

POLÍTICA AMBIENTAL APLICADA A EMPRESAS CON DECISIÓN DE LOCALIZACIÓN Y ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍAS DE ABATIMIENTO

Data de aceite: 02/10/2023

Felipe Rivera

Universidad Central de Chile

Pablo Adasme

Universidad De Santiago de Chile

Jorge Zamorano

Universidad De Santiago de Chile

optimización binivel, que busca maximizar tanto el bienestar social como las ganancias empresariales. Los resultados indican que adoptar tecnologías de abatimiento, disminuye la relocalización empresarial y mejora el bienestar de la sociedad.

PALABRAS CLAVE: localización, tecnologías de abatimiento, bienestar social.

RESUMEN: Esta investigación propone estrategias para gobiernos enfocados en reducir la contaminación a través de políticas medioambientales. Se analiza la introducción de un impuesto a las emisiones por un gobierno local, afectando a empresas que compiten a la Cournot y deciden estratégicamente la ubicación de sus plantas, considerando tecnologías de abatimiento. Se destaca que la combinación de impuestos y tecnologías de abatimiento tiene efectos no lineales en los beneficios empresariales y el bienestar social. Es crucial notar que las políticas medioambientales pueden influir en la relocalización de empresas hacia regiones con regulaciones **más** flexibles. El estudio se centra en sectores con altas emisiones: electricidad, acero y cemento. El problema planteado se resuelve mediante la

1 | INTRODUCCIÓN

El calentamiento global, un fenómeno ampliamente documentado, ha mostrado impactos crecientes en diversos sectores en la última década. Desde la agricultura hasta la salud humana y los ecosistemas, las consecuencias de este fenómeno son palpables (Mccarthy et. al, 2001). En el contexto del desarrollo sostenible, es imperativo cuantificar y comprender estos impactos para diseñar políticas que mitiguen sus efectos negativos y potencien los positivos. El término “cambio climático” engloba el calentamiento global y sus efectos secundarios. Este cambio, que se remonta a la revolución industrial del siglo XX, se

ha intensificado debido a la actividad manufacturera y económica, que ha incrementado las emisiones de gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono y el metano (Mikhaylov et. al, 2020; Albergel et. al, 2010).

A pesar de la creciente conciencia y las acciones gubernamentales, la solución al cambio climático es compleja y multifacética. Las políticas unilaterales, aunque esenciales, no son suficientes. Se requiere una colaboración global y la participación activa de todos los sectores y actores involucrados (Valencia et. al, 2009). Un paso significativo hacia la sostenibilidad es el régimen de comercio de derechos de emisión de la Unión Europea (EU-ETS). Este sistema, que limita las emisiones y promueve prácticas más limpias, es un ejemplo de cómo las políticas pueden incentivar la transición hacia un modelo económico sostenible (Unión Europea, 2020). Además, el Acuerdo de París de 2015 refuerza la necesidad de cooperación internacional, estableciendo objetivos claros para limitar el aumento de la temperatura global y promover tecnologías sostenibles (Garín, 2017; UNFCCC, 2021).

Sin embargo, las políticas ambientales también han llevado a desafíos inesperados. La relocalización de empresas a regiones con regulaciones más laxas es una preocupación creciente (Greacker, 2003; Ikefuji, 2016). Estudios como los de Petrakis y Xepapadeas (2003) y Prota y Conto (2004) han analizado las decisiones de localización y cómo las políticas pueden influir en ellas. En este contexto, es esencial considerar el equilibrio entre impuestos y tecnologías de abatimiento. Las empresas deben sopesar los costos de adaptación y las posibles sanciones, y los gobiernos deben garantizar que las políticas promuevan la sostenibilidad sin desincentivar la innovación o la producción (Gama, 2018). Bajo lo anterior, es interesante analizar y estudiar el “*trade off*” entre el impuesto y abatimiento, ya que, ante una política más estricta, es decir, un mayor nivel de impuesto implica una mayor adopción de tecnologías, con el propósito de reducir el pago impositivo, como es demostrado en (Requate y Unold, 2001) y (Requate y Unold, 2003). Esta asunción la realizan diferentes estudios empíricos como en (Jaffe y Palmer, 1997), (Newell et. al, 1999), (Popp, 2002) y (Carrión et. al, 2010). Ahora bien, al implementarse esta política económica, las empresas tienen la posibilidad de invertir en nuevas tecnologías, con el fin de regularizar las emisiones y no tener una carga impositiva tan alta. Por lo que la empresa, tiene la regla de decisión en base a su beneficio, si abatir más, mediante nuevas tecnologías o no invertir y pagar más impuestos. De todas formas, este juego que se genera aumenta los costos de la empresa, por lo que puede llevar a un incentivo a la reubicación de las plantas de producción a países donde no existan regulaciones ambientales, o al menos, políticas más laxas. Por lo tanto, el objetivo del documento es en primer lugar generar una discusión en términos de políticas ambientales en donde su principal propósito sea el buscar la maximización del bienestar social doméstico, analizando cómo la incorporación de las tecnologías de abatimiento incentiva la relocalización de las empresas, dado que se modifican sus estructuras de costos. Posteriormente, se propone analizar el bienestar

cuando existe transferencia tecnológica entre el regulador y las empresas que están compitiendo.

