

TRABAJO DE INVESTIGACION FINAL

Impacto de impuestos ambientales ante la caída del precio del petróleo en Argentina

Autor/es:

Córdoba, Camila Florencia – LU: 1092317

Zalazar, Florencia Magalí – LU: 1089774

Carrera:

Licenciatura en Economía

Tutor:

Dr. Chisari, Omar Osvaldo

Año: 2020

Fundación Universidad Argentina de la Empresa
Facultad de Ciencias Económicas

FUNDACIÓN
UADE

IMPACTO DE IMPUESTOS AMBIENTALES ANTE LA CAÍDA DEL PRECIO DEL PETRÓLEO EN ARGENTINA

Córdoba, Camila F.
Zalazar, Florencia M.¹

Universidad Argentina de la Empresa
Facultad de Ciencias Económicas

Resumen

El presente trabajo está motivado por la abrupta caída del precio internacional del petróleo debido a las consecuentes restricciones provocadas por el COVID-19, y sus efectos en la economía. Por esto, el objetivo del trabajo es analizar el impacto de diversas caídas del precio internacional del petróleo y la introducción de impuestos de forma de contrarrestar las mayores emisiones provocadas por tales caídas. Para esto, se examinan los efectos de dichas simulaciones en la economía argentina de 2015, año elegido con el objetivo de no sesgar los resultados por la situación sanitaria y económica del país debido a la pandemia. Para comprobar estos resultados, se utilizó un Modelo de Equilibrio General Computado (MEGC) estático, de manera de tener en cuenta la consistencia agregada y los efectos secundarios provocados por los cambios en los precios relativos. Los resultados sugieren que, en la mayoría de los casos, los impuestos no neutralizan el efecto de las emisiones de GEI generadas por las grandes caídas del precio del petróleo, dado que en algunos casos las emisiones netas son menores que al inicio mientras que en otros son mayores. Es decir, que el impuesto no llega a reducir las emisiones de forma tal de llevarlas a sus valores iniciales.

Abstract

This paper is motivated by the abrupt fall in the international price of oil due to the consequent restrictions caused by the COVID-19, and its effects in the economy. For this reason, the objective of the paper is to analyze the impact of various falls in the international price of oil and the introduction of taxes in order to counteract the higher emissions caused by such falls. For this, the effects of these simulations are examined on the Argentine economy in 2015, a year chosen with the aim of not biasing the results due to the health and economic situation of the country due to the pandemic. To verify these results, a static Computed General Equilibrium Model (CGEM) was used, in order to take into account the aggregate consistency and the secondary effects caused by changes in relative prices. The results suggest that, in most cases, taxes do not neutralize the effect of emissions of GEG generated by large falls in the price of oil, since in some cases net emissions are lower than at the beginning, while in others they are higher. That is, the tax does not reduce emissions in such a way as to bring them to their initial values.

¹ Agradecemos la colaboración y los comentarios del Lic. Juan Mercatante para la realización de este trabajo.

Tabla de contenido

1.	Introducción	3
2.	Contexto	4
2.1	<i>Mercado de Petróleo</i>	4
2.2	<i>Energías Renovables</i>	6
2.3	<i>Emisiones</i>	6
3.	Impuestos ambientales: causas y efectos	8
4.	Estudios empíricos	13
4.1	<i>Argentina</i>	14
4.3	<i>España</i>	16
5.	Metodología	16
5.1	<i>Matriz de contabilidad social</i>	20
5.2	<i>Datos</i>	20
6.	Simulaciones	20
6.1	<i>Resultados</i>	21
7.	Conclusiones	28
8.	Bibliografía	30

Esquema de tablas

Tabla 1: Emisiones de GEI por país	7
Tabla 2: Principales resultados de algunos modelos destacados	15
Tabla 3: Economía con menor posibilidad de un cambio tecnológico	22
Tabla 4: Desempeño de variables frente a una caída del PIP de 8%	23
Tabla 5: Economía con mayor capacidad de cambio tecnológico incorporada	24
Tabla 6: Variación del PBI cuando no hay impuestos	25
Tabla 7: Índice de Kutznets si el PIP no cae	25
Tabla 8: Variación de los niveles de actividad en el sector primario	26
Tabla 9: Economía con un shock positivo tecnológico	27
Tabla 10: Variación del Índice de Kutznets respecto al benchmark	27
Tabla 11: Variaciones del nivel de actividad agregado cuando el PIP cae 32%	28

1. Introducción

El Estado argentino como otros países del mundo sufren el impacto del calentamiento global o bien de las emisiones de ciertos gases nocivos para el medio ambiente. El deterioro del mismo tiene consecuencias irreparables en la vida de todos; consecuencias de índole social, cultural, económicas y sobre todo, de salubridad. Por esta razón, se necesitan tomar ciertas medidas para combatirlo y para ello, es necesario conocer qué componentes alteran la atmósfera para realizar acciones sobre estos de manera de evitar sus impactos. Más bien, dentro de los mencionados gases tóxicos se encuentran los Gases de Efecto Invernadero (GEI) y a su vez éstos están compuestos por el dióxido de carbono (CO_2), el óxido nitroso (NO_2) y el metano (CH_4), (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020).

Particularmente, las emisiones de dióxido de carbono son despedidas en el proceso industrial donde tanto el gas como el petróleo son sometidos para ser utilizados como fuente de energía. Estos combustibles fósiles han contribuido de manera notable a la generación de los gases de efecto invernadero, ya que siguen siendo la principal fuente de energía para el hombre. En Argentina, constituyen el 87% de la fuente de energía primaria en 2015 (Jefatura de Gabinete de Ministros y Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, 2015), a pesar de que otras fuentes de energía han ido incrementando su participación en la matriz energética a lo largo de los años. A propósito, una caída o suba de los precios de los combustibles fósiles, incentivan o no a invertir en estas tecnologías más limpias y por ende modificar el nivel de las emisiones de GEI (Arezki y Obstfeld, 2015). Por esto, parece importante estudiar la relación entre el precio del petróleo y las emisiones bajo un enfoque económico, para lo que se utilizará el marco de equilibrio general de modo de tener en cuenta no sólo la consistencia sino los efectos secundarios desencadenados por los cambios de precios relativos, para posteriormente analizar el impacto de la aplicación de un impuesto a las emisiones. Este tipo de impuestos ya son aplicados en muchos países, dentro de los cuales se pueden encontrar Finlandia, Holanda y Alemania, en el contexto de una Reforma Fiscal Ambiental (RFA), por lo que se lo considera como una de las principales soluciones a este tipo de problemas (Fanelli, Jiménez, y López Azcúnaga, 2015).

En este trabajo se estudia mediante el Modelo de Equilibrio General Computado, obtenido de Chisari et al. (2015), el impacto que generan distintas caídas del precio internacional del petróleo sobre la economía argentina dentro del contexto macroeconómico del 2015. Específicamente, este estudio se basa en la disminución del precio de petróleo provocado por la pandemia del virus denominado COVID-19 durante el año corriente, 2020. Con el objetivo de no sesgar los resultados debido a las diferentes restricciones económicas y sociales provocadas por tal virus, se pretende llevar a cabo el ejercicio de sensibilidad en otro contexto, como anteriormente se mencionó. De la misma forma, gracias a la caída del precio, las emisiones de gases nocivos van a aumentar dado que bajará la inversión en energías renovables (energías limpias) y por lo tanto, se va a estudiar el impacto de impuestos sobre tales emisiones.

De esta manera, el trabajo busca comprobar la hipótesis de que los efectos de los impuestos sobre las emisiones son neutralizados por la caída en el precio internacional del petróleo.

Para realizarlo, en primer lugar se analizará el escenario actual, tanto del mercado de petróleo como de las energías renovables y las emisiones, que servirán para contextualizar el trabajo. Seguidamente, se estudiarán los impuestos ambientales y su justificación. Posteriormente se considerarán aquellos estudios empíricos que simulan la aplicación de impuestos en Argentina, sobre algunos países de Europa y otro específicamente sobre España.

Asimismo, en la sección 5 se analizará la metodología utilizada y los datos necesarios para la misma, mientras que en la sección 6 se plantearán las simulaciones y sus respectivos resultados. Por último, en la sección 7, se especificarán las conclusiones y los lineamientos futuros de investigación.

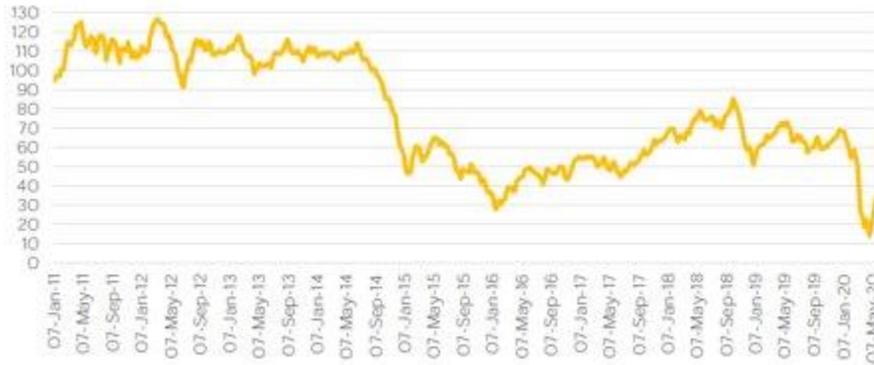
2. Contexto

2.1 *Mercado de Petróleo*

El petróleo es la principal fuente de energía de las economías por lo que existe gran dependencia de este recurso a pesar de que otras fuentes han ido tomando relevancia (que se detallarán más adelante), de allí deriva la importancia del comportamiento del precio y su efecto en las distintas economías del mundo. Específicamente, en 2015 el consumo mundial de productos petrolíferos en comparación con otras fuentes de energías, representó un 40,51% del total y por su parte en 2018 representó el 40,63% (Agencia Internacional de Energía, 2020).

Es habitual que las variaciones del precio del petróleo tengan altos niveles de volatilidad, ya que además de la interacción entre la oferta y la demanda, se encuentran factores relevantes como acontecimientos geopolíticos y especulaciones financieras (Sucre y Carvajal, 2020). Con el objetivo de resaltar la importancia de las variaciones es necesario mencionar la caída en el precio del petróleo Brent europeo al contado, la cual se trató de una variación del 85% entre el 22 de enero y el 21 de abril del año corriente, 2020, lo que la constituye como la caída más pronunciada del precio del petróleo registrado, superando la caída del 70% del mismo en la crisis financiera mundial (de finales de agosto a diciembre de 2008) y la caída de 77% comprendida entre junio de 2014 a enero de 2016 (Banco Mundial, 2020). Estas caídas se observan en el siguiente gráfico

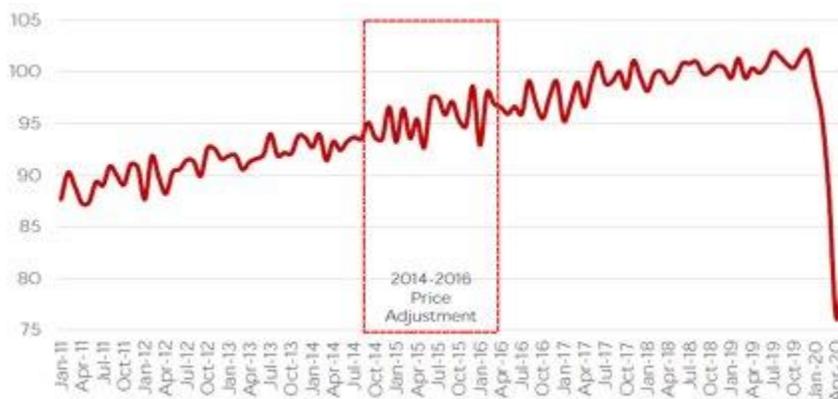
Ilustración 1: Precio del petróleo crudo Brent - US\$ por barril



Fuente: U.S. Energy Information Administration (Sucre y Carvajal, 2020)

La rápida propagación del virus COVID-19 y las medidas aplicadas para combatirlo, especialmente las restricciones a gran parte de la actividad económica, provocaron el colapso de la demanda. Primero impactó rápidamente en la demanda de petróleo de China, quien la redujo de 15,17 millones de barriles por día en diciembre de 2019 a sólo 11,16 en marzo de 2020, lo que provocó que el precio del petróleo cayera de 68 USD por barril (USD/bbl) en la primera semana de enero a 54 USD/bbl en la última semana de febrero, lo que sumado a la propagación del virus en otros países, contribuyó a la caída continua del precio del petróleo. Entre diciembre de 2019 y abril de 2020 la demanda cayó aproximadamente en 25,7 millones de barriles por día, tal como se verifica en el siguiente gráfico, lo que es sólo una estimación realizada por Sucre y Carvajal (2020) quienes advierten que consultoras estiman una caída aún mayor de 30 millones de barriles por día.

