

Globalización y Pandemias



Pol Antràs, Stephen J. Redding, Esteban Rossi-Hansberg

Documento de trabajo del NBER No. 27840

Publicado en septiembre de 2020

<https://www.nber.org/papers/w27840>

Traducción Enrique A. Bour

Esta traducción incluye las secciones 1 (Introducción), 6 (Conclusiones) y las Referencias

Desarrollamos un modelo de interacción humana para analizar la relación entre globalización y pandemias. Nuestro marco proporciona microfundamentos conjuntos para la ecuación gravitacional del comercio internacional y el modelo de dinámica de enfermedades Susceptible-Infectado-Recuperado (SIR). Demostramos que existen externalidades epidemiológicas entre países, de tal manera que el que se produzca una pandemia mundial depende de manera crítica del entorno de la enfermedad en el país con tasas más altas de infección nacional. La profundización de la integración mundial puede aumentar o disminuir la gama de parámetros para los que se produce una pandemia, y puede generar múltiples oleadas de infección cuando de otro modo se produciría una sola oleada en la economía cerrada. Si los agentes no internalizan la amenaza de infección, una mayor mortalidad en un país más insalubre aumenta el salario relativo, generando así una forma de distanciamiento social de equilibrio general. Una vez que los agentes internalizan la amenaza de infección, el país más insalubre suele experimentar una reducción de su salario relativo debido al distanciamiento social a nivel individual. La incorporación de esas respuestas a nivel individual es fundamental para generar grandes reducciones en la relación entre comercio y producción e implica que la pandemia tiene efectos sustanciales sobre el bienestar agregado, tanto por las muertes como por la reducción de los beneficios del comercio.

"En cuanto al comercio exterior, no hace falta decir mucho. Las naciones comerciales de Europa nos temían; ningún puerto de Francia, Holanda, España o Italia admitía nuestros barcos o mantenía correspondencia con nosotros." (A Journal of the Plague Year, Daniel Defoe, 1665 <https://www.fulltextarchive.com/page/A-Journal-of-the-Plague-Year/>)

1. Introducción

A lo largo de la historia de la humanidad, la globalización y las pandemias han estado estrechamente entrelazadas. La Peste Negra llegó a Europa en octubre de 1347 cuando doce barcos procedentes del Mar Negro atracaron en el puerto siciliano de Messina - la palabra cuarentena tiene su origen en la palabra italiana para un período de cuarenta días de aislamiento exigido a los barcos y sus tripulaciones durante la pandemia de la Peste Negra. Mucho más recientemente, el 21 de enero de 2020, se presume que las primeras infecciones de humano a humano de COVID-19 en Europa tuvieron lugar en Starnberg (Alemania), cuando un proveedor local de piezas de automóvil (Webasto) organizó una sesión de capacitación con un colega chino de su operación en Wuhan (China). Estos ejemplos no son en absoluto únicos; abundan los relatos de contagio a través de viajes de negocios internacionales. En este documento se estudia la interacción entre las interacciones humanas -motivadas por un mundo económicamente integrado- y la prevalencia y gravedad de las pandemias.

Desarrollamos un marco conceptual para arrojar luz sobre una serie de cuestiones centrales sobre la interacción bidireccional entre comercio y pandemias. ¿Hace un mundo globalizado que las sociedades sean más vulnerables a las pandemias? ¿En qué medida la dinámica de las enfermedades es diferente en economías cerradas y abiertas? ¿Cuáles son las repercusiones de las pandemias en el volumen y las pautas del comercio internacional? ¿Cómo influyen a su vez esos cambios sobre el volumen y las pautas del comercio internacional en la propagación de la enfermedad? ¿En qué medida hay externalidades entre las políticas sanitarias de los distintos países en un equilibrio de economía abierta? ¿Tendrá la amenaza de futuras pandemias un impacto permanente sobre la naturaleza de la globalización?

Nuestro marco conceptual combina el modelo canónico de comercio internacional desde el punto de vista económico (ecuación gravitacional) con el modelo seminal de propagación de enfermedades infecciosas desde el punto de vista epidemiológico (el modelo Susceptible-Infectado-Recuperado o SIR). Proporcionamos microfundamentos conjuntos para estas relaciones en una única teoría subyacente en la que tanto el comercio internacional como la propagación de enfermedades son impulsados por interacciones humanas. Mediante la modelización conjunta de estos dos fenómenos, ponemos de relieve una serie de interrelaciones entre ambos. Por una parte, la tasa de contacto entre individuos, que es un parámetro central en los modelos epidemiológicos de referencia, es endógena en nuestro marco y responde tanto a fuerzas económicas (por ejemplo, los beneficios del comercio internacional) como

a la dinámica de la pandemia (por ejemplo, el riesgo sanitario percibido asociado a los viajes al exterior). Por otra parte, estudiamos la forma en que la aparición de una pandemia y el riesgo percibido de futuros brotes conforman la dinámica del comercio internacional, y las ganancias netas del comercio internacional una vez que se tiene en cuenta el número de muertos por la pandemia.