El resto del documento se organiza de la siguiente manera. En la Sección 2, explicamos y desarrollamos el problema a modelar. En la Sección 3, se discute las decisiones empresariales y sobre cómo toma las decisiones en cuanto a localización de sus producciones, mientras que en la Sección 4 se presentan los principales resultados y una breve discusión. En la Sección 5, se presentan las extensiones de cómo la globalización influye en el bienestar social. Finalmente, en la Sección 6 se ofrecen observaciones finales y las respectivas conclusiones.

2 I MODELO

En esta sección se explicará y desarrollará el problema a modelar, considerando los conceptos que lo sustentan y las diferentes perspectivas de los agentes involucrados, tanto de las empresas, el regulador y los consumidores.

2.1 Empresas

Asumamos dos países H (*Home*) y F (*Foreign*), en donde hay dos empresas simétricas inicialmente ubicadas en el país local o doméstico (H). Estas empresas producen un bien homogéneo y contaminante, compitiendo “à la Cournot”, es decir, las empresas compiten eligiendo simultáneamente su cantidad de producción para maximizar su beneficio. En todo momento abastecen al mercado local del país H . Las empresas utilizan inicialmente una tecnología contaminante generando e emisiones. Es decir, cada unidad de producción q tiene un factor de contaminación μ_0 , lo que resulta en $e = \mu_0 q$. Sin embargo, las empresas pueden reducir sus emisiones mediante la adopción de tecnologías de abatimiento que reducen el factor de emisión de μ_0 a $\mu_i(t)$. Por consiguiente, se tiene:

2.2 Consumidores

Las empresas se enfrentan a una función de demanda lineal e inversa igual a $P(Q)$, donde Q es la cantidad total producida en el mercado. La función de demanda inversa es dos veces diferenciable, positiva o nula, y estrictamente decreciente cuando es positiva, y $P(0) > 0$. Además, supongamos que $P(Q) + P'(Q)q_i$ para cualquier empresa i es decreciente en q_i y que $P(Q) + P'(Q)\frac{Q}{n}$ es decreciente en Q . Por otro lado, ambas empresas en todo momento abastecen el mercado local H , país donde se encuentran los consumidores.

La función inversa de la demanda se define como:

$$P(Q) = a - bQ$$

Donde a es un parámetro derivado del tamaño de mercado y b es la pendiente de curva. Se asume que a y b son positivas. Mientras, que la cantidad total del mercado Q se define como la suma de las cantidades individuales producidas por cada empresa, como

se muestra a continuación:

$$Q = \sum_{i=1}^2 q_i$$

2.3 Regulador

El gobierno o regulador del área doméstica, preocupado del bienestar de la sociedad, busca reducir el daño ambiental generado por la producción contaminante de las empresas, por lo que empieza a implementar un impuesto a las emisiones. Es decir, las empresas deben pagar por cada unidad de emisión que liberen a la atmósfera. Suponemos un solo mercado duopolístico en que las empresas producen un mismo producto y deben pagar el mismo impuesto. El impuesto se denomina t y se obtiene de forma endógena cuando se maximiza el bienestar. Las emisiones antes de la regulación se denominan $e=\mu_0Q(t=0)$, mientras que después de la regulación $e=\mu_1(t)Q(t)$. Sin embargo, como las empresas tienen la opción de reducir las emisiones mediante la adopción de nuevas tecnologías de abatimiento, existe un juego entre invertir en nuevas tecnologías que permitan reducir el pago en impuestos o no invertir, y tener una mayor carga impositiva. Esto último, modifica la estructura de costos de la empresa, por lo que se puede generar el incentivo a la relocalización. Asumimos que no hay una política ambiental activa en el país F .

3 | DECISIONES DE LOCALIZACIÓN

En cuanto a la localización inicial de las empresas, asumimos que se encuentran en el país H . Sin embargo, debido a la implementación de una nueva política ambiental, existe la opción que una (o ambas) empresa(s) puedan reubicar sus plantas de producción del país H al país F con un costo de reubicación f , y en el caso que la(s) empresa(s) se ubique(n) en el país F exporta(n) todo su producto sin costo de transporte al país H , sin mantener la tecnología de abatimiento. Bajo lo anterior, es que existen 3 escenarios; ambas empresas se encuentren en el país H , una empresa se reubique al país F o que ambas empresas se reubiquen. En el caso que una o ambas empresas se reubiquen, sus beneficios permanecen en el país F .