Ilustración 2: Demanda global de petróleo - Millones de barriles por día



Fuente: U.S. Energy Information Administration (Sucre y Carvajal, 2020)

No obstante, la caída de los precios no se debe únicamente a la caída de la demanda sino que la oferta también cumplió un papel importante ya que hubo un desacuerdo entre dos de los tres mayores productores de petróleo, Arabia Saudita y Rusia no lograban pactar los

recortes de la producción necesarios para compensar la demanda y estabilizar los precios, que es lo que esperaban los mercados (siendo Estados Unidos el tercer país que pertenece a los de mayor producción). Por el contrario, anunciaron planes para aumentar la producción (El Gamal, Lawler, y Astakhova, 2020). Sin embargo, al ver que no se vislumbraba una recuperación pronta de la caída de la demanda, los países se reunieron nuevamente y acordaron recortar su producción en 9,7 millones de barriles por día a partir de mayo (OPEC, 2020). Esto refleja la diferencia entre la velocidad de ajuste de la demanda y de la oferta. En otras palabras, si bien los consumidores pueden dejar de demandar viajes de un día para otro, la oferta por su lado no, debido al inmenso proceso ya sea para disminuir lentamente la producción con el motivo de conservar la fuente de extracción o de cerrar el pozo petrolero.

Luego del acuerdo, los precios empezaron a recuperarse lentamente y se espera que aumente la demanda a medida que las restricciones frente a la pandemia sean cada vez más laxas, esto contribuiría al restablecimiento de los precios debido a la reapertura comercial de las grandes potencias, hacia fines de 2020 y el primer trimestre de 2021, cercano a 40 USD por barril de petróleo crudo Brent (Sucre y Carvajal, 2020).

2.2 Energías Renovables

Otras fuentes de energía tuvieron un significativo progreso en los últimos tiempos como las llamadas energías renovables. Entre ellas se encuentran, la energía eólica, biomasa, geotérmica, hidráulica, solar, entre otras. Este tipo de fuentes se distinguen porque en vez de utilizar combustibles fósiles, emplean recursos que son posibles de usar ilimitadamente dado que la mayoría de ellos son inagotables. Asimismo, el impacto que tienen sobre el ambiente dado que no producen contaminantes (no emiten los gases efecto invernadero), es de menor intensidad (Ministerio de Desarrollo Productivo, 2020). Además, pueden proporcionar otros beneficios ya sea auxiliar al desarrollo social y económico, como también facilitar el acceso a la energía y a la seguridad del suministro de la misma (IPCC, 2011). Un punto a destacar, es que la implementación de estas tecnologías se volvió competitiva en costos en comparación con la generación de energía convencional. Igualmente, las políticas de apoyo son las principales causas de su desarrollo (Pendon et al. 2017). Sin embargo, si el precio de los combustibles fósiles disminuye, la implementación de energías renovables en la economía resulta cada vez más dificultosa dado que los consumidores van a estar más incentivados a adquirir bienes con energía no limpias y se alejan del compromiso de disminución de emisiones de GEI (Macas Pallo, 2015).

2.3 Emisiones

Desde 1990 hasta 2016, las emisiones de GEI aumentaron un 41,15% en el mundo, pasando de 34,967 a 49,358 miles de MtCO₂e (Climate Watch, 2016). Esto demuestra que el problema del cambio climático no se debe sólo a las emisiones actuales, sino al pasivo ambiental que ya se encuentra en la atmósfera. De ahí la necesidad de realizar políticas y de, alguna manera, buscar responsables de dichas emisiones, de forma que cada país realice las medidas en proporciones similares al daño realizado (Chisari y Ramos, 2018).

Los países latinoamericanos en su conjunto son pequeños emisores de GEI, en cambio China es el principal país emisor y luego le sigue Estados Unidos. Específicamente, en 2016, China y EE. UU son responsables del 24,26% y 12,28%, respectivamente del total de las emisiones (Climate Watch, 2016). Argentina por su lado, en el mismo año solamente representa el 1,01% (482,08 MtCO₂e). Un punto para destacar es que el diseño y la aplicación de medidas realizadas sólo por estos países “pequeños ambientalmente” no alcanzan para reducir el pasivo existente si el resto de los países principalmente responsables no aplican ningún tipo de medidas. Mientras que si es al contrario, es decir, que los países “grandes ambientalmente” realicen medidas únicamente, quedarán más que compensadas las emisiones de los países pequeños, tales como los de Latinoamérica (Chisari y Ramos, 2018).

A continuación, se presenta la tabla que muestra las emisiones de Argentina y de los países que más emisiones generan. Las emisiones están medidas en MtCO₂e y en porcentaje y los datos son del año 2016.

Tabla 1: Emisiones de GEI por país

	Emisiones de CO ₂ (MtCO ₂ e)	Emisiones de CO ₂ mundiales (%)
Mundo	49358,87	100
China	11576,87	24,36
EEUU	5833,49	12,28
India	3235,66	6,81
Rusia	2391,38	5,03
Indonesia	2229	4,69
Brasil	1379,38	2,9
Japón	1263,87	2,66
Irán	867,96	1,83
Alemania	808,73	1,7
Canadá	779,27	1,64
Argentina	482,08	1,01

Fuente: elaboración propia en base a datos (Climate Watch, 2016)

Por otro lado, el principal sector de emisiones mundiales de GEI es el de la energía, contribuyendo con un 72,96% del total en el año 2016. Luego, le sigue el sector de la agricultura con tan solo el 11,74%. De la misma manera, el sector que más aporta en el total de las emisiones en Argentina es el de la energía con un 42,77% (Climate Watch, 2016).

3. Impuestos ambientales: causas y efectos

Hardin (1968) en su artículo acerca de la “tragedia de los comunes” afirmaba que “La ruina es el destino hacia el que todos los hombres se apresuran, cada uno persiguiendo sus mejores intereses en una sociedad que cree en la libertad de los comunes. La libertad en un bien común trae ruina a todos” (Hardin, 1968, pág. 1244). Propone así, que al haber un bien común se generan problemas de eficiencia dado que es utilizado por muchos agentes económicos de manera conjunta, a falta de poder excluir a los demás del uso del bien. En otras palabras, el uso conjunto del bien provoca externalidades negativas recíprocas como consecuencia de que las acciones de cada agente económico le generan costos a los demás, sin que esas acciones traigan aparejado la necesidad de compensar monetariamente a los perjudicados. Más bien, Hardin (1968) utilizó la metáfora de un pastizal en el cual los campesinos lo ocupaban cada vez con más ovejas. Por tal motivo y dado que el pastizal es un bien al que todos tienen acceso sin ninguna restricción y el pasto provisto es un recurso finito, eventualmente esas acciones llevan al agotamiento y sobreexplotación de tal recurso no infinito, y una tragedia para todos los campesinos (agente económico). La atmósfera es un claro ejemplo de bien común. Es decir, no tiene dueño (no existe el derecho de propiedad) y todos tienen la posibilidad de realizar cualquier tipo de acción sobre ella. Como bien habla este trabajo, distintos agentes a través de diferentes actividades económicas emiten gases tóxicos, como los llamados gases efecto invernadero, y si tales emisiones se siguen realizando, el calentamiento global cada vez es más pronunciado implicando que la atmósfera sea totalmente sobreexplotada. No solucionar tales problemas a causa del uso excesivo sobre el bien finito (ya sea contaminarlos, dañarlos, sobreexplotarlos o destruirlos), no solo es una cuestión que sufren las generaciones presentes, sino que también las futuras. En vista de que a medida que el ingreso marginal sea mayor que el costo de utilización de tal recurso, los agentes lo siguen utilizando para su propio beneficio (Vidal i Oltra, 1999), dado que, como se indicó antes, el costo de la utilización de los recursos no está correctamente valuado, lo que se puede identificar como una externalidad.

Se denomina externalidad a aquella situación en la que el comportamiento de un agente influye en el bienestar del otro, positiva o negativamente sin ser reflejado en los precios del mercado (Rosen, 2008). Un claro ejemplo es la contaminación ambiental, donde se involucra el consumo o la producción de un bien y esto afecta a terceros ya sea empresas o consumidores que no participan de dichas situaciones, afectando su bienestar sin ser incluido en los precios correspondientes.

Debido a que no existen mecanismos de compensación, las externalidades ambientales implican un mal funcionamiento del mercado, debido a que los precios que surgen no reflejan verdaderamente los costos y beneficios de las actividades. Si el número de personas afectadas, ya sean los que contaminan o los perjudicados, es reducido, será más fácil encontrar una solución mediante una negociación o el sistema jurídico. Pero mientras más personas estén involucradas, más difícil será encontrar una solución y por lo tanto, más justificada estará la intervención del Estado (Prust, 2005). Hay diversos instrumentos

para incorporar estos efectos en los precios o bien mitigar estas fallas de mercado, de manera de minimizar aquellos daños ya existentes, lo que se denomina medidas de adaptación que aluden a las “políticas y acciones de protección cuando el impacto se estima inevitable” (Chisari, Maquieyra, y Miller, 2012, pág. 3), o bien, atacar las fuentes actuales de contaminación denominadas medidas de mitigación.

Dentro de los instrumentos se encuentran los impuestos pigouvianos, la creación de un mercado y la regulación directa, entre otros. Los primeros siguen el principio de “el que contamina paga” (Pigou, 1920), mientras que en los segundos se asocia la ineficiencia de la externalidad a la falta de mercado para ese recurso en particular, por lo que la solución apunta a la creación del mismo, por ejemplo, mercados de permisos de emisiones (Aguilar, Bouzas, y Molinari, 2009). En cuanto a la regulación directa, se obliga a que quienes contaminan reduzcan el daño en una determinada cantidad, o enfrenten sanciones legales.