Consideramos un escenario económico - descrito en la sección 2 - en el que los agentes de cada país consumen variedades diferenciadas y eligen las medidas de estas variedades para abastecerse en el país y en el extranjero. Suponemos que el abastecimiento de variedades es costoso, tanto en lo referente a costos fijos de reunirse con otros agentes que venden variedades - una actividad que implica viajes internos o internacionales - como a costos variables de envío de variedades. En este entorno, las medidas de las variedades obtenidas en el país y en el extranjero están determinadas endógenamente por fricciones comerciales, el tamaño de los países y el estado de una pandemia, lo que determina la intensidad con la que los agentes se reúnen. Si un agente sano (susceptible) se encuentra con otro infectado, la probabilidad de que la enfermedad se transmita entre ellos depende del entorno epidemiológico local en que tenga lugar el encuentro. Este riesgo de contagio asociado al entorno epidemiológico local está a su vez determinado por el clima local, por las normas sociales y culturales locales y también por las políticas sanitarias locales. Por lo tanto, dado que los agentes nacionales se reúnen con otros agentes en el país y en el extranjero, la tasa de contagio de la enfermedad depende no sólo de sus políticas sanitarias nacionales sino también de las del extranjero.

Para desarrollar la intuición, comenzamos en las secciones 3 y 4 suponiendo que la infección no afecta la capacidad de los agentes de producir y comerciar, y que los agentes no son conscientes de la amenaza de la infección, lo que implica que no tienen un incentivo para alterar su comportamiento individual (aunque, en la sección 4, permitimos que la pandemia ocasione muertes). En tal caso, mostramos que las interacciones humanas y los flujos comerciales se caracterizan por ecuaciones gravitatorias que presentan características de origen, de destino y medidas de fricciones comerciales bilaterales. Utilizando estas ecuaciones gravitatorias, demostramos que los beneficios en materia de bienestar derivados del comercio pueden escribirse en términos de ciertos estadísticos suficientes, a saber, la proporción de comercio interno, el cambio en la población de un país (es decir, las defunciones) que puede atribuirse a la integración comercial, y parámetros del modelo. Esto es similar a la célebre fórmula de Arkolakis y otros (2012) para las ganancias derivadas del comercio, pero la forma en que la participación del comercio se traduce en cambios de bienestar depende ahora de una gama más amplia de parámetros del modelo que la elasticidad convencional del comercio con respecto a esos costos. Estas ecuaciones gravitatorias también determinan la dinámica de la pandemia, que adopta una forma similar a las del modelo SIR multigrupos, pero en el que la intensidad de las interacciones entre distintos grupos está determinada endógenamente por el comercio internacional y puede evolucionar en el curso del brote de la enfermedad debido a efectos de equilibrio general. Observamos que la dinámica de la enfermedad

difiere sistemáticamente entre el caso de una economía abierta y el de una economía cerrada. En particular, en una economía abierta, la condición para que una pandemia sea autosostenible (es decir, $R^{Abierto}_o > 1$, donde $R^{Abierto}_o$ es el número básico de reproducción mundial) depende en forma crítica del entorno epidemiológico del país con mayores tasas de infección doméstica.

Demostramos que la globalización y las pandemias interactúan de diversas formas sutiles. En primer lugar, demostramos que la dinámica de la enfermedad se ve significativamente afectada por el grado de apertura comercial. Más concretamente, demostramos que la disminución de cualquier fricción en el comercio internacional o en la movilidad reduce las tasas de encuentro entre agentes de un mismo país y aumenta las tasas de encuentro entre agentes de diferentes países. Si los países son suficientemente simétricos en todos los aspectos, la disminución de cualquier fricción (simétrica) en el comercio internacional también conduce a un aumento general del número total de interacciones humanas (internas y externas). En consecuencia, cuando los países son suficientemente simétricos, la disminución de cualquier fricción comercial internacional (simétrica) aumenta la gama de parámetros para los que se produce una pandemia mundial. Más precisamente, aunque una epidemia no sea autosostenible en ninguno de los dos países simétricos en la economía cerrada (porque $R^{Cerrado}_o < 1$), puede serlo en una economía abierta ($R^{Abierto}_o > 1$), debido a la mayor tasa de interacciones entre agentes en la economía abierta.