Mencionado lo anterior, existen tres equilibrios o casos posibles. Quedando de la siguiente manera el juego:

Primer caso: Situación inicial.

Ambas empresas se encuentran ubicadas en el país H . Por lo tanto, el beneficio $\pi_i(q_i, t)$ de la empresa i queda definido de la siguiente manera:

$$\pi_i(q_i, t) = P(Q)q_i - t\mu_i(t)q_i - q_i \frac{\gamma}{2} (\mu_0 - \mu_i(t))^2 \quad \forall i \in 1, 2$$

Obteniendo las condiciones de primer orden, se obtiene:

$$a - 2bq_1 - bq_2 - t\mu_i(t) - \frac{\gamma}{2}(\mu_o - \mu_i(t))^2 = 0$$

De aquí, se obtienen las cantidades de producción de equilibrio de las empresas cuando ambas se localizan en el país local.

Segundo caso:

Una de las empresas se reubica en el país F . Por lo tanto, el beneficio $\pi_i(q_i, t)$ de la empresa i queda definido de la siguiente manera:

$$\pi_1(q_1, t) = P(Q)q_1 - t\mu_i(t)q_1 - q_1 \frac{\gamma}{2}(\mu_o - \mu_i(t))^2$$

$$\pi_2(q_2, t) = P(Q)q_2 - f$$

Tercer caso:

Ambas empresas se reubican en el país F . Por lo tanto, el beneficio $\pi_i(q_i, t)$ de la empresa i queda definido de la siguiente manera:

$$\pi_i(q_i, t) = P(Q)q_i - f \forall i \in 1, 2$$

Obteniendo las condiciones de primer orden, se obtiene:

$$a - 2bq_1 - bq_2 = 0$$

De aquí, se obtienen las cantidades de producción de equilibrio de las empresas cuando ambas se localizan en el país foráneo.

En el contexto de decisiones empresariales sobre localización, las empresas optarán por ubicaciones que maximicen sus ganancias. Una empresa se mantendrá en el país local H si, y solo si, el beneficio de hacerlo supera el de relocalizarse en el extranjero. Al permanecer en H , la firma incurre en un impuesto a las emisiones impuesto por el regulador, impactando su estructura de costos. No obstante, tiene la opción de adoptar tecnologías **más** limpias para reducir su carga impositiva. Esto plantea un dilema entre pagar impuestos o invertir en innovación tecnológica. A partir de esta premisa, introducimos uno de los hallazgos clave de nuestro estudio:

Proposición 1. *Para mantener a las empresas en el país de origen H , la adopción de tecnologías de abatimiento permite al regulador fijar un impuesto mayor a cuando no hay adopción de tecnologías de abatimiento, sin incentivar a la relocalización.*

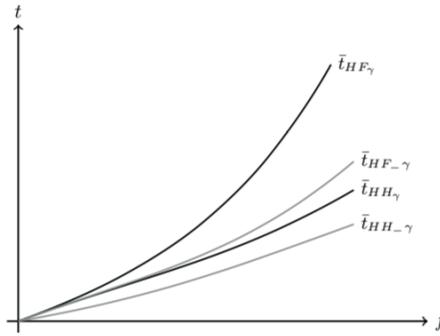


Figura 1: Posibilidades de equilibrio de Nash.

En la figura 1, se presentan las tres posibilidades de equilibrios de Nash $\bar{t}_{HH,\gamma}$. Definimos como el impuesto máximo que puede fijar el regulador con tal que las empresas permanezcan en el país de origen (H) y la curva $\bar{t}_{HF,\gamma}$ como el impuesto máximo al que permite que al menos una empresa permanezca en el país H, ambas cuando existe la adopción de tecnologías de abatimiento. En cambio, $\bar{t}_{HH-\gamma}$ y $\bar{t}_{HF-\gamma}$ representan los impuestos máximos cuando no hay adopción de tecnologías de abatimiento. Cuando el impuesto a las emisiones es bajo y el costo de reubicación es alto, la adopción de tecnologías de abatimiento garantiza una mayor posibilidad a que ambas empresas permanezcan en H. Sin embargo, cuando no existe adopción a estas nuevas tecnologías, también ambas empresas se quedan en H. Mientras, que cuando el impuesto ambiental es alto y el costo de reubicación es bajo, ambas empresas se trasladan al país F. Ya que un impuesto a las emisiones aumenta el costo marginal de producción y bajo un costo fijo menor, se hace rentable la opción de trasladarse. Ahora bien, cuando tanto el costo de reubicación como el impuesto se fijan en niveles medios, cualquiera de las empresas se relocaliza al país F. Sin embargo, cuando existe la adopción de tecnologías de abatimiento, este equilibrio se hace más atractivo.