Si se compara estos instrumentos, se encuentra que los mercados de los permisos de emisión requieren de una mayor capacidad de gestión de las instituciones para instalar y llevar el control de este tipo de elementos, teniendo en cuenta los elevados costos asociados. Asimismo, se requieren reformas legales y existe la posibilidad de conductas especulativas, monopólicas o que no se alcance el resultado deseado, por efectos adversos o simplemente porque el precio alcance un nivel distinto al óptimo (Butze Aguilar, 2006). Por tales motivos, en países como Argentina, la aplicación de un impuesto supera a la creación de un mercado de permisos, dada la sencillez y simplicidad relativa de su imposición, ya que la creación de este tipo de mercados es difícil de administrar en países de menor desarrollo, distinguiendo principalmente el problema de la distribución inicial de los permisos y los posibles inconvenientes de competencia imperfecta que pueden provocar (Chisari y Ramos, 2018).

Por otro lado, en el impuesto se encuentra implícitamente el valor social del daño realizado, logrando así el incentivo de reducir la contaminación de la manera más eficiente posible hasta que los costos de la reducción sean menores a la tasa impositiva, sin superarlo. Este mecanismo trae aparejado otra ventaja, debido a que el responsable de contaminar posee el conocimiento y en algunos casos la experiencia acerca de las oportunidades u opciones de distintas maneras de reducir la contaminación. Esto genera que el impuesto sea superior a la regulación directa en términos de eficiencia, ya que se descarta la posibilidad de medidas inadecuadas, insuficientes o ineficaces. Esto es posible debido a que se logra el mismo nivel de reducción de emisiones con menores costos, como consecuencia de la flexibilidad de que cada agente decide en función de su costo marginal, reduciendo a la vez, la necesidad de obtener más información por parte de la entidad regulatoria y sus negociaciones particulares con cada agente (Vera, 2019).

Al hacer uso de este instrumento para corregir las distorsiones que afectan el medio ambiente, surgió principalmente en Europa diversas reformas en el marco de RFA (reformas fiscales ambientales) (Fanelli, Jiménez, y López Azcúnaga, 2015), proponiendo el uso de los impuestos pigouvianos de manera que el precio incorpore las externalidades negativas sociales e influya sobre los incentivos, resaltando además, que el problema

ambiental tiene una dimensión global, por lo que se debería coordinar una acción colectiva. No se trata de un simple aumento de impuestos, sino de un cambio en la carga impositiva de impuestos convencionales a actividades que dañan el medio ambiente, de manera que la reforma debe entenderse como un cambio en la estructura impositiva y no como un incremento de los impuestos (Galindo et al. 2017). Adicionalmente se debe tener especial cuidado con las políticas existentes y futuras, para que no provean los incentivos contrarios, situación posible en la recepción de subsidios por parte de las actividades con efectos perjudiciales para el medio ambiente, o de manera presupuestaria explícita o implícita, o por alguna ventaja tributaria atribuida (Prust, 2005).

Ahora bien, para que el impuesto sea óptimo, según Pigou (1920), el mismo debería ser igual al daño marginal y gravarse sobre la fuente del daño pero existe gran incertidumbre acerca de cómo monetizar los daños por contaminación, ya que para lograrlo se debe conocer con exactitud a quién perjudica, con qué magnitud y quién lo provocó, sin mencionar los cambios que se dan en los procesos de producción y la falta de actualización del impuesto por las nuevas tecnologías (Parry, Norregaard, y Heine, 2012).

Como bien se nombraba anteriormente, es necesario saber a quién perjudica la aplicación de un impuesto ambiental, dado que a pesar de que la incorporación de éstos probablemente sea aceptada socialmente, podría provocar impactos del tipo regresivos desde el punto de vista distributivo (Barde, 2005). Específicamente, el sector de la población con menos recursos es el que más debe soportar tales efectos como consecuencia de destinar la mayor parte de sus ingresos en bienes intensivos en energía. Más bien, en un plano de equilibrio parcial, los efectos de los impuestos dependen de cuál es la reacción tanto de los agentes productores como los consumidores ante las variaciones de los precios gracias al impuesto. De esta forma, los efectos sobre los consumidores están estrechamente relacionados con la elasticidad precio de la demanda del bien y a su vez con su elasticidad precio de la oferta. De ser así, cuanto más alta es la elasticidad de la oferta (en el productor) y más baja la elasticidad de la demanda para el consumidor, el impuesto recae en mayor proporción en los precios que paga el consumidor por el bien contaminante y mayor es su carga (Vera, 2019). Los problemas distributivos que se generan pueden ser compensados a través de otras medidas como subsidios, por vía de compensaciones o exenciones (Zabala, 2016).

Por otro lado, a pesar de que los impuestos generan ciertas disparidades en la distribución, existe una hipótesis de que puede mejorar por un lado la eficiencia ambiental y por otro la eficiencia fiscal, simultáneamente. Esta hipótesis lleva el nombre de “doble dividendo” (Goulder, 1995). Así la inclusión del impuesto tiene el fin de reducir las externalidades negativas de la contaminación ambiental, logrando de esta forma que el bienestar y la calidad del medio ambiente mejore. Ya resuelto uno de los dividendos, el otro se relaciona con el ingreso adicional para la reducción de otros impuestos distorsivos. Dada esa disminución, existe la posibilidad de aminorar los potenciales efectos regresivos del impuesto. De este modo, la incorporación de una reforma fiscal ambiental con el correspondiente impuesto implica no sólo la incorporación del mismo sino la transformación de la estructura fiscal, de manera que puede generar un doble dividendo, contribuyendo a

reparar el desafío del cambio climático y a promover el crecimiento económico (Galindo et al. 2017).

Por último, los impuestos ambientales impactan también sobre la competitividad, ya sea del país, de un sector específico o bien la competitividad de una firma debido a los mayores costos que tienen que soportar. En tal caso, existe el riesgo a un “traslado” de las actividades a países que no tengan incentivos a cuidar el medio ambiente. Por lo tanto, debido a que los impuestos afectan a los precios de la energía sólo localmente, se brindan incentivos para la relocalización, también denominada “fugas de carbono” (Gutman y Chidiak, 2018). En consecuencia, es necesaria la coordinación internacional de políticas, de igual forma, existen ciertas opciones de políticas para atenuar los efectos sobre la competitividad: reciclaje de ingresos; exenciones tributarias a ciertas actividades, productos o sectores; tasas impositivas reducidas para determinados sectores, productos o insumos; ajustes fiscales en fronteras (Barde, 2005).

Por lo tanto, se pueden distinguir los efectos que trae aparejado el impuesto a las emisiones de CO₂, distinguidos en escala, composición y técnico (Brock y Taylor, 2005). El efecto escala refiere a la variación de emisiones que se deben a un cambio en la proporción de la escala del crecimiento de la economía, así un mayor PBI trae aparejado un aumento de las emisiones si se mantiene el resto de los factores constantes, mientras que el efecto composición indica que las emisiones caen si el conjunto de bienes producidos son más limpios que los que se producía antes, es de alguna manera un efecto sustitución de bienes (de aquellos que utilizan más energía a aquellos que utilizan menos). Como tercer efecto, se encuentra el efecto técnico que hace referencia a la disminución de la intensidad del PBI en términos de emisiones como consecuencia de un cambio en la estructura tecnológica o en otras palabras una tecnología con características más adaptables al medio ambiente.

Por otro lado, muchos instrumentos están pensados para países desarrollados, tales como los mercados de emisión nombrados anteriormente. Sin embargo, es necesario tener en cuenta, además de las cuestiones mencionadas, que toda estructura de un nuevo impuesto debe adaptarse a las características del sistema tributario del país y sobre todo, si ese país no es desarrollado. Por lo tanto, es menester identificar esas cuestiones al momento de diseñar la reforma impositiva, así, Chisari y Ramos (2018) enuncian algunas de estas. En primer lugar, en las economías en desarrollo existe la presencia de desempleo crónico debido a la limitación de tecnologías intensivas en trabajo, generando pobreza de los trabajadores y la reducción de oferta de capital complementaria del trabajo. En segundo lugar, podemos encontrar situaciones transitorias de poder de mercado que no permiten el funcionamiento competitivo del mismo, influyendo en los precios y salarios. En tercer lugar, estos países presentan alta y asimétrica movilidad del capital como consecuencia de las persistentes crisis macroeconómicas. También, cuentan con la presencia de alta informalidad y de restricciones de financiamiento del gobierno, lo que impulsa a una alta presión tributaria y a su vez estimula la evasión; inversiones pospuestas continuamente; falta de diversificación en las exportaciones; entre otros. Todos estos elementos se deben tener en cuenta al momento de confeccionar el impuesto debido a las limitaciones que este tipo de economía presentan.

No obstante, sólo se discutieron los efectos de la solución para la externalidad intrageneracional, tales como la distribución y la competitividad, pero no se tuvieron en cuenta los correspondientes a la intergeneracional, muy importantes, por cierto. Todo el mundo produce emisiones todo el tiempo, la generación actual sufre los efectos de las emisiones pasadas y las generaciones futuras sufrirán potencialmente los efectos de las emisiones actuales, por lo que no se trata de externalidades concentradas o localizadas. Esto implica que afectará a personas que no son responsables de las decisiones que se tomaron, por lo que el reconocimiento de los efectos de largo plazo requiere el planteamiento de problemas intertemporales. Esto exige, por tanto, que se incorporen los intereses de las generaciones futuras al momento del análisis, dado que la generación actual no tiene incentivos para comportarse en línea con lo que es mejor para el conjunto. Esto se debe a que cada agente conoce las acciones que le reportarán un mayor beneficio, pero también aquellas asociadas a un óptimo social, aunque no esté dispuesto a alinearlas si no existe garantía de que todo el resto de los agentes harán lo mismo (Pasqual y Souto, 2003).

Existe gran cantidad de literatura acerca de cómo evaluar los costos y beneficios de manera de tener en cuenta las generaciones futuras, tales como Jorgenson et al. (2015); Williams et al. (2014); Goulder y Burtraw, (1997); Goulder (1998); Bovenberg y Goulder (1996); y Stern (2007), entre otros. El primero de los modelos creados para tal fin fue el modelo DICE (Dynamic Integrated model of Climate and the Economy) realizado por Nordhaus (1993), quien recibió el Premio Nobel de Economía por este aporte, específicamente por poder modelizar las interrelaciones entre economía y cambio climático, de manera de determinar la senda óptima de reducción de emisiones que maximiza el valor actual de la suma de las utilidades del consumo presente y futuro. Si bien a Nordhaus (1993) se le reconoce la virtud de iniciar este tipo de investigaciones donde se reconoce la interdependencia entre el clima y la economía, su modelo recibió varias críticas, siendo la más importante la perteneciente a Stern (2007) por la discusión, entre otras cuestiones, del nivel de la tasa de descuento, que representa el descuento temporal. Así, a mayor tasa, menor importancia de los impactos evitados en el futuro frente a los costos en el presente para mitigar las emisiones. Mientras Nordhaus (2018) en la última versión de su modelo utiliza una tasa cercana al 5%, Stern (2007) elige una de 1,4%, esta elección se basa principalmente en supuestos sobre preferencias en el consumo, crecimiento económico, etc. Lo importante es que, según qué tasa de descuento se utilice, el modelo determina diferentes “sendas óptimas” en la reducción de las emisiones.