En cambio, si los países son suficientemente diferentes entre sí en cuanto a algunos de sus parámetros epidemiológicos primitivos (es decir, el componente exógeno de la tasa de infección o la tasa de recuperación de la enfermedad), la disminución de cualquier fricción en el comercio internacional puede tener el efecto contrario de disminuir la gama de parámetros para los que se produce una pandemia mundial. Ello se debe a que la condición para que la pandemia se mantenga en la economía abierta depende fundamentalmente de la tasa interna de infecciones del país con el peor entorno de enfermedad. Por ello, cuando un país tiene un entorno de enfermedad mucho peor que el otro, la liberalización del comercio puede reducir la proporción de interacciones de ese país que se producen en ese entorno de enfermedad peor, con lo que la economía mundial queda por debajo del umbral para que una pandemia sea autosostenible para el mundo en su conjunto. Por lo tanto, en este caso, además del efecto negativo sobre los ingresos, el endurecimiento de las restricciones comerciales o de la movilidad puede empeorar la propagación de la enfermedad en todos los países, incluido el relativamente sano.

En términos más generales, cuando se produce una pandemia en la economía abierta, mostramos que sus propiedades son influidas por los entornos de la enfermedad en todos los países, y puede mostrar una dinámica significativamente más rica que en el modelo SIR estándar de economía cerrada. Por ejemplo, incluso sin confinamientos, pueden producirse múltiples oleadas de infección en la economía abierta, cuando en la economía cerrada sólo habría una sola oleada en cada país.

Todos los resultados discutidos hasta ahora se mantienen incluso en un entorno en el que la pandemia no causa muertes (o los individuos muertos son reemplazados inmediatamente por los recién nacidos). Cuando permitimos en la sección 4 que la pandemia cause muertes y por lo tanto una disminución de la población, obtenemos efectos adicionales de equilibrio general. En este caso, por ejemplo, un país con un entorno de enfermedad peor tiende a experimentar una mayor reducción de la población y de la oferta de mano de obra, lo que a su vez conduce a un aumento de su salario relativo. Este aumento salarial reduce la proporción de interacciones ocurridas en el mal entorno de la enfermedad de ese país, y aumenta la proporción que se produce en los mejores entornos de la enfermedad, lo que de nuevo puede llevar a la economía mundial por debajo del umbral para que una pandemia sea autosostenible. Por consiguiente, los efectos de equilibrio general de la pandemia en los salarios y las pautas comerciales inducen una forma de "distanciamiento social de equilibrio general" respecto de los entornos de enfermedades graves que funciona incluso en ausencia de un distanciamiento social intencional motivado por los riesgos sanitarios.¹

En la sección 5, permitimos a los individuos internalizar la amenaza de infección y ajustar óptimamente su comportamiento dependiendo del estado observado de la pandemia. Al igual que en trabajos recientes (véase Farboodi et al., 2020), resulta útil suponer que los agentes no están seguros de su propio estado de salud, y simplemente infieren su riesgo para la salud a partir de los porcentajes de la población de su país con un estado de salud diferente (algo que pueden inferir a partir de los datos sobre muertes relacionadas con la pandemia). Técnicamente, esto convierte el problema al que se enfrentan los agentes en un problema dinámico de control óptimo en el que el número de variedades que los agentes se originan en cada país responde directamente a la gravedad relativa de la enfermedad en cada uno de ellos. Como en los recientes modelos de distanciamiento social de economía cerrada (como Farboodi y otros, 2020, o Toxvaerd y otros, 2020), estas respuestas conductuales reducen las interacciones humanas y, por lo tanto, tienden a aplanar la curva de infecciones. En contraste con estas configuraciones de economía cerrada, estas respuestas de comportamiento tienen ahora implicancias en el equilibrio general internacional. En ambos países, los agentes desvían sus interacciones del país relativamente poco saludable, lo que provoca grandes caídas en la relación entre comercio e ingresos en el país relativamente más saludable. Esta reorientación de interacciones reduce la demanda relativa de bienes del país insalubre, lo que a su vez reduce su salario relativo, teniendo así el efecto contrario a la reducción de su oferta relativa de mano de obra por una mayor mortalidad. Dependiendo del momento en que se produzca la ola de infecciones en cada país, el país que tenga más infecciones que otro podrá cambiar en el curso de la pandemia, invirtiendo así esta pauta de cambios en la apertura comercial y los salarios relativos a lo largo del tiempo. Demostramos que la introducción de estas respuestas a nivel individual es fundamental para

¹ Efectos similares operarían si las infecciones redujeran la productividad de los agentes en el mercado laboral, además de sus efectos sobre la mortalidad.

generar grandes reducciones en la relación entre el comercio y la producción e implica que la pandemia tiene efectos sustanciales en el bienestar agregado, tanto por las muertes como por la reducción de los beneficios derivados del comercio.