4 | RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para lograr resolver el juego propuesto, se definen dos niveles jerárquicos. En el nivel superior, se encuentra el regulador o Gobierno, mientras que, en el nivel inferior, las empresas. De esta manera, se busca resolver la problemática desde abajo hacia arriba, es decir, buscar la combinación óptima que maximiza la ganancia de las empresas, y con esas condiciones, calcular el bienestar. Es decir, se busca maximizar las ganancias y bienestar en función de la aceptabilidad total de las empresas.

Problema del regulador:

$$Max W(t) = CS + PS + RR - D$$

Problema de las empresas seguidoras:

$$Max \pi(q_i)$$

En la simulación llevada a cabo, se analizaron tres sectores con alta intensidad de emisiones: electricidad, acero y cemento. A partir de los datos recopilados, se identificó que, desde el punto de vista regulatorio, la variable predominante es el nivel impositivo aplicado a las emisiones. En cuanto a las empresas, sus decisiones estratégicas se orientaron principalmente hacia los niveles de producción y las medidas de abatimiento adoptadas. Los parámetros clave del modelo incluyeron el tamaño del mercado, la elasticidad inherente al sector, el factor inicial de contaminación, los costos asociados al abatimiento, la demanda base y la capacidad operativa de las instalaciones.

A continuación, se presentan los principales resultados del modelo binivel en el que se considera el impuesto óptimo, ganancias de las empresas, daño ambiental generado, producciones, precio de mercado, factor de contaminación actual, excedente del consumidor, recaudación fiscal y bienestar.

Sector	Impuesto	Beneficio	Bienestar
Electricidad	7,3 euros	159,56 M euros	260,97 M euros

Tabla 1: Resultados sector electricidad.

Sector	Impuesto	Beneficio	Bienestar
Acero	23,8 euros	57,9 M euros	103,7 M euros

Tabla 2: Resultados sector acero.

Sector	Impuesto	Beneficio	Bienestar
Cemento	19,6 euros	17,3 M euros	28,8 M euros

Tabla 3: Resultados sector cemento.

	Acero	Electricidad	Cemento
Excedente del consumidor	57,9 M euros	159,56 M euros	17,3 M euros
Daño ambiental	20,2 M euros	66,21 M euros	8,5 M euros
Recaudación Fiscal	8,0 M euros	8,05 M euros	2,8 M euros
Precio de mercado	55,12 euros	210,96 euros	89,87 euros
Producción empresa 1	0,15 M ton	1,52 M ton	0,11 M ton
Producción empresa 2	0,15 M ton	1,52 M ton	0,11 M ton

Tabla 4: Otros resultados por cada sector.

Entre los resultados que arrojó la simulación realizada, se encuentra las curvas de los componentes del bienestar. Compuestas por el excedente del productor o beneficio de

las empresas, excedente del consumidor, recaudación fiscal y el daño ambiental.

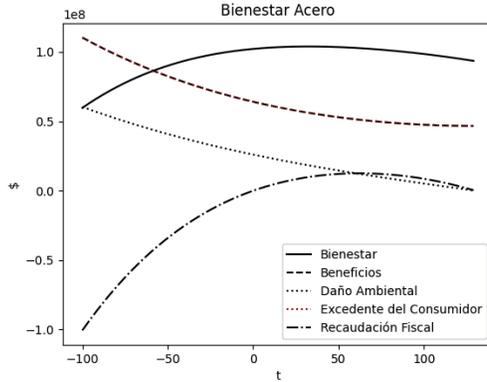


Figura 2: Resultados sector Acero, entregado por Python 3.7.

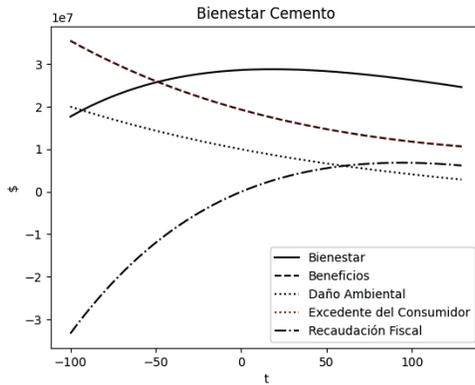


Figura 3: Resultados sector Cemento, entregado por Python 3.7.

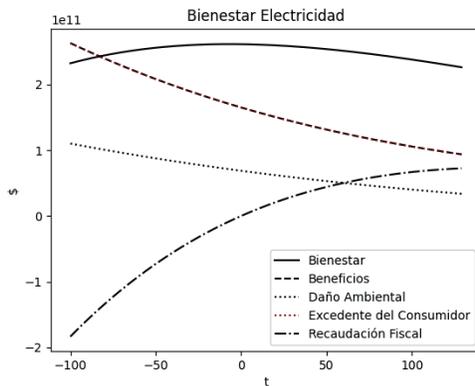


Figura 4: Resultados sector Electricidad, entregado por Python 3.7.

