución al equilibrio del modelo.

### 5.1. Modelo básico

La figura (1) muestra el consumo y las horas de trabajo para cada tipo de agente en desviaciones porcentuales frente al equilibrio (estado estacionario) antes de la aparición de la pandemia. El primer resultado es que el equilibrio descentralizado, donde no hay restricciones de cuarentena impuestas,  $\mu_c = 0$ , muestra para el caso de la economía emergente una leve disminución del consumo de las personas susceptibles, que alcanza su punto de mayor caída en la semana 36 del 6,02%. Para el caso de la economía desarrollada, el consumo de los trabajadores susceptibles alcanza su punto más bajo en la semana 37 con una caída de 12,37%. Una dinámica similar sigue el consumo agregado, que cae de forma mucho mayor en la economía desarrollada que en la emergente. La política de cuarentena óptima muestra una reducción en la actividad económica mucho más pronunciada, con un consumo agregado cayendo en el punto más crítico a una tasa negativa de 17% en el país emergente y de 28% en el país desarrollado. La mayor caída en el consumo y las horas de trabajo en ambas economías con la política óptima frente al equilibrio descentralizado cuantifica el problema de coordinación social nacido de las externalidades de las decisiones individuales de cada persona en la economía. La política óptima de cuarentena en el país emergente difiere de la solución descentralizada proporcionalmente más que en el país desarrollado. Esto muestra que restricciones de cuarentena incluso más débiles en países emergentes pueden enfrentar una mayor resistencia social e implicar un costo político más alto para los gobiernos.

Figura 1: Simulación del modelo: consumo y horas de trabajo

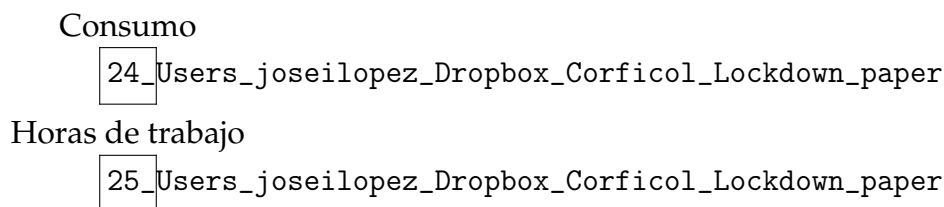
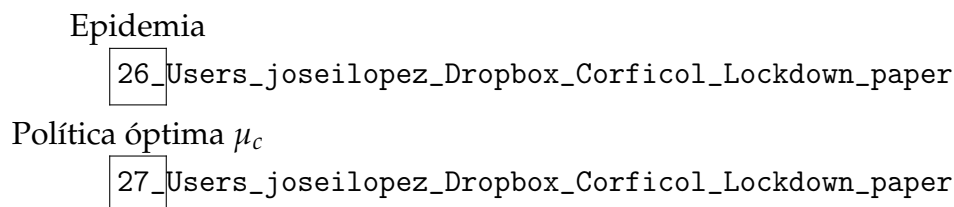


Figura 2: Simulación del modelo: epidemia y política óptima



## 5.2. Modelo con restricciones médicas

Esta sección extiende el modelo base para acomodar la posibilidad de que la probabilidad de muerte depende del número de infectados en la economías. Es bien sabido que la epidemia del COVID-19 puede llevar al límite la capacidad de atención hospitalaria dado un número limitado de unidades de cuidados intensivos y de forma más general de recursos médicos. Para acomodar esta posibilidad y siguiendo a [Eichenbaum et al. \(2020\)](#), modificamos la probabilidad de muerte  $\pi_d$  de la siguiente forma:

$$\pi_{dt} = \pi_d + \kappa I_t^2 \quad (33)$$

El parámetro  $\kappa$  controla la elasticidad de la probabilidad de muerte frente al número de infectados  $I_t$ , que tiene un efecto convexo en la probabilidad de muerte, en la medida que un aumento en los infectados aumenta más que proporcionalmente  $\pi_d$  debido a la saturación de los sistemas de salud. Si  $\kappa$  es igual para países desarrollados o emergentes, la extensión del modelo en esta línea, si bien tiene un efecto en la dinámica del modelo e induce a que la política óptima de cuarentena sea más restrictiva, no altera las conclusiones de la sección anterior en la medida que los países emergentes tendrán restricciones más suaves que los desarrollados. La extensión se

hace interesante si asumimos que los países más ricos tienen mejores sistemas de salud y están mejor preparados en términos de recursos por habitante para atender una epidemia como la del COVID-19. Este supuesto es razonable a pesar que no se cumpla para todas las parejas de combinaciones posibles en la medida que algunas economías emergentes pueden tener una mayor capacidad de respuesta que alguna otra desarrollada. En otras palabras, si bien no hay una estricta monotonicidad entre ingreso por habitante y capacidad hospitalaria, en términos generales si hay una relación clara entre estas dos variables.