Por último, consideramos una extensión de nuestro marco dinámico en el que hay costos de ajuste por establecer las interacciones humanas necesarias para sostener el comercio. En presencia de estos costos de ajuste, los hogares reaccionan de forma menos agresiva a la pandemia y su reacción es más suave, lo que conduce a una pandemia más rápida y grave con un mayor número total de muertes, pero con reducciones temporales menos pronunciadas en ingresos reales y comercio. Al decidir acumular contactos, los hogares anticipan ahora los costos que supone el ajuste de esos contactos durante una pandemia, aunque en la práctica, con costos de ajuste simétricos, encontramos que esos efectos anticipatorios son insignificantes.

A lo largo del documento, utilizamos como base una economía con dos países en los que los agentes pueden interactuar a través de las fronteras pero están sujetos a fricciones comerciales y migratorias. La mayoría de nuestros resultados pueden extenderse fácilmente a contextos con múltiples regiones o incluso a un continuo de ellas. Nos concentramos en el comercio internacional como nuestra principal aplicación debido a la estrecha relación entre comercio y pandemias a lo largo de la historia de la humanidad. No obstante, estas extensiones podrían utilizarse para estudiar de forma flexible interacciones entre regiones dentro de países o vecindarios de una ciudad. En última instancia, la decisión de qué tiendas frecuentar en una ciudad, y cómo estas decisiones afectan a la dinámica local de la enfermedad, está determinada por muchas de los mismos trade-offs económicos que estudiamos en un contexto internacional en este documento.

Nuestro trabajo se conecta con varias líneas de investigación existentes. Dentro de la bibliografía sobre comercio internacional, nos basamos en la voluminosa bibliografía sobre ecuaciones gravitatorias, que incluye, entre muchos otros, los trabajos de Anderson (1979), Anderson y Van Wincoop (2003), Eaton y Kortum (2003), Chaney (2008), Helpman y otros (2008), Arkolakis (2010), Allen y Arkolakis (2014), y Allen y otros (2020). Al igual que en la obra de Chaney (2008) y Helpman y otros (2008), las fricciones del comercio internacional afectan tanto al margen extensivo como al intensivo de comercio, pero nuestro modelo presenta una selección en materia de importación en lugar de una selección en materia de exportación (como en Antràs y otros, 2017) y, lo más importante, hace hincapié en las interacciones humanas entre compradores y vendedores. En este último aspecto, nos conectamos con el trabajo sobre difusión de información en redes, que ha sido aplicado a un contexto comercial por Chaney (2014). Al endosar la interacción entre globalización y pandemias, estudiamos la naturaleza y el tamaño de las pérdidas de bienestar inducidas por el comercio y asociadas a la transmisión de enfermedades, contribuyendo así a la muy activa bibliografía reciente sobre cuantificación de los beneficios del comercio internacional (véase, por ejemplo, Eaton y Kortum, 2002, Arkolakis y otros, 2012, Melitz y Redding, 2014, Costinot y Rodríguez-Clare, 2015, Ossa, 2015).

Aunque nuestro modelo es ciertamente abstracto, creemos que capta el rol de los viajes de negocios internacionales en la lubricación de las ruedas del comercio internacional. Con esta interpretación, nuestro modelo se conecta con una literatura empírica que ha estudiado el papel de esos viajes en la facilitación del comercio internacional (véase Cristea, 2011, Blonigen y Cristea, 2015, y Startz, 2018), y más en general, en el fomento del desarrollo económico (véase Hovhannisyan y Keller, 2015, Campante y Yanagizawa-Drott, 2018). Nuestro sencillo modelo microfundado de comercio a través de la interacción humana proporciona una racionalización natural para una ecuación gravitacional en el comercio internacional y muestra cómo diferentes tipos de fricciones comerciales afectan a los márgenes de comercio extensivos e intensivos.