También, las curvas de bienestar se simularon en tres escenarios o equilibrios

de Nash según la localización de empresas. En el equilibrio HH, representa que ambas empresas producen en el país H, el equilibrio HF indica que sólo una empresa se relocizó al país F. Mientras, que el equilibrio FF representa que ambas empresas trasladaron sus producciones al extranjero. Estas curvas fueron ilustradas por el programa Mathematica de Wolfram Alpha.

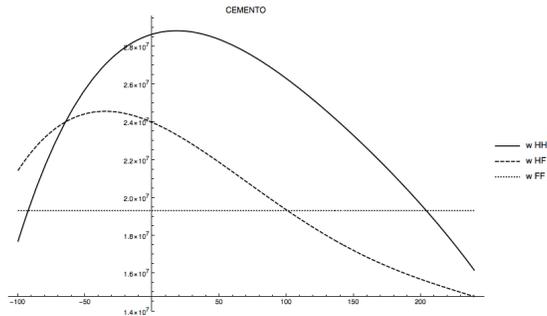


Figura 5: Ilustración del bienestar según localización en el sector cemento.

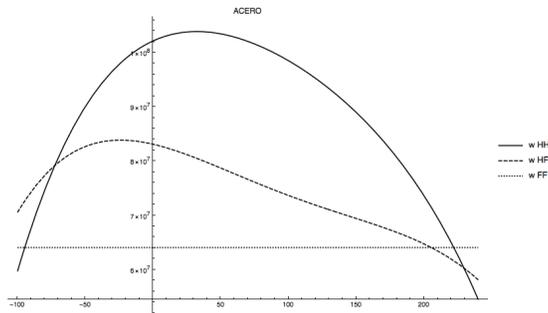


Figura 6: Ilustración del bienestar según localización en el sector acero.

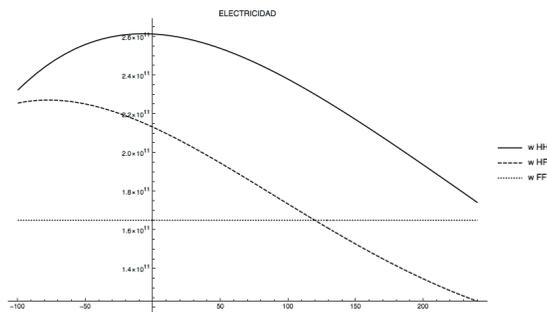


Figura 7: Ilustración del bienestar según localización en el sector electricidad.

El bienestar social se maximiza en los tres sectores estudiados cuando ambas empresas operan en el país local, obteniéndose 260 (Me) para el sector eléctrico, 103 (Me) para el sector siderúrgico y 28 (Me) para el sector cementero. Además, gran parte del bienestar está constituido por el beneficio de los consumidores y el beneficio de las

empresas. Los niveles de producción repercuten directamente en la recaudación de impuestos, siendo el sector eléctrico el que mayores ingresos obtiene por la recaudación de impuestos medioambientales. Sin embargo, el sector eléctrico es el que genera mayores daños medioambientales, a pesar de que su factor de emisión es el más bajo. Esto se debe a que los niveles de producción son demasiado elevados en comparación con otros sectores. Por otro lado, en Python 3.7. se entregaron las curvas de evolución de precio del producto, emisiones, producciones y factor de contaminación.

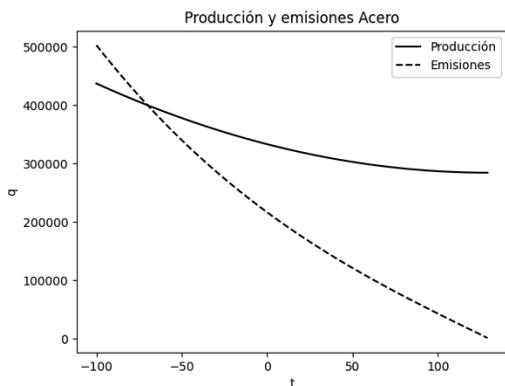


Figura 8: Producción y emisiones en el sector Acero, entregado por Python 3.7.

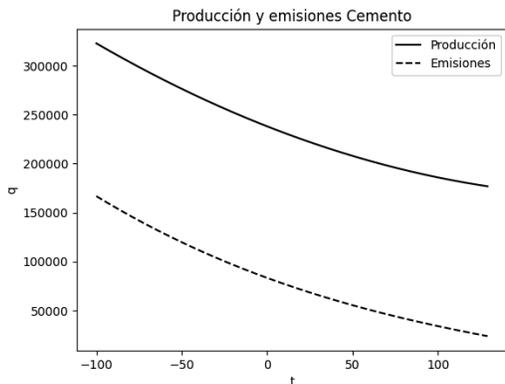


Figura 9: Producción y emisiones en el sector Cemento, entregado por Python 3.7.