Más allá de todas las críticas acerca de la incertidumbre, de las tasas de descuento, de la maximización del bienestar de manera constante por parte de los agentes y de todos aquellos supuestos o valoraciones hechas por parte de Nordhaus (2018), es destacable la modelización del caso y las interrelaciones, que luego profundizaron todos aquellos que siguieron la línea de investigación. La modelización citada comprende diversos pasos: en primer lugar, las personas a través de sus decisiones, ya sea de consumo o de producción, emiten GEI que, en segundo lugar, se acumulan en la atmósfera, donde se explicita la importancia de la existencia de gases pero no de su lugar de origen. En tercer lugar, los gases generan el efecto invernadero, que posteriormente, da como resultado el cambio

climático. En último lugar, ese cambio climático afecta a las personas y las diferentes especies, por vías distintas, ya sean sequías, inundaciones, tormentas o más, afectando el estilo de vida de todos. Todas estas etapas deben tenerse en cuenta al momento de modelizar la economía contemplando además la incertidumbre en cada una de ellas.

4. Estudios empíricos

Existen diversas simulaciones sobre la aplicación de un impuesto a las emisiones de dióxido de carbono que se desarrollarán en este apartado. Las distintas aplicaciones pueden diferir en muchas especificaciones del modelo como también de la metodología empleada, todo esto se debe considerar al momento de comparar ya que inevitablemente impactan en el resultado.

Se comentará en primera instancia los trabajos que utilizaron el Modelo de Equilibrio General Computado (MEGC) en Argentina poniendo énfasis no sólo en los resultados sino también en las especificaciones de cada uno de los modelos. Luego se comentará brevemente los resultados en Argentina utilizando la metodología de meta-análisis, completando así los estudios de simulación de la imposición existentes en el país. Seguidamente se considerará un trabajo realizado para Europa y otro específicamente sobre España que obtienen conclusiones importantes. Es necesario destacar que existen múltiples trabajos de simulaciones de imposiciones de estos impuestos en otros países, tales como Benavente García (2016) para Chile; Dissou y Siddiqui (2014) para Canadá, Meng, Siriwardana, y McNeill (2013) para Australia; Timilsina y Shrestha (2002) para Tailandia; Wissema y Dellink (2007) para Irlanda, entre muchos otros. Los cuales no serán abordados en este trabajo debido a que exceden el análisis del mismo.

Los estudios analizados arrojan las siguientes conclusiones. En primer lugar, el estudio perteneciente a Chisari et al. (2012) para Argentina, en el caso sin reciclaje de impuestos y a largo plazo, con un impuesto de 20 USD/MtCO₂e, la actividad cae un 2,08% logrando una reducción de las emisiones de más del 9%, mientras que para Chisari y Miller (2015) para el mismo país las emisiones se reducen en 7,23% y el PBI en 2,43%, diferencia que se puede explicar dado que este último asume desempleo, sin movilidad del capital con respecto al resto del mundo, inexistencia de compensación del impuesto, precios constantes para las exportaciones e importaciones, y salarios reales inflexibles a la baja. Asimismo, el trabajo de Galindo et al. (2017) para Argentina pero con el método meta-análisis, siguiendo con el mismo monto de impuesto, arroja un resultado tal que la economía crece en 1,10%. En cambio, Metcalf y Stock (2020) para Europa, utilizaron un impuesto de 40 USD/MtCO₂e y encontraron que las emisiones se reducen entre un 4% y 6%. En último lugar, Freire-González y Ho (2019) para España, concluyen que la aplicación de impuestos menores o iguales a 10 EUR/tn, generan reducciones de emisiones del 10% contemplando reciclaje de impuestos.

A continuación, se explicitarán cada uno de los casos.

4.1 Argentina

Chisari et al. (2012), supone la existencia de un planificador central, con un balance comercial equilibrado y un salario real inflexible a la baja en desempleo, y especifica que el salario nominal se ajusta según los precios de los bienes de la canasta de consumo. Teniendo en cuenta el horizonte temporal de 10 años, en este estudio se realizaron dos posibilidades de imposición. En la primera el impuesto se aplica a la producción doméstica y lo recauda el gobierno nacional, con un impuesto de 5 USD/MtCO_{2e} (dólares por toneladas de dióxido de carbono equivalente), el nivel de la actividad cae un 0,88% en el primer año y 0,51% en 2025, manteniendo una caída del 2,32% de la emisión de gases. En cambio, si el impuesto es de 20 USD/MtCO_{2e}, la actividad cae 3,57% al principio y 2,08% al final del período, logrando una reducción de las emisiones de más del 9% para todo el período. Es importante destacar que se tratan de impuestos que no son compensados con la reducción de otros impuestos pero que en caso de serlo, asumiendo un impuesto de 20 USD/MtCO_{2e}, la actividad cae el primer año en 2,13%, sin embargo esto se revierte, incluso crecería al final del período alrededor de 0,87%, logrando una reducción de 7,39% en el primer año de la estimación y 4,46% al final de la misma. En la segunda opción, los impuestos se aplican a las exportaciones y los recauda el resto del mundo. Este caso a su vez se puede diferenciar por el tamaño de impuesto nuevamente, si el impuesto es de 5 USD/MtCO_{2e} la economía cae 0,35% en 2025, logrando una reducción de las emisiones de 2,10%; mientras que si el impuesto es de 20 USD/MtCO_{2e}, para el mismo año la economía cae un 1,25% reduciendo en 8,68% las emisiones al carbono.

Por otro lado, Chisari y Miller (2015) también realizaron un estudio introduciendo un impuesto de 20 USD/MtCO_{2e} en todas las actividades económicas, cuyos resultados dependen de los supuestos que se hayan tomado en los diferentes casos analizados. En primer lugar, se asume desempleo, sin movilidad del capital con respecto al resto del mundo, inexistencia de compensación del impuesto, precios constantes para las exportaciones e importaciones, y salarios reales inflexibles a la baja (Modelo 0). En cuanto a la segunda simulación, hay pleno empleo y la oferta de trabajo es inelástica (Modelo 1). Adicionalmente, realizaron otro caso en donde los salarios son inflexibles a la baja en términos de moneda extranjera con respecto a los bienes transables (Modelo 2). En cuarto lugar, se tomó la base de los casos anteriores y se añadió la posibilidad de reducción de todos los impuestos que existen en la misma proporción que se estableció para el impuesto que grava a las emisiones (Modelo 4). A través de este modelo se puede ver un aval positivo hacia la hipótesis del llamado “doble dividendo”. En otras palabras, no solo se reducen las emisiones, sino que también el nivel de actividad de la economía aumenta. Lo que se evidencia dado que las emisiones en términos de PBI se reducen en un 5,12%, mientras que el PBI aumenta en 0,71%. Igualmente, el efecto se hace más notable cuando se reducen los impuestos laborales (ver Modelo 4.3). Otro de los casos que estudiaron fue aquel en donde la movilidad doméstica del capital es posible (Modelo 5), en el cual las emisiones se reducen en mayor medida comparado con el Modelo 0 como consecuencia de que el efecto composición prevalece en mayor medida, dado que los recursos se trasladan a industrias que no son alcanzadas por el impuesto. Es decir, en el Modelo 0 la baja de emisiones es del 7,23% mientras que en este caso, Modelo 5, la reducción llega a

alcanzar un 13,14%. Por último, realizaron un análisis en donde la existencia de una tecnología más amigable con el medio ambiente está disponible asumiendo que es intensiva en recursos extranjeros y de esa forma no se paga el impuesto a emisiones. Este último caso muestra que las reducciones de emisiones son muy importantes para Argentina. A pesar de que la introducción de una nueva tecnología reduce las emisiones, tiene ciertas limitaciones dado que compite con la tecnología incumbente y a su vez ayuda a reducir los costos de manera muy significativa, siempre y cuando no sea demasiado intensiva en la demanda de recursos extranjeros. Por ende, la probabilidad de que se adopte la nueva tecnología disponible está relacionada con los posibles problemas que se pueden generar con las cuentas externas de la economía.

A continuación, se presenta un resumen de los resultados obtenidos para cada variable, según cada modelo.

Tabla 2: Principales resultados de algunos modelos destacados

	Emisiones (%)	PBI (%)
Modelo 0	-7,23	-2,43
Modelo 1	-5,83	-0,1
Modelo 2	-7,47	-2,84
Modelo 4	-5,12	0,71
Modelo 4.3	-2,91	5,11
Modelo 5	-13,14	-2,09

Fuente: Chisari y Miller (2015)

Es necesario aclarar que el estudio llevado a cabo por Chisari y Miller (2015) revela que los costos de reducir las emisiones dependen de: 1) características domésticas, es decir que están ligadas a cómo se determinan los salarios (a través del mercado o institucionalmente) y puede haber un “*passed through*” a salarios y de esa forma una disminución en el empleo; 2) desde el plano internacional, los costos dependen si las políticas son tomadas por un país o es en conjunto, si esas políticas son perjudicadas por problemas que desprenden las cuentas externas, los costos de los recursos extranjeros o bien por la migración del capital.

En cuanto a otro tipo de metodología, aplicada en Argentina, se encuentra el trabajo de Galindo et al. (2017) que utiliza la estimación por meta-análisis. Esta consiste en obtener un estimador ponderado del efecto combinado de los valores encontrados en cada trabajo, permitiendo tener en cuenta la heterogeneidad de los resultados de manera de identificar las causas de la volatilidad.

El estudio evidencia que hay una mayor heterogeneidad en los efectos del impuesto para países en desarrollo, aunque también especifica que tiene efectos positivos en el PBI debido a la sustitución de tecnologías y el desarrollo de los sectores menos intensivos en el uso de energía. Demuestra que en Argentina, un bajo nivel de impuestos de 10 USD/MtCO₂e genera un crecimiento de la economía a largo plazo de un 0,06% incluso sin

reciclaje de ingresos, aunque si se incorpora este esquema de reutilización de los ingresos, el nivel óptimo del valor del impuesto está entre los 20 y 50 USD/MtCO₂e. El impuesto de 50 USD/MtCO₂e es óptimo en caso de que se reduzcan los impuestos sobre el capital ya que el efecto de este a largo plazo en el crecimiento del PBI es de 1,88%. Mientras que el impuesto de 20 USD/MtCO₂e es óptimo en el caso de reducir los impuestos sobre el trabajo, alcanzando un crecimiento de la economía de 1,10%.

4.2 Europa

Por otro lado, Metcalf y Stock (2020) realizaron un estudio para Europa, específicamente todos los países que integran la Unión Europea incluyendo además a Islandia, Liechtenstein y Noruega, utilizando el método de mínimos cuadrados ordinarios para estimar una secuencia de regresiones de datos de panel. Su principal conclusión, destacable y muy importante para el tema, es que luego de evaluar los impuestos al carbono en los últimos 30 años, no encontraron evidencia de efectos adversos sobre el crecimiento del PBI o del empleo. Asimismo, en concordancia con la teoría macroeconómica que indica que las tasas de crecimiento están impulsadas por los *fundamentals*, y por lo tanto no se ven afectadas por los precios relativos, el estudio no puede rechazar que el impuesto no tiene un efecto de largo plazo en las tasas de crecimiento. Del mismo modo, hallaron reducciones de emisiones en el orden del 4% al 6% para una aplicación del impuesto de 40 USD/MtCO₂e.