Nuestro trabajo también se basa en bibliografía que desarrolla modelos epidemiológicos de propagación de enfermedades, comenzando con el trabajo fundamental de Kermack y McKendrick (1927, 1932). Más concretamente, nuestro modelo SIR multipaís comparte muchas características con otros modelos multigrupo de transmisión de enfermedades, como en los trabajos, entre otros, de Hethcote (1978), Hethcote y Thieme (1985), van den Driessche y Watmough (2002), y Magal et al. (2016).² Una diferencia clave es que la interacción entre los grupos está determinada endógenamente por la estructura gravitatoria del comercio internacional. La reciente pandemia COVID-19 ha desencadenado una notable explosión de trabajos de economistas que estudian la propagación de la enfermedad (véase, por ejemplo, Fernández-Villaverde y Jones, 2020) y exploran las implicancias de varios tipos de políticas (véase, por ejemplo, Álvarez y otros, 2020, Acemoglu y otros, 2020, Atkeson, 2020, o Jones y otros, 2020). En esta literatura, algunos trabajos han explorado la dimensión espacial de la pandemia COVID-19 mediante la simulación de modelos SIR multigrupo-aplicados a diversos contextos urbanos y regionales (véanse, entre otros, Argente y otros, 2020, Bisin y Moro, 2020, Cuñat y Zymek, 2020, Birge y otros, 2020, y Fajgelbaum y otros, 2020). Nuestro trabajo también se conecta con un subconjunto de esa literatura, ejemplificado por el trabajo de Alfaro et al. (2020), Farboodi et al. (2020), Fenichel et al. (2011), y Toxvaerd (2020) que ha estudiado cómo la respuesta conductual de los agentes (por ejemplo, el distanciamiento social) afecta la propagación y persistencia de las pandemias. Mientras que la mayor parte de esta investigación se ocupa de COVID-19 y adopta un enfoque de simulación, nuestro principal objetivo es desarrollar un modelo de interacción humana que, conjuntamente, proporcione un microfundamento para una ecuación gravitatoria y una dinámica SIR multigrupo, y que pueda utilizarse para caracterizar analíticamente la relación bidireccional entre globalización y pandemias en general.

Nuestro trabajo también está relacionado con una literatura de historia económica que ha destacado el rol del comercio internacional en la transmisión de enfermedades. En el caso de la Peste Negra, Christakos y otros (2005), Boerner y Severgnini

² Véanse Hethcote (2000) y Brauer y Castillo-Chávez (2012) para revisiones muy útiles de modelos matemáticos en epidemiología, y Ellison (2020) para una visión general de los economistas sobre modelos SIR con heterogeneidad.

(2014), Ricci y otros (2017) y Jedwab y otros (2019) sostienen que las rutas comerciales son fundamentales para comprender la propagación de la peste a través de la Europa medieval. En un examen de una gama más amplia de enfermedades infecciosas, Saker y otros (2002) sostienen que la globalización ha desempeñado a menudo un papel fundamental en la transmisión de enfermedades. La reciente pandemia de COVID-19 también ha proporcionado numerosos ejemplos de propagación del virus a través de los viajes de negocios.³

El resto del documento está estructurado de la siguiente manera. En la sección 2, presentamos nuestro modelo básico de comercio internacional al estilo gravitatorio con interacciones humanas endógenas intranacionales e internacionales. En la Sección 3, consideramos una primera variante de la dinámica de propagación de la enfermedad en la que la tasa de contacto entre agentes (aunque endógenos) es invariable en el tiempo durante la pandemia. En la Sección 4, incorporamos las respuestas de la oferta de mano de obra a la pandemia, que afectan la trayectoria de salarios relativos (y por lo tanto la tasa de contacto de los agentes dentro y a través de los países) durante la pandemia. En la Sección 5, incorporamos respuestas de comportamiento individual motivadas por los agentes que ajustan su número deseado de interacciones humanas en respuesta a su miedo a ser infectados por la enfermedad. Ofrecemos algunas observaciones finales en la Sección 6.

6. Conclusiones

Aunque la globalización aporta beneficios económicos globales, se suele argumentar que también hace que las sociedades sean más vulnerables al contagio de enfermedades. En este documento, desarrollamos un modelo de interacción humana para analizar la relación entre la globalización y las pandemias. Microfundamos conjuntamente el modelo canónico de comercio internacional de la economía (la ecuación gravitacional) con el modelo seminal de las pandemias de la epidemiología (el modelo Susceptible-Infectado-Recuperado (SIR)) utilizando una teoría de la interacción humana. Mediante la modelización conjunta de estos dos fenómenos, destacamos una serie de interacciones entre ellos. Por una parte, la tasa de contacto entre los individuos, que es un parámetro central en los modelos de epidemiología de referencia, es endógena en nuestro marco y responde tanto a las fuerzas económicas (por ejemplo, los beneficios del comercio internacional) como a la dinámica de la pandemia (por ejemplo, el riesgo percibido para la salud asociado a los viajes