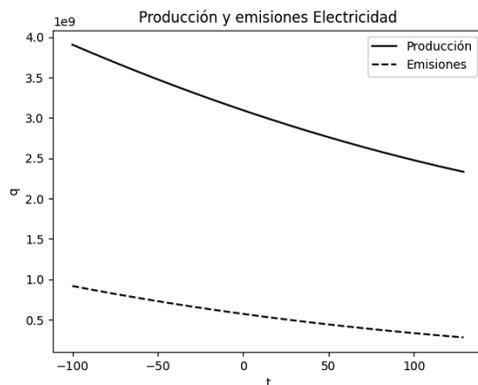


Figura 10: Producción y emisiones en el sector Electricidad, entregado por Python 3.7.

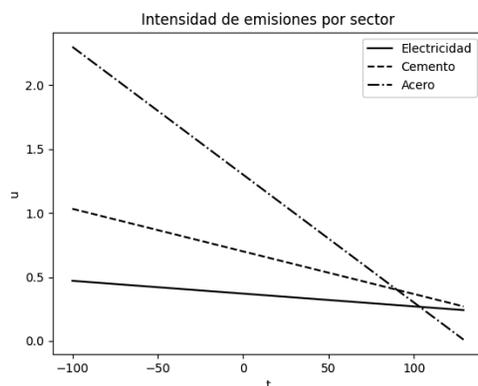


Figura 11: Intensidad de emisiones por sector, entregado por Python 3.7.

De las Figuras (8)-(11), se puede apreciar que el impuesto a las emisiones representa una herramienta regulatoria diseñada para internalizar los costos externos asociados con la contaminación. Al imponer un costo directo sobre las emisiones, se crea un incentivo económico para que las empresas reduzcan su nivel de contaminación.

A medida que el impuesto a las emisiones aumenta, las empresas enfrentan costos marginales crecientes por cada unidad de emisión producida. En un intento de minimizar estos costos, las empresas tienen dos opciones principales: reducir su nivel de producción o invertir en tecnologías y prácticas más limpias. La primera opción, reducir la producción, disminuye directamente las emisiones al reducir la actividad productiva que genera contaminación. Sin embargo, esta reducción en la producción puede tener consecuencias en términos de rentabilidad y competitividad en el mercado.

Por otro lado, al reducir la intensidad de emisiones actuales, las empresas pueden mantener o incluso aumentar su nivel de producción, pero con una menor tasa de emisión por unidad producida. Esto se logra a través de la adopción de tecnologías más limpias

o prácticas productivas más eficientes. Sin embargo, la transición a estas tecnologías o prácticas puede requerir inversiones iniciales significativas.

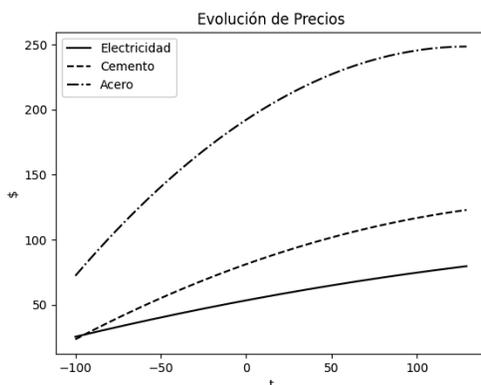


Figura 12: Evolución de precios por sector, entregado por Python 3.7.

De la Figura (12), cuando se introduce o incrementa un impuesto a las emisiones, las empresas enfrentan costos adicionales asociados a sus actividades productivas contaminantes. Estos costos adicionales, en muchos casos, no pueden ser absorbidos completamente por las empresas, especialmente si operan con márgenes de beneficio ajustados. Por lo tanto, una respuesta común de las empresas es trasladar, al menos parcialmente, este costo adicional a los consumidores en forma de precios más altos. Lo anterior, afecta directamente al excedente del consumidor.

5 | EXTENSIONES: GLOBALIZACIÓN Y BIENESTAR.

El parámetro γ , representa el costo de obtener una tecnología menos contaminante en términos de emisiones, por lo que podemos asociarlo al grado de globalización que tiene un país. Es decir, cuanto más globalizado sea un país, menor será el costo de abatimiento. Bajo lo anterior, es que tenemos dos escenarios: costo de abatimiento bajo y alto. A continuación, se presentan los principales efectos tanto en la localización como el bienestar.

5.1 Costo de abatimiento bajo.

Cuando asumimos un costo de abatimiento bajo, damos cuenta de una economía más globalizada. Por lo que se hace más accesible la tecnología de abatimiento, dado que esta se hace menos costosa. Un ejemplo de países con un costo de abatimiento bajo, serían los países desarrollados o en vía de desarrollo, ya que cuentan con mayores y mejores alternativas en cuanto a transferencia tecnológica.