4.3 España

Por último, Freire-González y Ho (2019) investigaron con el objetivo de conocer los efectos tanto ambientales como económicos de la aplicación de los impuestos, y a su vez la verificación de la teoría del doble dividendo reduciendo otros impuestos. Ellos simularon para España el impacto de tres impuestos al carbono, 10 euros, 20 euros y 30 euros por tonelada de CO₂. En comparación con el trabajo anterior, ellos supusieron pleno empleo, movilidad de factores y tasa de ahorro fija. Para cada impuesto, examinaron cuatro escenarios de "reciclaje de ingresos": una reducción de los impuestos sobre el capital, sobre la mano de obra, sobre el impuesto sobre el valor agregado y un escenario en el que los ingresos no se reciclan. Como resultado, obtuvieron que al reciclar los ingresos, reduciendo los impuestos preexistentes como el impuesto sobre el capital, el impuesto laboral y el IVA, existe la evidencia del doble dividendo para los impuestos menores o iguales de 10 EUR/tCO₂e. Así, la reducción de las emisiones con el impuesto de este importe es de un 10%, y los sectores intensivos en mano de obra o capital son beneficiados en los escenarios de reciclaje. Una de sus conclusiones más importantes, luego de analizar todos los escenarios, es que el esquema de reciclaje de los ingresos genera una reducción de costos al reducir otros impuestos, implicando reducciones menores en el PBI.

5. Metodología

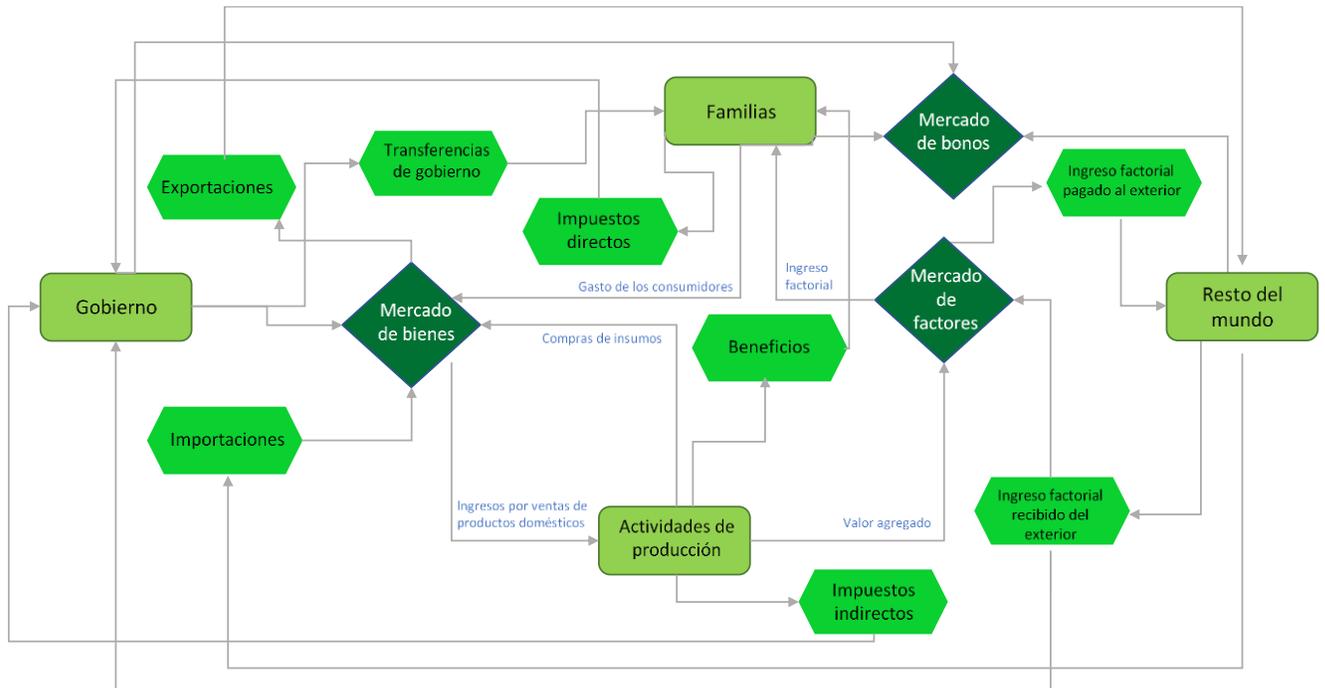
Para poder llevar a cabo las simulaciones propuestas, se utilizará un Modelo de Equilibrio General Computado (MEGC) para Argentina en el año 2015. Un MEGC es una representación numérica de las condiciones de equilibrio agregado y de cada uno de los

mercados, donde intervienen consumidores y productores, cuyos comportamientos derivan de las funciones de utilidad en el caso de los hogares y el gobierno, y de producción en el caso de los sectores productivos.

En análisis con modelos EGC el sistema de precios es clave para los resultados, dado que, para cada simulación hipotética, se calcula un vector de precios que iguala la demanda con la oferta, y a su vez esos precios son el motivo de las variaciones en el bienestar de los agentes, de los niveles de actividad y de la trayectoria del crecimiento de la economía.

En cualquier MEGC debe estar representado el flujo circular de la economía, donde se debe tener en cuenta que los productores y consumidores participan tanto en el mercado de bienes como en el de factores, y que el gobierno recauda impuestos directos como indirectos. Adicionalmente, se debe considerar al resto del mundo como un agente más. Una versión simplificada del mismo es la siguiente

Ilustración 3: Flujo circular de la renta



Fuente: elaboración propia

donde cada agente de la economía toma decisiones sujeto a restricciones. Es decir que a través de sus funciones de comportamiento conforman el sistema de equilibrio general. Cada función de comportamiento indica las acciones que cada agente va a ejecutar a los precios que de mercado. Así, se detallará brevemente cada uno de los agentes.

Hogares

El objetivo de los hogares es maximizar su utilidad dada su restricción presupuestaria. Tal restricción indica que el gasto total que puede realizar en compra de bienes de consumo,

inversión, bonos y pago de impuestos, no puede superar su ingreso. Tal como lo indica la siguiente ecuación

$$(1) \max U(c_T, c_N, c_R, m, BD) \text{ s. a } \sum_T p_T c_T + p_R c_R + p_N c_N + p_m m + p_b (BD - BD^*) = w\bar{L} + \sum_{I/\{R\}} r_I \cdot \bar{K}_I + \theta \pi_R^* + \theta t p_R G(L_R, K_R) + TR^w v$$

Donde c_T es el consumo de transables, c_R es el consumo de bienes regulados y c_N es el consumo de servicios, la letra m es el total de importaciones de las familias. Además, p_T , p_R , p_N y p_m son sus respectivos precios. w es el salario y r_I es la tasa de ganancia del sector I . \bar{L} y \bar{K} representan las dotaciones de los agentes domésticos de trabajo y capital. BD^* representa la dotación de bonos de las familias (que pueden ser comprados o vendidos) por lo que $(BD - BD^*)$ es la compra neta de bonos y p_b su precio. θ es la participación en los beneficios del sector regulado y π_R^* es el beneficio del sector regulado. Por otro lado, $TR^w v$ hace referencia a las transferencias recibidas del gobierno como resultado de programas de política social, se supone que las familias tienen una dotación TR^w cuyo precio es v .

Empresas

El objetivo de las empresas es maximizar su beneficio que está limitado por su restricción tecnológica y de capital. Se subdivide entre el sector de bienes transables y de bienes no transables. Con Y_T , H y G se representan las funciones de producción de los bienes transables, no transables y regulados, respectivamente.

Sector de transables:

$$(2) \pi_t = [p_T - \sum_{J \neq T} a_{J,T} p_T - a_{R,T} p_R - a_{N,T} p_N] Y_T(L_T, K_T) - wL_T - r_T K_T$$

para $T=1,2$ y donde $a_{J,T}$, $a_{N,T}$ y $a_{R,T}$ son coeficientes de insumo-producto.

Sector de no transables:

Los servicios no sujetos a regulación de precios tienen funciones de beneficio dadas por expresiones similares a las anteriores:

$$(3) \pi_N = [(1 + t_N) p_N - \sum_T a_{T,N} p_T - a_{R,N} p_R - a_{N,T} p_N] H(L_N, K_N) - wL_N - r_N K_N$$

Aquí se ha agregado un impuesto a las ventas, a los fines de la presentación, aunque el modelo podría considerar casi toda la amplia gama de gravámenes existentes.

Los pagos a los factores son recibidos por las familias y por el resto del mundo. Los beneficios son distribuidos a las familias y al resto del mundo; inclusive el gobierno puede recibir beneficios por su participación en la tenencia de capital privado.

Resto del mundo

De la misma manera, el resto del mundo tiene una función de utilidad pero está limitada por su tecnología y su restricción presupuestaria. Compra bienes domésticos y produce los propios y parte de su producción es comprada por los agentes domésticos. También compra y vende bonos de las familias y del gobierno.

$$(4) \text{Max } v(x_T, m^*, BX) \text{ s.a } p_m m^* + p_T x_T + b(Bx - Bx^*) = w^* \bar{F} + (1 - \theta)\pi_R + \pi_m^* + \sum_t \pi_T^* + t p_R G(L_R, K_R)(1 - \theta)$$

El agente extranjero recibe beneficios y remuneración del capital doméstico y del resto del mundo. En esta restricción, se indica con x_T a las exportaciones. Así, m^* es el de los bienes que se producen en el extranjero. Los bonos también entran como argumento de su función de utilidad; donde el agente tiene una dotación inicial Bx^* . El segundo y el último término en el lado derecho de la ecuación hacen referencia a la participación del capital extranjero en los sectores regulados.

Gobierno

El gobierno tiene una función de utilidad acompañado de una restricción presupuestaria. En su caso, recibe ingresos ya sea por impuestos, por propiedad de factores, por venta de bonos, y lo destina a la compra de bienes nacionales, bienes internaciones, bienes de inversión y también en transferencias. La siguiente ecuación representa una versión simplificada de la restricción presupuestaria

$$(5) TR + LG + IG + G + p_B BG = [t_N p_N H(L_N, K_N)] + p_B BG^*$$

donde TR son las transferencias a los hogares de menores ingresos

LG es la inversión del gobierno en no transables

BG^* es dotación de bonos

$BG - BG^*$ son las compras netas

Condiciones de equilibrio

Las ecuaciones (6) a (8) representan las condiciones de equilibrio para los factores usados domésticamente, y (9) es la condición de equilibrio en el mercado del factor extranjero. Las ecuaciones (10) a (13) corresponden a las condiciones de equilibrio en mercados de bienes. La ecuación (14) define la condición de equilibrio en el mercado de transferencias, y (15) corresponde al mercado de bonos.

$$(6) \bar{L} = L_c + L_R + L_N + L_G$$

$$(7) \bar{K}_T = K_T \quad (T = 1,2)$$

$$(8) \bar{K}_N = K_N$$

$$(9) \bar{F} = F_m + \sum_T F_T$$

$$(10) G(L_R, K_R) + q_R = \sum_T a_{R,T} Y_T(L_T, K_T) + a_{R,N} H(L_N, K_N) + c_R$$

$$(11) Y_T(L_T, K_T) + x_T^S = a_{T,R} G(L_R, K_R) + a_{T,N} H(L_N, K_N) + c_T + x_T$$

$$(12) \quad H(L_N, K_N) = \sum_t a_{N,T} Y_T(L_T, K_T) + a_{N,R} G(L_R, K_R) + c_N + G + IG$$

$$(13) \quad m^s = m + m^*$$

$$(14) \quad TR = TR^w$$

$$(15) \quad BD + BG + BX = BD^* + BG^* + BX^*$$

5.1 Matriz de contabilidad social

Para la construcción del flujo circular de la renta, es necesario contar con un volumen importante de información, donde el insumo principal es la matriz de contabilidad social (MCS o SAM: “*Social Accounting Matrix*”).