³ Un ejemplo muy conocido en los Estados Unidos es la conferencia celebrada por la empresa de biotecnología Biogen en Boston (Massachusetts) los días 26 y 27 de febrero, a la que asistieron 175 directores ejecutivos, que propagaron el virus covid-19 a por lo menos seis estados, al Distrito de Columbia y a tres países europeos, y causaron cerca de 100 infecciones sólo en Massachusetts (<http://www.nytimes.com/2020/04/12/us/coronavirus-biogen-boston-superspreader.html>). Otro ejemplo es Steve Walsh, el llamado "superdifusor" británico, que está vinculado a por lo menos 11 nuevas infecciones de COVID-19, y que contrajo la enfermedad en Singapur, mientras asistía a una conferencia de ventas a fines de enero de 2020 (véase https://www.washingtonpost.com/world/europe/british-coronavirus-super-spreader-may-have-infected-at-least-11-people-in-three-countries/2020/02/10/016e9842-4c14-11ea-967b-e074d302c7d4_story.html). La propagación inicial de COVID-19 al Irán y Nigeria también ha sido vinculada a viajes de negocios internacionales.

internacionales). Por otra parte, estudiamos la forma en que la aparición de una pandemia y el riesgo percibido de futuros brotes conforman la dinámica del comercio internacional, y las ganancias netas del comercio internacional una vez que se tiene en cuenta el número de muertos por la pandemia.

Comenzamos considerando el caso en que la enfermedad no afecta la capacidad de los agentes para producir y comercializar, y los agentes no son conscientes de la amenaza de infección, lo que implica que no tienen un incentivo para alterar su comportamiento individual. Incluso en este caso, la globalización influye sobre la dinámica de la enfermedad, porque cambia los patrones de interacción humana. Demostramos que existen externalidades epidemiológicas entre países, de modo que el hecho de que se produzca una pandemia en la economía abierta depende de manera crítica del entorno de la enfermedad en el país con mayor tasa de infección interna. Si los países son simétricos, la disminución de cualquier fricción (simétrica) en el comercio internacional también da lugar a un aumento general del número total de interacciones humanas (internas más externas), lo que aumenta la gama de parámetros en los que se produce una pandemia. En este caso, aunque una epidemia no se autoalimente en un país de economía cerrada, puede serlo en una economía abierta. En cambio, si los países son suficientemente diferentes entre sí en cuanto a sus parámetros epidemiológicos primitivos (por ejemplo, como resultado de políticas sanitarias diferentes), la disminución de cualquier fricción en el comercio internacional puede tener el efecto contrario de disminuir la gama de parámetros en que se produce una pandemia. En este caso, cuando un país tiene un entorno de enfermedades mucho peor que el otro, la liberalización del comercio puede reducir la proporción de interacciones de ese país que se producen en ese mal entorno de enfermedades, con lo que la economía mundial queda por debajo del umbral para que una pandemia sea autosostenible. En presencia de diferencias en el momento de las infecciones, pueden producirse múltiples olas de infección en la economía abierta, cuando habría una sola ola en la economía cerrada.

A continuación permitimos que la infección cause defunciones (o reduzca la productividad en el mercado laboral), pero asumimos que los agentes siguen sin ser conscientes de la amenaza de infección, y por lo tanto siguen sin tener ningún incentivo para alterar su comportamiento individual. En este caso, un país con un entorno de enfermedad peor experimenta una mayor reducción de la oferta de mano de obra, lo que a su vez conduce a un aumento de su salario relativo. Este aumento de salario reduce la proporción de interacciones que se producen en el mal entorno de la enfermedad de ese país y aumenta la proporción que se produce en los mejores entornos de la enfermedad, lo que de nuevo puede llevar a la economía mundial por debajo del umbral para que una pandemia sea autosostenible. Por consiguiente, los efectos de equilibrio general de la pandemia en los salarios y las pautas comerciales inducen una forma de "distanciamiento social de equilibrio general" de los entornos malos de enfermedad que funciona incluso en ausencia de un distanciamiento social intencionado motivado por los riesgos sanitarios.

Después permitimos que los individuos se den cuenta de la amenaza de infecciones y ajusten óptimamente su comportamiento dependiendo del estado observado de la pandemia. En este caso, los agentes no están dispuestos a interactuar tanto con el país insalubre, disminuyendo así su salario relativo. En general, vemos que las respuestas de comportamiento conducen a reducciones amplificadas en el comercio internacional y en los ingresos, pero salvan vidas. Añadir los costos de ajuste de establecer las interacciones humanas necesarias para sostener el comercio retrasa y disminuye estas respuestas de comportamiento.

Aunque hemos argumentado que nuestros resultados son sólidos en relación con especificaciones alternativas de nuestro modelo de comercio internacional, nuestro marco teórico todavía carece de una serie de características realistas. Por ejemplo, en futuros trabajos sería interesante explorar las implicancias de permitir cierta heterogeneidad intersectorial en la importancia de las interacciones cara a cara para el sostenimiento del comercio internacional. Del mismo modo, y aunque hemos estudiado los efectos de diversos parámetros que están, al menos en parte, conformados por políticas gubernamentales, sería fructífero estudiar más a fondo la política óptima en nuestro marco. Dejamos estas extensiones para futuros trabajos.