Ahora bien, analizando los efectos de un costo de abatimiento menor, en términos

de localización, se puede apreciar que se incentiva aún más, que ambas empresas permanezcan en H, tanto para un costo de reubicación medio y alto. Sin embargo, cuando el costo de reubicación es bajo, se mantiene el equilibrio HH para un impuesto bajo y FF para una tasa impositiva suficientemente mayor. Bajo lo anterior, muestra que cuando la tecnología se hace menos costosa, se desincentiva la relocalización. Esto se puede explicar, dado que las empresas toman su decisión de localización en función de su beneficio, por lo que, si la adopción de tecnologías implica un menor costo que la reubicación, las empresas decidirán quedarse, contrario sería el caso que el costo de trasladar su planta signifique un menor costo que la inversión en tecnologías de abatimiento, dado que ahí habría una real amenaza e incentivo a la relocalización.

En términos de bienestar, cuando el costo de adquirir nuevas tecnologías es bajo, se incrementa cuando el impuesto es incluso suficientemente alto, sin embargo, cuando el regulador busca subvencionar, el bienestar disminuye. Además, el bienestar del país local es mayor cuando ambas empresas se encuentran en el país H, siendo menor para los equilibrios HF y FF, respectivamente. Esto se explica, ya que cuando es bajo, las empresas tienen un mayor incentivo en aumentar su producción, por consiguiente, los consumidores se ven más beneficiados, ya que existe un mayor abastecimiento y reciben un menor precio de mercado.

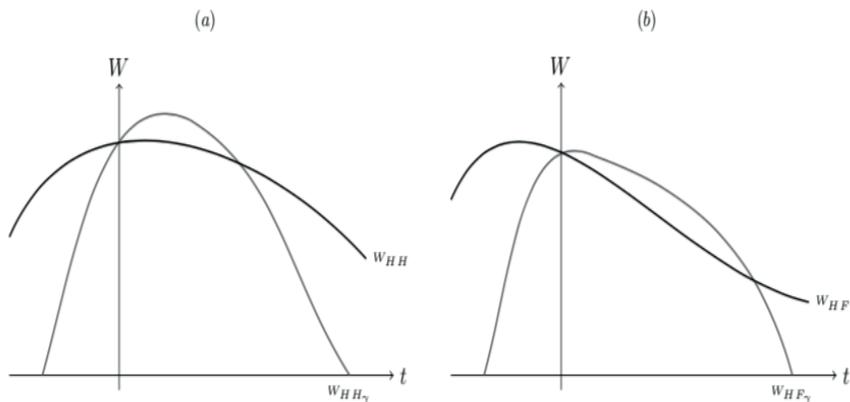


Figura 13: Bienestar con costo abatimiento bajo.

5.2 Costo de abatimiento alto.

Cuando asumimos un costo de abatimiento alto, damos cuenta de una economía menos globalizada. Por lo que se hace menos accesible la tecnología de abatimiento, dado que esta se encarece. Un ejemplo, serían los países tercermundistas que se encuentran menos desarrollados, ya que no tienen una gran variedad de alternativas para acceder a nuevas tecnologías, ya sea por impedimento económico o por su posición geográfica.

Cuando y es alto, a medida que disminuye el costo de reubicación, mayor es el

incentivo a la relocalización. Esto se debe a que a las empresas le conviene trasladar sus plantas que invertir en nuevas tecnologías, dado que esto último se encareció. Por lo mismo, es que los equilibrios HF y FF, incluso se hacen más atractivos para un costo fijo alto.

En términos de bienestar, se reduce, ya que el aumento de la tecnología disminuye los beneficios de las empresas. Además, se desincentiva la producción, afectando directamente al excedente de consumidor. Sumado a que se prefiere menos, el reducir emisiones por abatimiento, es que el daño ambiental se incrementa, perjudicando aún más a la sociedad. De todas formas, el equilibrio HH es la localización que permite un mayor nivel de bienestar independiente del valor que toma el impuesto a las emisiones.

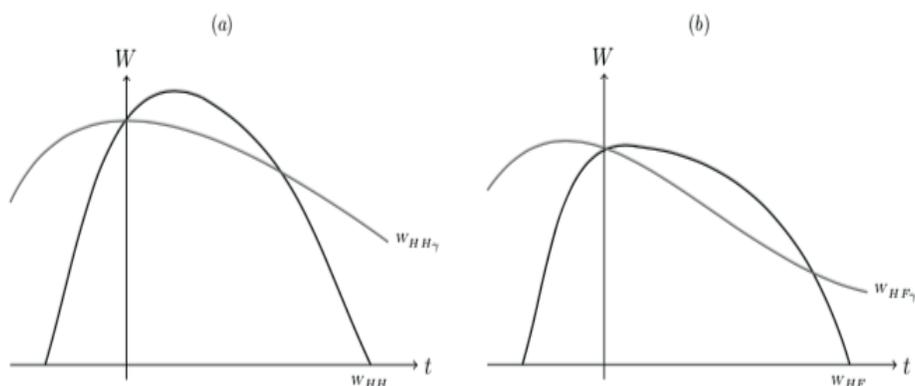


Figura 14: Bienestar con costo abatimiento alto.