La MCS es un sistema de cuadro de doble entrada con los ingresos de cada una de las cuentas en las filas y los gastos en las columnas, que cumple con la restricción presupuestaria básica (ingreso igual a gasto). Además, la MCS debe cumplir con la Ley de Walras, donde la suma de los valores de los excesos de demanda tiene que igualar a cero. Así, la MCS incluye la matriz insumo-producto, dado que evidencia el sistema de encadenamientos interindustriales de una economía, es decir, la compra de un insumo intermedio por un sector representa la venta del insumo por otro sector.

Las principales fuentes de datos para su construcción son: cuentas nacionales, cuentas del gobierno, base de datos de comercio internacional, encuestas de hogares, y estructuras de costos de la última matriz insumo producto disponible. Asimismo, la matriz a pesar de utilizar todos los datos provistos por las cuentas nacionales y bancos centrales, entre otros, requiere que se modele un instrumento financiero que cierra la posición financiera neta de los agentes económicos. En este caso, se incorporaron bonos para compensar la información imperfecta provistas por las fuentes de información.

5.2 Datos

El modelo consta de 34 sectores productivos, 5 hogares clasificados según su nivel de ingresos y 2 cuentas más correspondientes al gobierno y al sector externo. El modelo fue realizado por Chisari et al. (2015), quienes lo construyeron con datos obtenidos de Cuentas Nacionales, del Observatorio de Empleo y Dinámica Empresarial (OEDE) perteneciente al Ministerio de Trabajo, de la Encuesta Permanente de Hogares y de la Encuesta de Gastos de los Hogares, de la Oficina Nacional de Presupuesto, de AFIP, del Ministerio de Hacienda y del Sistema Informático Malvina de Aduana.

6. Simulaciones

El modelo que se va a utilizar como base de las simulaciones se desarrolla en el programa GAMS (General Algebraic Modeling System). Asimismo, el modelo presenta mucha flexibilidad lo que conlleva a la realización de ejercicios de sensibilidad, es decir que otorga la posibilidad de llevar a cabo variantes y modificaciones en la estructura del modelo de forma rápida y relativamente sencilla.

El modelo de equilibrio general está conformado por múltiples funciones de comportamiento que representan a los agentes económicos y la MCS, como así también de información

complementaria que no se encuentra en la misma. Tal información adicional hace referencia a las elasticidades de sustitución como de transformación que sirven como parámetros a las mencionadas funciones de comportamiento. Una vez formalizada la estructura tanto contable como funcional, el modelo se debe calibrar para obtener un equilibrio inicial (“equilibrio empírico”), y de esta forma ser punto de referencia o “*benchmark*” para las distintas simulaciones que se quieran realizar. Más bien, cada ejercicio de sensibilidad dentro del MEGC que modifica ciertos parámetros o alguna forma funcional del modelo, se debe comparar el nuevo equilibrio con ese *benchmark*. Cada simulación ejecutada recibe el nombre de “ejercicios contrafácticos” dado que indica su carácter experimental. Adicionalmente, el modelo cuenta con diferentes indicadores que se pueden dividir entre macroeconómicos o de calidad ambiental. Entre ellos, el Índice de Kutznets y el Índice de Emisión, los cuales se pueden utilizar para realizar comparaciones de las variaciones porcentuales entre los distintos escenarios a lo largo del tiempo. A propósito de esto último, el modelo cuenta con un horizonte temporal de 10 años.

Es importante resaltar que el modelo toma a Argentina como un país pequeño, es decir, como tomador de precios, las decisiones del resto de los países sí afectan a la economía nacional pero las decisiones de Argentina no afectan al resto de las economías. Otro punto asociado a esto, es que en el modelo no hay optimización intertemporal, los agentes no maximizan con un horizonte infinito, sino más bien se trata de un modelo del tipo “miope”.

6.1 Resultados

A continuación, se explicitan los principales resultados de las simulaciones comparadas con el escenario base, donde no hay variaciones de precios de petróleo ni de impuestos a las emisiones de GEI. Es importante aclarar que, a menos que se explicita, los mismos hacen referencia al último año de la simulación.

En primer lugar, se observarán las simulaciones que no tienen en cuenta una mayor posibilidad de un cambio tecnológico y solo contemplan como shock las variaciones del precio del petróleo y las variaciones de los impuestos.

En segundo lugar, se expondrán aquellos resultados correspondientes a las simulaciones, pero teniendo en cuenta que la economía ya posee una mayor capacidad de sustituir los insumos.

Por último, se contemplarán aquellos donde la posibilidad de sustituir los insumos con mayor facilidad se incluye como un shock tecnológico, es decir la economía al final del período puede sustituir los insumos y cambiar su tecnología a una más adecuada según le convenga, mientras que al inicio no lo puede realizar.

Esta mayor o menor capacidad de sustitución se puede modelizar a través del cambio de la elasticidad entre el valor agregado y los insumos intermedios. Así, en la primera simulación, tanto en la base como en el ejercicio contrafáctico, se utiliza la elasticidad con el valor 0. Mientras que en el segundo escenario, dado que la economía ya posee esa mayor capacidad se utiliza la elasticidad de 0,5 en los dos aspectos, base y ejercicio. De la

misma manera, para incluir el cambio en la capacidad como shock, se establece en la base un valor de elasticidad de 0 y en el ejercicio un valor de 0,5.

6.1.1 Simulación 1: Economía con menor capacidad de un cambio tecnológico

Tabla 3: Economía con menor posibilidad de un cambio tecnológico

PBI*	PIP CAE 32%	PIP CAE 16%	PIP CAE 8%	PIP NO CAE
IMPUESTO 25 USD/MtCO ₂ e	0,324	-0,355	-0,792	-1,271
IMPUESTO 5 USD/MtCO ₂ e	1,355	0,668	0,264	-0,240
SIN IMPUESTO	1,593	0,904	0,507	0

EMISIONES*	PIP CAE 32%	PIP CAE 16%	PIP CAE 8%	PIP NO CAE
IMPUESTO 25 USD/MtCO ₂ e	-4,332	-4,404	-4,906	-5,834
IMPUESTO 5 USD/MtCO ₂ e	0,315	0,234	-0,086	-1,132
SIN IMPUESTO	1,432	1,349	1,075	0

* Variaciones porcentuales entre la simulación y la base – Último año.

Fuente: elaboración propia

Partiendo del *benchmark* inicial en esta simulación, es posible observar los distintos escenarios según los niveles de precios y de impuestos. Cuando el precio internacional del petróleo (PIP) no cae pero se aumentan los impuestos, tanto el nivel de actividad como las emisiones caen en una mayor proporción cuanto más alto sea el nivel de impuestos, es decir, si el impuesto es de 25 USD/MtCO₂e, el PBI cae en 1,27% mientras que si el impuesto es de sólo 5 USD/MtCO₂e, la caída es de 0,24% respecto de la trayectoria base calculada. De manera análoga sucede con la trayectoria de emisiones, cuando el impuesto es más alto, las emisiones de CO₂ caen en un 5,83%, mientras que si el impuesto es menor, sólo lo hacen en un 1,13%.

De esta modo, se puede analizar que en el caso donde el precio del petróleo cae un 32%, las emisiones son compensadas cuando el impuesto es de 5 USD/MtCO₂e, dado que la variación neta de estas emisiones es cercana a 0. Mientras que en el caso donde el impuesto es de 25 USD/MtCO₂e, las emisiones netas son negativas, es decir, existe un nivel menor de emisiones al inicial. En tanto, si no estuviera el impuesto, las emisiones crecerían respecto al nivel inicial, ya que no se neutralizarían los efectos de la caída del precio del petróleo sobre tales emisiones.

Por otro lado, comparando con el escenario donde el precio internacional del petróleo cae un 8%, a través de la siguiente tabla se puede comprobar que cae el nivel de precios de la economía y se contraen aquellos sectores que consiguen el insumo más barato dado que son menos rentables, por esto se observa que el nivel de actividad primario se contrae mientras que los demás se expanden. Dado que el sector terciario es el que se expande en mayor proporción y tiene una ponderación mayor en el PBI, es posible explicar el crecimiento del nivel de actividad en un 0,5% con respecto al escenario base.

Debido a que los precios caen, se genera un descenso de los salarios que provoca que el desempleo sea menor, comparándolo con respecto al escenario base. Asimismo, es posible indicar que los efectos sobre el nivel de precios de la economía y el desempleo se profundizan a medida que transcurre el tiempo. Esto permite explicar la expansión del sector terciario nombrada anteriormente, es decir, dado que los precios caen, el salario también lo hace y dado que el sector terciario se caracteriza por ser trabajo intensivo, este se expande.

Tabla 4: Desempeño de variables frente a una caída del PIP de 8%

	Primer año	Último año
IPC*	-0,6796	-0,8533
Desempleo*	-0,3807	-0,4269
Sector primario*	-0,9753	-0,2766
Sector secundario*	0,0836	-0,1534
Sector terciario*	0,6032	0,8022

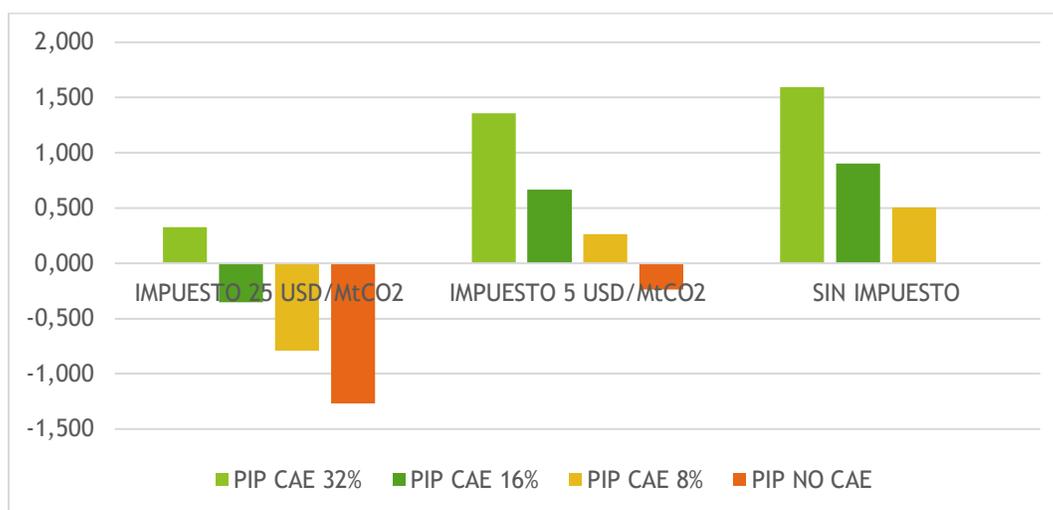
*Variaciones porcentuales entre la simulación y la base. Escenario sin impuestos.

Fuente: elaboración propia

En cuanto a los indicadores ambientales, siguiendo el mismo escenario de caída del 8%, se puede observar que el patrón se repite en comparación con el escenario donde el precio no cae. Es decir, al aumentar los impuestos en una mayor proporción, las emisiones caen en una mayor proporción, hay una relación negativa entre estos dos conceptos, lo cual tiene sentido ya que los impuestos tienen el objetivo de reducir tales emisiones.

Estos patrones de resultado se repiten cuando el PIP cae 16% y 32%. Es decir, en ellos vemos que a medida que cae más el precio y se reducen los impuestos, el nivel de actividad y las emisiones aumentan. Tal como se demuestra en el siguiente gráfico respecto a las variaciones del PBI.