Referencias

- Acemoglu, Daron, Victor Chernozhukov, Iván Werning, Michael D. Whinston (2020), “Optimal Targeted Lockdowns in a Multi-Group SIR Model, NBER Working Paper No. 27102.
- Alfaro, Laura, Ester Faia, Nora Lamersdorf, and Farzad Saidi (2020), “Social Interactions in Pandemics: Fear, Altruism, and Reciprocity,” NBER Working Paper No. 27134.
- Allen, Treb, and Costas Arkolakis (2014), “Trade and the Topography of the Spatial Economy,” *Quarterly Journal of Economics* 129, no. 3: 1085-1140.
- Allen, Treb, Costas Arkolakis, and Yuta Takahashi (2020), “Universal Gravity,” *Journal of Political Economy* 128, no. 2: pp. 393–433.
- Alvarez, Fernando, David Argente, and Francesco Lippi (2020), “A Simple Planning Problem for COVID-19 Lockdown,” NBER Working Paper No. 26981.
- Anderson, James E. (1979), “A Theoretical Foundation for the Gravity Equation,” *American Economic Review*, 69(1), pp.106-116.
- Anderson, James E. and Eric Van Wincoop (2003), “Gravity with Gravitas: A Solution to the Border Puzzle,” *American Economic Review*, 93(1), pp.170-192.
- Antràs, Pol, Teresa C. Fort and Felix Tintelnot (2017) “The Margins of Global Sourcing: Theory and Evidence from US Firms,” *American Economic Review*, 107(9), 2514-64.
- Argente, David O., Chang-Tai Hsieh, and Munseob Lee (2020), “The Cost of Privacy: Welfare Effect of the Disclosure of COVID-19 Cases,” NBER Working Paper No.27220.
- Arkolakis, Costas (2010), “Market Penetration Costs and the New Consumers Margin in International Trade,” *Journal of Political Economy* 118, no. 6, pp: 1151-1199.
- Arkolakis, Costas, Arnaud Costinot, and Andrés Rodríguez-Clare (2012), “New trade models, same old gains?” *American Economic Review* 102.1: 94-130.
- Atkeson, Andrew (2020), “What Will Be the Economic Impact of COVID-19 in the US? Rough Estimates of Disease Scenarios,” NBER Working Paper No. 26867.
- Birge, John R., Ozan Candogan, and Yiding Feng (2020), “Controlling Epidemic Spread: Reducing Economic Losses with Targeted Closures,” Becker-Friedman Institute Working Paper No. 2020-57.

- Bisin, Alberto, and Andrea Moro (2020), “Learning Epidemiology by Doing: The Empirical Implications of a Spatial SIR Model with Behavioral Responses,” mimeo New York University.
- Blonigen, Bruce A. and Anca D. Cristea (2015), “Air Service and Urban Growth: Evidence from a Quasi-Natural Policy Experiment,” *Journal of Urban Economics* 86, 128–146.
- Boerner, Lars and Battista Severgnini (2014) “Epidemic Trade,” *Economic History Working Papers*, 212, London School of Economics.
- Brauer, Fred, and Carlos Castillo-Chávez (2012), *Mathematical Models in Population Biology and Epidemiology*, Vol. 2. New York: Springer, 2012.
- Campante, Filipe, and David Yanagizawa-Drott (2018), “Long-Range Growth: Economic Development in the Global Network of Air Links,” *Quarterly Journal of Economics* 133, no. 3 (2018): 1395-1458.
- Chaney, Thomas (2008), “Distorted Gravity: the Intensive and Extensive Margins of International Trade,” *American Economic Review* 98, no. 4: 1707-21.
- Chaney, Thomas (2014), “The Network Structure of International Trade,” *American Economic Review* 104, no. 11: 3600-3634.
- Christakos, George, Ricardo A. Olea, Marc L. Serre, Hwa-Lung Yu and Lin-Lin Wang (2005) *Interdisciplinary Public Health Reasoning and Epidemic Modelling: The Case of Black Death*, Amsterdam: Springer.
- Costinot, Arnaud, and Andrés Rodríguez-Clare (2015), “Trade Theory with Numbers: Quantifying the Consequences of Globalization” in *Handbook of International Economics*, vol. 4: pp. 197-261.
- Cristea, Anca D. (2011), “Buyer-Seller Relationships in International Trade: Evidence from U.S. States’ Exports and Business-Class Travel,” *Journal of International Economics* 84, no. 2: 207-220.
- Cuñat, Alejandro, and Robert Zymek (2020), “The (Structural) Gravity of Epidemics” mimeo University of Vienna.
- Eaton, Jonathan and Samuel Kortum, (2002), “Technology, Geography, and Trade,” *Econometrica*, 70:5, 1741-1779.
- Eaton, Jonathan and Samuel Kortum, (2002), “Technology, Geography, and Trade,” *Econometrica*, 70:5, 1741-1779.
- Ellison, Glenn (2020), “Implications of Heterogeneous SIR Models for Analyses of COVID-19,” NBER Working Paper No. 27373.