6 | CONCLUSIONES

Entre las principales conclusiones de la investigación es que cuando se incentiva la adopción o el acceso a tecnologías de abatimiento el incentivo a la relocalización es menor, dado que esta inversión permite hacer frente a la carga en impuestos que se asocia por la política ambiental impuesta por el regulador. En otras palabras, se evidencia que un Gobierno que implementa una medida económica como el impuesto, le es conveniente, a su vez, establecer políticas de fácil acceso a tecnologías que permiten reducir el factor de contaminación. Este tipo de tecnologías se da mucho en sectores o industrias con emisiones intensivas, como el dióxido de carbono. Por lo mismo, es que se estudian sectores que están inmersos en sistemas de regulación del carbono, como la EU-ETS. Posteriormente, se logró evidenciar que el bienestar siempre es mayor cuando el regulador se preocupa por el medio ambiente y, además, es mejor para la sociedad cuando ambas empresas están sujetas al control de emisiones, que cuando alguna empresa decide reubicarse y no se encuentra sometida a una política ambiental activa. Para futuras investigaciones se propone analizar la inclusión de transferencia tecnológica entre el regulador y las

empresas. Es decir, el regulador licencia una innovación que permite reducir los costos de abatimiento pagando un costo fijo por la licencia. Esto permitirá modificar la estructura de costos y, por consiguiente, la función de beneficios y el bienestar. Bajo la misma línea, lo interesante sería analizar cómo las transferencias tecnológicas inciden en las curvas de posibilidades de localización y si disminuyen o aumentan las probabilidades que las empresas se relocalicen.

REFERENCIAS

- Albergel, C., Calvet, J. C., Gibelin, A. L., Lafont, S., Roujean, J. L., Berne, C., ... & Fritz, N. (2010). Observed and modelled ecosystem respiration and gross primary production of a grassland in southwestern France. *Biogeosciences*, 7(5), 1657-1668.
- Carrión-Flores, C. E., & Innes, R. (2010). Environmental innovation and environmental performance. *Journal of Environmental Economics and Management*, 59(1), 27-42.
- Gama, A. (2018). Adopción de nuevas tecnologías de abatimiento y regulación ambiental en oligopolios. *El trimestre económico*, 85(339), 583-600.
- Greaker, M. (2003). Strategic environmental policy when the governments are threatened by relocation. *Resource and Energy Economics*, 25(2), 141-154.
- Ikefuji, M., Itaya, J. I., & Okamura, M. (2016). Optimal emission tax with endogenous location choice of duopolistic firms. *Environmental and Resource Economics*, 65(2), 463-485.
- Jaffe, A. B., & Palmer, K. (1997). Environmental regulation and innovation: a panel data study. *Review of economics and statistics*, 79(4), 610-619.
- Lucas Garín, A. (2017). Novedades del sistema de protección internacional de cambio climático: El Acuerdo de París. *Estudios internacionales (Santiago)*, 49(186), 137-167.
- McCarthy, J. J., Canziani, O. F., Leary, N. A., Dokken, D. J., & White, K. S. (Eds.). (2001). *Climate change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability: contribution of Working Group II to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Vol. 2)*. Cambridge University Press.
- Mikhaylov, A., Moiseev, N., Aleshin, K., & Burkhardt, T. (2020). Global climate change and greenhouse effect. *Entrepreneurship and Sustainability Issues*, 7(4), 2897.
- Newell, R. G., Jaffe, A. B., & Stavins, R. N. (1999). The induced innovation hypothesis and energy-saving technological change. *The Quarterly Journal of Economics*, 114(3), 941-975.
- Petrakis, E., & Xepapadeas, A. (2003). Location decisions of a polluting firm and the time consistency of environmental policy. *Resource and energy Economics*, 25(2), 197-214.
- Popp, D. (2002). Induced innovation and energy prices. *American economic review*, 92(1), 160-180.

Requate, T., & Unold, W. (2001). On the incentives created by policy instruments to adopt advanced abatement technology if firms are asymmetric. *Journal of Institutional and Theoretical Economics (JITE)/ Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft*, 536-554.

Requate, T., & Unold, W. (2003). Environmental policy incentives to adopt advanced abatement technology. Will the true ranking please stand up?. *European Economic Review*, 47(1), 125-146.

Prota, F., & Contò, F. (2004). Location decision of polluting firms and environmental policy.

UNFCCC (2021). ¿Qué es el Acuerdo de París? <https://unfccc.int/es/process-and-meetings/the-paris-agreement/que-es-el-acuerdo-de-paris>.

Unión Europea, UE (2020). Régimen de comercio de derechos de emisión de la UE.

Valencia, A., Suárez Castaño, R., Sánchez, A., Cardozo, E., Bonilla, M., & Buitrago, C. (2009). Gestión de la contaminación ambiental: cuestión de corresponsabilidad. *Revista de ingeniería*, (30), 90-99.