Ilustración 4: Variación % del PBI respecto a la base – Último año



Fuente: elaboración propia

Ahora bien, si la economía se encuentra en un escenario tal como la caída del precio del 32% y el Estado debe decidir entre un impuesto de 5 USD/MtCO₂e y uno de 25 USD/MtCO₂e, se debe tener en cuenta que el nivel de actividad cae 1% entre estos escenarios, pero con el beneficio de reducir en 4 puntos porcentuales el nivel de emisiones, tal como se evidencia en la tabla 3. De esta manera, queda explícito este *trade off* entre el nivel de actividad y de emisiones.

6.1.2 Simulación 2: Economía con mayor capacidad de cambio tecnológico incorporada

Tabla 5: Economía con mayor capacidad de cambio tecnológico incorporada

PBI*	PIP CAE 32%	PIP CAE 16%	PIP CAE 8%	PIP NO CAE
IMPUESTO 25 USD/MtCO ₂ e	0,039	-0,587	-0,912	-1,363
IMPUESTO 5 USD/MtCO ₂ e	1,134	0,507	0,193	-0,265
SIN IMPUESTO	1,390	0,763	0,451	0

EMISIONES*	PIP CAE 32%	PIP CAE MUCHO	PIP CAE POCO	PIP NO CAE
IMPUESTO 25 USD/MtCO ₂ e	-2,004	-2,684	-3,086	-4,953
IMPUESTO 5 USD/MtCO ₂ e	1,954	1,255	0,918	-0,960
SIN IMPUESTO	2,911	2,208	1,868	0

* Variaciones porcentuales entre la simulación y la base – Último año.

Fuente: elaboración propia

En cuanto a esta simulación, se supone que la economía tiene una mayor capacidad de modificar su tecnología aprovechando ese insumo más barato relativamente. Es importante

resaltar que, ante una mayor sustitución de los insumos, el PBI crece menos que en una situación donde no se puede sustituir dado que los productores prefieren usar insumos intermedios antes que valor agregado. Este hecho se puede reflejar en las diferencias de crecimiento del PBI respecto de la base ante los escenarios de mayor y menor sustitución en una situación donde no se introducen impuestos, como así se lo indica en el siguiente cuadro

Tabla 6: Variación del PBI cuando no hay impuestos

Sin impuestos	PBI*	
	Menor sustitución	Mayor sustitución
No cae	0,00	0,00
Cae 8%	0,51	0,45
Cae 16%	0,90	0,76
Cae 32%	1,59	1,39

* Variaciones porcentuales entre la simulación y la base – Último año.

Fuente: elaboración propia

Asimismo, se puede observar que en el caso de que no haya imposiciones, se expanden aún más las emisiones y la economía es más sucia, lo que podemos examinar mediante el Índice de Kutznets, comparando con el escenario donde la economía no tiene la capacidad de sustituir los insumos.

Tabla 7: Índice de Kutznets si el PIP no cae

Sin impuestos	Índice de Kutznets			
	Menor sustitución		Mayor sustitución	
	Primer año	Último año	Primer año	Último año
No cae	100,01	101,26	100,01	101,66
Cae 8%	100,40	101,81	100,98	103,01
Cae 16%	100,17	101,86	101,03	103,08
Cae 32%	99,71	101,37	101,13	103,16

* Valor del índice en términos absolutos

Fuente: elaboración propia

Se puede observar que bajo una mayor sustitución, los agentes hacen un uso superior del combustible fósil y por esto la economía es relativamente más sucia, representada con un Índice de Kuznets mayor a medida que transcurre el tiempo.

Además, esto se profundiza si la caída del precio es más grande, dado que se vuelve aún más barato relativamente. Esto se puede demostrar mediante el cuadro anterior, que contempla distintas variaciones de precios, donde los valores expuestos son el valor absoluto del Índice de Kutznets.

Mientras los agentes tengan una mayor capacidad de sustituir los insumos y de esta manera utilizar la tecnología más apropiada, podrán reemplazar los insumos por aquel que sea más barato relativamente, así bajo este escenario, podemos ver que si el precio del petróleo cae en un 8%, el índice de Kutznets aumenta en el último año con sustitución a 103,01, siendo la diferencia con el caso en que no pueda sustituir estos insumos de 1,2 en el valor del

índice, dado que sin sustitución es de 101,81. Mientras que, si cae en un 16% o 32%, el índice es cada vez mayor, lo que implica que la economía es cada vez menos limpia. Asimismo, se puede observar que la diferencia en los índices con y sin sustitución, se profundiza aún más cuando cae en mayor proporción el precio del petróleo, lo que indica que la economía sustituye en mayor proporción los insumos, cuando estos son más baratos relativamente.

En consecuencia, dado que el conjunto de bienes producidos no es tan limpio como antes, se observa un efecto sustitución de bienes, lo que en términos de Brock y Taylor (2005) se denomina efecto tecnológico.

Pero cuando se establece el impuesto, las economías utilizan esa capacidad de sustitución ya no para conseguir sus insumos más baratos sino para migrar de una tecnología menos limpia a una más limpia, dado que por el efecto del impuesto, el insumo se encareció relativamente. Esto implica que se contrae el sector primario, pero lo hace en menor proporción comparado con el escenario donde no hay posibilidad de modificar su tecnología rápidamente, como resultado de que en este caso sí pueden sustituir sus insumos con mayor facilidad. Lo que se puede observar en el siguiente cuadro.

Tabla 8: Variación de los niveles de actividad en el sector primario

Caída PIP 16%	Niveles de actividad agregados (Cantidades)					
	Menor sustitución			Mayor sustitución		
	Sin impuesto	Impuesto 5 USD/Mt	Impuesto 25 USD/Mt	Sin impuesto	Impuesto 5 USD/Mt	Impuesto 25 USD/Mt
Sector primario*	-0,9082	-2,1973	-7,5531	-0,7107	-1,9075	-6,8572

* Variaciones porcentuales entre la simulación y la base – Último año.

Los impuestos hacen referencia a USD/ MtCO₂e

Fuente: elaboración propia

Adicionalmente, se puede observar que en el caso de menor sustitución bajo un impuesto de 25 USD/MtCO₂e, las cantidades en el nivel de actividad agregado primario caen un 7,55% respecto de su trayectoria base mientras que si puede sustituir en mayor medida, sólo cae en 6,86%. Esto se puede generalizar dado que mientras menores sean los impuestos y mayor sea la sustitución, menor es la caída en el sector primario.

En cuanto a las extensiones tanto de la caída del precio internacional del petróleo como del importe del impuesto, se puede evidenciar la misma relación que se observó en la simulación anterior, es decir, a medida que cae en mayor proporción el precio y el impuesto es menor, la economía y las emisiones crecen cada vez más, respecto del *benchmark* donde no se contemplan estos cambios de precio ni de impuestos.

6.1.3 Simulación 3: Economía con mayor capacidad de sustituir insumos considerado como shock

Tabla 9: Economía con un shock positivo tecnológico

PBI*	PIP CAE 32%	PIP CAE 16%	PIP CAE 8%	PIP NO CAE
IMPUESTO 25 USD/MtCO ₂ e	-0,309	-0,935	-1,260	-1,711
IMPUESTO 5 USD/MtCO ₂ e	0,786	0,159	-0,155	-0,613
SIN IMPUESTO	1,042	0,415	0,103	-0,348

EMISIONES*	PIP CAE 32%	PIP CAE 16%	PIP CAE 8%	PIP NO CAE
IMPUESTO 25 USD/MtCO ₂ e	-1,898	-2,578	-2,980	-4,847
IMPUESTO 5 USD/MtCO ₂ e	2,060	1,361	1,023	-0,854
SIN IMPUESTO	3,017	2,314	1,974	0,106

* Variaciones porcentuales entre la simulación y la base – Último año.

Fuente: elaboración propia

Por último, mediante la presente simulación, se muestran los efectos dentro una economía que tuvo un shock tecnológico positivo. Tal shock le permite realizar la sustitución entre insumos de una manera más eficiente.

Para comenzar, el cuadro resultante indica que ante cualquier variación negativa del precio cuando el impuesto es de 25 USD/MtCO₂e, las emisiones y el nivel de actividad disminuyen con respecto con la trayectoria base. Pero cuando el impuesto es nulo, las dos variables (emisiones y PBI) aumentan sus niveles. De la misma manera, la economía cuando no se impone ningún impuesto y el PIP cae de manera más abrupta en comparación con los demás, específicamente un 32%, se vuelve más sucia dado que le es más barato seguir produciendo bienes o servicios que contengan petróleo. Asimismo, la aplicación de un impuesto de 5 USD/MtCO₂e, modificó parcialmente las decisiones de producción ya que las emisiones aumentaron (2,06%) y el PBI a su vez aumentó 0,786%, en comparación con el *benchmark*. Sin embargo, cuando el impuesto es todavía más grande, tales decisiones sí cambian debido a que la misma caída del PIP no compensa la suba del impuesto, haciendo disminuir las emisiones y el PBI en 1,898% y 0,309% respectivamente. Con el objetivo de verificar que la economía se vuelve cada vez más sucia, se exponen las variaciones del Índice de Kutznets con respecto al *benchmark*:

Tabla 10: Variación del Índice de Kutznets respecto al *benchmark*

Índice de Kutznets (PIP cae 32%) *		
Impuesto 25 USD/Mt	Impuesto 5 USD/Mt	Sin impuesto
-1,660	1,010	1,660

* Variaciones porcentuales entre la simulación y la base – Último año.

Los impuestos hacen referencia a USD/ MtCO₂e. Fuente: elaboración propia

De esta forma se puede demostrar que a medida que aumenta el impuesto, el índice se reduce lo que indica que la economía es cada vez más limpia.

Asimismo, en consecuencia del shock tecnológico, comparándolo con la Simulación 1, y específicamente con la situación donde la caída del PIP es del 32%, las variaciones en los distintos niveles de actividad agregado son menores, y las actividades primarias como las secundarias se trasladan hacia otras donde el uso del combustible fósil es menor, es decir a las terciarias. Por tal razón, podemos ver las variaciones negativas en los niveles de actividad primario y secundario, mientras que las variaciones en actividades terciarias son positivas. De igual forma, las direcciones de los movimientos se repiten para las situaciones donde hay impuestos a las emisiones como donde no se los contemplan. En el siguiente cuadro, se puede ver la variación de cada actividad.

Tabla 11: Variaciones del nivel de actividad agregado cuando el PIP cae 32%

Nivel de Actividad Agregado *	Impuesto 25 USD/Mt	Impuesto 5 USD/Mt	Sin impuesto
Primario	-6,120	-1,230	-0,050
Secundario	-1,010	-0,700	-0,620
Terciario	0,390	1,420	1,670

* Variaciones porcentuales entre la simulación y la base – Último año. Los impuestos hacen referencia a USD/ MtCO_{2e}
Fuente: elaboración propia

En cuanto a los demás casos tanto de precio como de emisiones, la economía sufre los efectos en la misma dirección, pero en distintas magnitudes. A medida que el precio cae y los impuestos aumentan, las variaciones del PBI y las emisiones caen.

7. Conclusiones

Las emisiones de gases efecto invernadero involucran externalidades intertemporales. Es decir, que la generación actual sufre los efectos de las emisiones pasadas, y las generaciones futuras sufrirán los efectos de las emisiones actuales, por ende, se necesita incorporar los intereses de las generaciones futuras al momento del análisis. Así, el daño ambiental provocado por las mismas, se lo puede reducir a través de la implementación de impuestos, los cuales tienen repercusiones en la competitividad y en la distribución del ingreso. Además, trae aparejado tres efectos: técnico (inversión en energías renovables), composición (sustitución de bienes de aquellos que utilizan más energía a los que utilizan menos), y escala (si se reducen las emisiones, se reduce el PBI).