- Fajgelbaum, Pablo D., Amit Khandelwal, Wookun Kim, Cristiano Mantovani, and Edouard Schaal (2020), “Optimal Lockdown in a Commuting Network,” mimeo UCLA.
- Farboodi, Marian, Gregor Jarosch, and Robert Shimer (2020), “Internal and External Effects of Social Distancing in a Pandemic,” NBER Working Paper 27059.
- Fenichel, Eli P., Carlos Castillo-Chávez, M. Graziano Ceddia, Gerardo Chowell, Paula A. González Parra, Graham J. Hickling, Garth Holloway et al. (2011), “Adaptive Human Behavior in Epidemiological Models,” *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108, no. 15: 6306-6311.
- Fernández-Villaverde, Jesús and Chad Jones (2020), “Estimating and Simulating a SIRD Model of COVID-19 for Many Countries, States, and Cities,” NBER Working Paper No. 27128.
- Helpman, Elhanan, Marc Melitz, and Yona Rubinstein (2008), “Estimating Trade Flows: Trading Partners and Trading Volumes,” *Quarterly Journal of Economics* 123, no. 2: 441-487.
- Hethcote, H.W. and Thieme, H.R., (1985), “Stability of the Endemic Equilibrium in Epidemic Models with Subpopulations,” *Mathematical Biosciences*, 75(2), pp. 205-227.
- Hethcote, Herbert W. (1978), “An Immunization Model for a Heterogeneous Population,” *Theoretical Population Biology* 14, no. 3: 338-349.
- Hovhannisyan, Nune and Wolfgang Keller (2015), “International Business Travel: An Engine of Innovation?,” *Journal of Economic Growth*, 20:75–104.
- Jedwab, Remi, Noel D. Johnson and Mark Koyama (2019) “Pandemics, Places, and Populations: Evidence from the Black Death,” George Washington University, mimeograph.
- Jones, Callum J, Thomas Philippon, and Venky Venkateswaran (2020), “Optimal Mitigation Policies in a Pandemic: Social Distancing and Working from Home,” NBER Working Paper 26984.
- Kermack, William Ogilvy and A. G. McKendrick, (1927), “A Contribution to the Mathematical Theory of Epidemics, Part I,” *Proceedings of the Royal Society of London. Series A*, 115 (772), pp. 700–721.
- Kermack, William Ogilvy and A. G. McKendrick, (1932), “Contributions to the Mathematical Theory of Epidemics. II – The Problem of Endemicity,” *Proceedings of the Royal Society of London. Series A*, 138 (834), pp. 55–83.

- Magal, Pierre, Seydi Ousmane, and Glenn Webb (2016) “Final Size of an Epidemic for a Twogroup SIR Model,” *Society for Industrial and Applied Mathematics*, 76(5), 2042-2059.
- Melitz, Marc J., and Stephen J Redding (2014), “Missing Gains from Trade?” *American Economic Review* 104 (5): pp. 317-21.
- Ossa, Ralph (2015), “Why Trade Matters After All,” *Journal of International Economics* 97(2): pp. 266-277.
- Ricci P. H. Yue, Harry F. Lee and Connor Y. H. Wu (2017) “Trade Routes and Plague Transmission in Preindustrial Europe,” *Nature, Scientific Reports*, 7, 12973, 1-10.
- Saker, Lance, Kelley Lee, Barbara Cannito, Anna Gilmore and Diarmid Campbell-Lendrum (2004) “Globalization and Infectious Diseases: A Review of the Linkages,” *Special Topics in Social, Economic and Behavioural (SEB) Research*, Geneva: World Health Organization.
- Startz, Meredith (2018), “The Value of Face-To-Face: Search and Contracting Problems in Nigerian Trade,” mimeo Stanford University.
- Toxvaerd, Flavio (2020), “Equilibrium Social Distancing,” Cambridge-INET Working Paper Series No: 2020/08.
- Van den Driessche, Pauline, and James Watmough (2002), “Reproduction Numbers and SubThreshold Endemic Equilibria for Compartmental Models of Disease Transmission,” *Mathematical Biosciences* 180, no. 1-2, pp. 29-48.