No es fácil darle valores al parámetro  $\kappa$ , pero para el ejercicio de comparación se toma 0,9 para el país desarrollado, como en [Eichenbaum et al. \(2020\)](#), y un valor 50 % superior para la economía emergente prototipo:  $\kappa^{emergente} = 0,9 * 1,5 = 1,35$ .

Los resultados de este ejercicio se presentan en las figuras (3) y (4). Como puede verse la introducción asimétrica de una elasticidad de la probabilidad de muerte frente al número de infectados, reduce la distancia entre la política óptima de cuarentena de un país emergente y uno desarrollado. En relación al ejercicio anterior, la política en ambos países es más restrictiva, en la medida que una reducción en la actividad económica tiene un mayor beneficio en términos de menor contagios y muertes. Al comparar la política óptima del país emergente con el desarrollado, se observa que el país emergente, si bien inicia con una restricción menor en las primeras semanas, rápidamente aumenta el nivel de restricciones al punto de hacerlas más fuertes que las del país desarrollado, teniendo un pico anticipado. Una vez alcanzado el punto de mayor nivel de restricciones, el país emergente las relaja de forma más rápida que las de la economías más rica. Durante el primer año de la epidemia, la política de cuarentena promedio para el país desarrollado es 0,58 mientras es de 0,65. Como consecuencia de esas diferencias, la tasa promedio de caída del consumo agregado en el país emergente durante el primer año es de 18,27 %, mientras la del país más rico es de 23 %. El pico de infectados en el país emergente es de 2,71 % mientras en el país desarrollado es de 2,25 %. A pesar de que el nivel de contagio es similar el número de muertes en el país emergente es 27 % superior al de país desarrollado, debido a las diferencias en la capacidad del sistema de salud, representadas por  $\kappa$  en el modelo.

Figura 3: Simulación del modelo: consumo y horas de trabajo

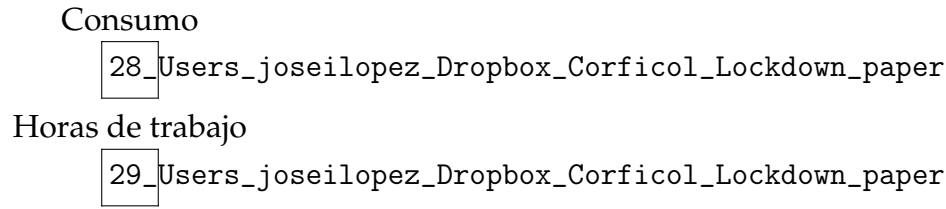
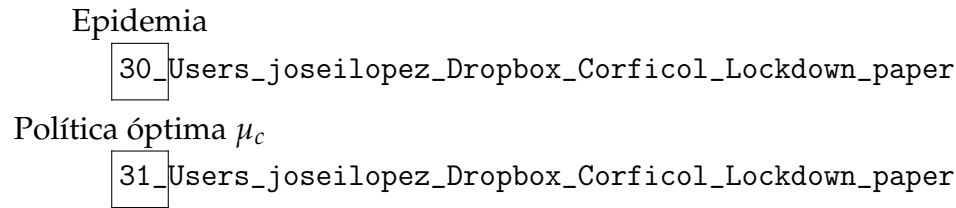


Figura 4: Simulación del modelo: epidemia y política óptima





## Referencias

- Alvarez, F., D. Argente, and F. Lippi (2020). A simple planning problem for covid-19 lockdown. *University of Chicago, Becker Friedman Institute for Economics Working Paper* (2020-34).
- Atkeson, A. (2020a). How deadly is covid-19? understanding the difficulties with estimation of its fatality rate. Technical report, Federal Reserve Bank of Minneapolis.
- Atkeson, A. (2020b). What will be the economic impact of covid-19 in the us? rough estimates of disease scenarios. Technical report, National Bureau of Economic Research.
- Berger, D. W., K. F. Herkenhoff, and S. Mongey (2020). An seir infectious disease model with testing and conditional quarantine. Technical report, National Bureau of Economic Research.
- Eichenbaum, M. S., S. Rebelo, and M. Trabandt (2020). The macroeconomics of epidemics. Technical report, National Bureau of Economic Research.
- Ferguson, N. M., D. A. Cummings, C. Fraser, J. C. Cajka, P. C. Cooley, and D. S. Burke (2006). Strategies for mitigating an influenza pandemic. *Nature* 442(7101), 448–452.
- Guerrieri, V., G. Lorenzoni, L. Straub, and I. Werning (2020). Macroeconomic implications of covid-19: Can negative supply shocks cause demand shortages? Technical report, National Bureau of Economic Research.
- Kermack, W. O. and A. G. McKendrick (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.