En este trabajo se estudió mediante el modelo de equilibrio general computado, el impacto que generó las distintas caídas del precio internacional del petróleo sobre la economía argentina dentro del contexto macroeconómico del 2015. Específicamente, este estudio se basó en la disminución del precio de petróleo provocado por la pandemia del virus denominado COVID-19 durante el año corriente, 2020. Con el objetivo de no sesgar los resultados debido a las diferentes restricciones económicas y sociales provocadas por tal virus, se llevó a cabo el ejercicio de sensibilidad en otro contexto, como anteriormente se mencionó. De la misma forma, gracias a la caída del precio, las emisiones de gases nocivos van a aumentar dado que bajará la inversión en energías renovables (energías limpias) y por lo tanto, se estudió el impacto de impuestos sobre tales emisiones.

Así, se contemplaron diversos escenarios, teniendo en cuenta una mayor o menor posibilidad de cambio tecnológico e incluso un escenario que incluye la posibilidad de cambiar tecnología de manera más eficiente como shock. Dentro de cada uno de estos escenarios se observó el efecto de la caída del precio del petróleo de 8%, 16% y 32% y a su vez, en cada uno de estos, se analizó que sucedía en la economía si se agregaba un impuesto de 5 USD/MtnCO₂, uno de 20 USD/MtCO₂e o bien, sin agregar impuestos.

La sección 6 explica detalladamente cada uno de estos resultados. En líneas generales siempre se cumple el mismo patrón: cuanto mayor sea la caída del precio y menor el impuesto, mayor será el crecimiento del nivel de actividad de la economía y mayor el nivel de emisiones. En cuanto al caso donde la economía ya posee la capacidad de modificar su tecnología de manera más eficiente, el PBI crece en menor proporción mientras que la economía es menos limpia, lo que se repite en el caso de que se incluya como shock esta posibilidad de cambio tecnológico, sin considerar la aplicación de un impuesto.

En cuanto a la hipótesis de que los efectos de los impuestos sobre las emisiones son neutralizados si el precio disminuye sistemáticamente, se puede observar que la misma se cumple. Precisamente se da en el caso de que los impuestos son de 5 USD/MtnCO₂e cuando la caída se da en mayor proporción, específicamente si se toma en cuenta la caída del 32% en el precio del petróleo, en el caso de que la economía no posea una mayor capacidad de sustituir sus insumos. En los demás casos, se puede observar que no se neutralizan completamente los efectos del impuesto sobre las emisiones, dado que se obtienen resultados en ambos sentidos. Por un lado, casos donde el impuesto no alcanza a reducir el total de emisiones provocadas por la caída del precio y por otro, casos donde el impuesto reduce las emisiones en mayor proporción de lo que estas crecieron motivadas por la baja en el precio, es decir, el efecto neto sobre tales emisiones es negativo.

Por último, futuras líneas de investigación deberían contemplar una actualización de la matriz de contabilidad social obteniendo resultados más actuales, así como incluir el reciclaje de ingresos, reduciendo otro tipo de impuestos de manera de reducir las distorsiones que conlleva la imposición y analizar cómo se comporta la economía. De la misma manera, se puede realizar este análisis mediante un modelo dinámico de equilibrio general tomando en cuenta las decisiones de los agentes en cada uno de los períodos.

8. Bibliografía

- Agencia Internacional de Energía. (2020). *Data and statistics*. Obtenido de <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tables?country=WORLD&energy=Balances&year=2018>
- Aguilar, S., Bouzas, R., y Molinari, A. (2009). *Mitigación del cambio climático y comercio internacional: algunas implicaciones para América Latina*. UDESA.
- Arezki, R., y Obstfeld, O. (2015). *El precio del petróleo y el precio del carbono*. FMI.
- Banco Mundial. (2020). Adding Fuel to the Fire: Cheap Oil during the Pandemic. En B. Mundial, *Global Economic Prospects: June 2020*.
- Barde, J. P. (2005). Reformas tributarias ambientales en países de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE). En CEPAL, *Política fiscal y medio ambiente: bases para una agenda común*.
- Benavente García, J. M. (2016). *Impact of a current tax on the Chilean economy: a computable general equilibrium analysis*.
- Bovenberg, A. L., y Goulder, L. (1996). Optimal Environmental Taxation in the Presence of Other Taxes: General Equilibrium Analyses. *American Economic Review*, 985-1000.
- Brock, W. A., y Taylor, M. S. (2005). *Economic growth and the environment: a review of theory and empirics*.
- Butze Aguilar, W. (2006). *Permisos de contaminación negociables: un instrumento de mercado para la regulación ambiental*. Distrito Federal, México.
- Chisari, O., y Miller, S. (2015). *CGE Modeling: The Relevance of Alternative Structural Specifications for the Evaluation of Carbon Taxes' Impact and for the Integrated Assessment of Climate Change Effects: Simulations for Economies of Latin America and the Caribbean*. BID.
- Chisari, O., y Ramos, M. P. (2018). Impuestos a las emisiones de gases efecto invernadero y desarrollo. En J. M. Fanelli, *Desarrollo sostenible y ambiente en la Argentina*.
- Chisari, O., Maquieyra, J., y Miller, S. (2012). *Manual sobre modelos de equilibrio general computado para economías de LAC con énfasis en el análisis económico del cambio climático*.
- Chisari, O., Vila Martínez, J., Mastronardi, L., y Ramos, P. (2015). *Matrices de contabilidad social*.
- Climate Watch. (2016). *Climate Watch Data*. Recuperado el 28 de 08 de 2020, de <https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions?chartType=percentage&gases=all-ghg>
- Dissou, Y., y Siddiqui, M. S. (2014). *Can carbon taxes be progressive?*
- El Gamal, R., Lawler, A., y Astakhova, O. (6 de Marzo de 2020). OPEC's pact with Russia falls apart, sending oil into tailspin. *Reuters*. Obtenido de <https://www.reuters.com/article/us-opec-meeting/opecs-pact-with-russia-falls-apart-sending-oil-into-tailspin-idUSKBN20T0Y2>
- Fanelli, J. M., Jiménez, J. P., y López Azcúnaga, I. (2015). *La reforma fiscal ambiental en América Latina*.

- Freire-González, J., y Ho, M. S. (2019). Carbon taxes and the double dividend hypothesis in a recursive-dynamic CGE model for Spain. *Economic Systems Research*.
- Galindo, L. M., Beltrán, A., Ferrer Carbonell, J., y Alatorre, J. E. (2017). *Efectos potenciales de un impuesto al carbono sobre el producto interno bruto en los países de América Latina*. Santiago.
- Goulder, L. H. (1995). *Environmental Taxation and the 'Double Dividend': A Reader's Guide*.
- Goulder, L. H. (1998). Environmental Policy Making in a Second-Best Setting. *Journal of Applied Economics*, 279-328 .
- Goulder, L. H., Parry, I. W., y Burtraw, D. (1997). Revenue-Raising versus Other Approaches to Environmental Protection: The Critical Significance of Preexisting Tax Distortions. *The RAND Journal of Economics*, 708-731.
- Gutman, V., y Chidiak, M. (2018). Cambio climático: incentivos, inversiones y reducción de emisiones. En PNUD, *Ensayos sobre desarrollo sostenible: la dimensión económica de la Agenda 2030 en la Argentina*.
- Hardin, G. (1968). The tragedy of the commons. *Science*.
- IPCC. (2011). *Fuentes de energías renovables y mitigación del cambio climático*.
- Jefatura de Gabinete de Ministros y Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. (2015). *Tercera Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*.
- Jorgenson, D. W., Goettle, R., Ho, M. S., y Wilcoxon, P. J. (2015). Carbon Taxes and Fiscal Reform in the United States . *National Tax Journal*, 121-37.
- Macas Pallo, L. D. (2015). *Políticas en gestión energética para incentivar el uso de energías renovables en Ecuador*. Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- Meng, S., Siriwardana, M., y McNeill, J. (2013). The Environmental and Economic Impact of the Carbon Tax in Australia. *Environmental and Resource Economics*, 313-32.
- Metcalf, G. E., y Stock, J. H. (2020). *The macroeconomic impact of Europe's carbon taxes*.
- Ministerio de Desarrollo Productivo. (2020). *¿Qué son las energías renovables?* Obtenido de Argentina.gob.ar: <https://www.argentina.gob.ar/produccion/energia/energia-electrica/renovables/que-son-las-energias-renovables>
- Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. (20 de Agosto de 2020). *¿Qué es el cambio climático?* Obtenido de Argentina.gob.ar: <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/cambio-climatico/que-es-el-cambio-climatico>
- Nordhaus. (1993). Rolling the "DICE": An optimal transition path for controlling greenhouse gases. *Resource and Energy Economics*, 5.
- Nordhaus, W. (2018). *Evolution of modelling of the economics of global warming: Changes in the DICE model, 1992-2017*.
- OPEC. (2020). The 10th (Extraordinary) OPEC and non-OPEC Ministerial Meeting concludes. *Organization of the Petroleum Exporting Countries*. Obtenido de https://www.opec.org/opec_web/en/press_room/5891.htm
- Parry, I. W., Norregaard, J., y Heine, D. (2012). *Environmental Tax Reform: Principles from Theory and Practice to date*. Obtenido de

- <https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2016/12/31/Environmental-Tax-Reform-Principles-from-Theory-and-Practice-to-Date-26049>
- Pasqual, J., y Souto, G. (2003). *La sostenibilidad en la gestión Medioambiental*. Universidad de La Laguna, Santa Cruz de Tenerife.
- Pendon, M., Williams, E., Cibeira, N., Couselo, R., Crespi, G., y Tittone, M. (2017). *Energía renovable en Argentina: cambios de paradigma y oportunidades para su desarrollo*. Universidad Nacional de La Plata.
- Pigou, A. (1920). *The Economics of Welfare*. London: MacMillan.
- Prust, J. (2005). Impuestos ambientales en los países en desarrollo. En CEPAL, *Política fiscal y medio ambiente: bases para una agenda común*.
- Rosen, H. S. (2008). *Hacienda Pública*. Mc Graw Hill.
- Stern, N. (2007). *The economics of climate change: the Stern Review*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Sucre, C., y Carvajal, P. (2020). *The Oil Market and the Pandemic: An analysis of the Price Collapse, effects and responses in LAC*. Interamerican Development Bank (IDB).
- Timilsina, G. R., y Shrestha, R. M. (2002). General Equilibrium Analysis of Economic and Environmental Effects of Carbon Tax in a Developing Country: Case of Thailand. *Environmental Economics and Policy Studies*, 179-211.
- Vera, L. (2019). *Impuestos ambientales y equidad: desafíos para América Latina y el Caribe*.
- Williams, R. C., Gordon, H., Burtraw, D., Carbone, J. C., y Morgenstern, R. D. (2014). The Initial Incidence of a Carbon Tax across U.S. States. *National Tax Journal*, 807-29.
- Wissema, W., y Dellink, R. (2007). AGE Analysis of the Impact of a Carbon Energy Tax on the Irish Economy. *Ecological Economics*, 671-83.
- Zabala, P. F. (2016). *Impuestos verdes en mercados regulados*. Santiago, Chile. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/144451/Impuestos-verdes-en-mercados-regulados.pdf?sequence=1>