

Conciencia medioambiental e impuestos a la contaminación en presencia de competencia oligopolística

Salvador Sandoval Bravo**

Rafael Salvador Espinoza Ramírez*

(Recibido: diciembre 2020/Aceptado: abril 2021)

Resumen

Desarrollamos un modelo oligopolístico en el que dos empresas competidoras producen un bien homogéneo, pero los consumidores tienen preferencias diferentes por ellas. Un bien es producido por una tecnología contaminante y el otro es producido por tecnología no contaminante. El gobierno anfitrión establece un impuesto de contaminación para la empresa contaminante. El impuesto de contaminación es positivo si la desutilidad de la contaminación marginal y/o el nivel de conciencia medioambiental son lo suficientemente grandes. El impuesto óptimo de contaminación es nulo si la desutilidad de la contaminación marginal y/o el nivel de conciencia medioambiental son lo suficientemente pequeños.

Palabras clave: conciencia medioambiental; impuesto de contaminación; competencia oligopolística; desutilidad por contaminar.

Clasificación JEL: Q52, F18, H23.

* Profesor titular. Universidad de Guadalajara. Departamento de Métodos Cuantitativos. e-mail: salvsanb@ucea.udg.mx. ORCID: 0000-0001-9434-6536.

** Profesor titular. Universidad de Guadalajara. Departamento de Economía. e-mail: rafaelsa@ucea.udg.mx. ORCID: 0000-0002-5049-9175. Autor para correspondencia. Dirección: Periférico Norte No. 799, Núcleo Universitario Los Belenes, 45100, Zapopan, Jalisco, México. Número telefónico (52) 37703300 ext. 25579. Email: rafaelsa@ucea.udg.mx.

Environmental awareness and taxes to contamination in the presence of oligopolistic competition

Abstract

We develop an oligopolistic model in which two firms compete with a homogeneous good, but consumers have different preferences for them. One good is produced by a polluting technology and the other is produced with non-polluting technology. The host government set an optimal pollution tax to the polluting firm. The pollution tax is positive if the marginal pollution disutility and/or the level of environmental awareness are sufficiently large. The optimal pollution tax is zero if the marginal pollution disutility and/or the level of environmental awareness are sufficiently small.

Keywords: Environmental awareness; pollution tax; oligopolistic competition; disutility for polluting.

JEL classification: Q52, F18, H23.

1. Introducción

La contaminación ambiental como resultado de las actividades humanas, y la presión sobre los recursos naturales en el afán incesante de producir bienes y servicios, ocasiona daños severos que se manifiestan en el deterioro de la salud humana, principalmente como enfermedades respiratorias y cardiovasculares; así como en la afectación a los ecosistemas y su equilibrio, siendo también la causa principal de problemas mundiales como el calentamiento global y la destrucción de la capa de ozono (UNEP, 2019).

Cabe mencionar que la contaminación, además de los costos sociales y ambientales, genera costos económicos considerables en las naciones. A nivel microeconómico, para reducir sus emisiones contaminantes, las empresas deben invertir importantes recursos en adquirir tecnologías menos contaminantes, lo cual incrementa los costos de producción. En este sentido los gobiernos, deben regular las emisiones de las empresas tratando de ponderar entre los efectos nocivos de la contaminación y la competitividad de las empresas.

De esta manera, dependiendo del ámbito de aplicación de las políticas ambientales, Eccleston y March (2001), las dividen en tres categorías. Primero, de índole legal, ya sean a escala local, nacional o internacional; a través de leyes

ambientales, o mediante convenios regionales o acuerdos internacionales que limitan las emisiones contaminantes. Segundo, a nivel empresas, mediante acciones de responsabilidad ambiental empresarial y cumpliendo cabalmente la legislación en materia ambiental, adquiriendo tecnologías amigables con el ambiente, a través de campañas de educación ecológica, la producción de bienes biodegradables o reciclables, etcétera. Y tercero, en el ámbito individual y social, a través de hábitos de consumo responsable, reciclando, reutilizando, participando activamente en grupos ambientalistas, entre otros.

No obstante, los instrumentos de política ambiental más estudiados son los relacionados con la actividad reguladora de los gobiernos, mediante herramientas concretas de control de emisiones, como los impuestos, las cuotas, los permisos, los subsidios, prohibiciones, etcétera. En este sentido, el mecanismo de regulación utilizado en este trabajo es el impuesto de contaminación, el supuesto básico del impuesto a la emisión de contaminantes es “el que contamina paga”, en este caso el gobierno grava a las empresas por cada unidad de contaminación emitida, y dicho impuesto se calcula tomando como base un nivel de contaminación óptimo (Kolstad, 2016). De esta manera si emitir contaminantes resulta caro para la empresa esta contaminará menos. El impuesto es la política ambiental que se ajusta más al principio de eficiencia económica, pues parte del principio de que el contaminador debe de pagar por el daño ocasionado, e indirectamente atienden a otro principio relacionado que afirma que las empresas que contaminan deben asumir los costos por reducirla (Hussen, 2018).

Existen además, políticas ambientales mixtas, que involucran tanto a los gobiernos, a las empresas y a la sociedad civil; a través de acciones concretas destinadas a fortalecer la conciencia ecológica de la sociedad, al tiempo que reducen efectivamente las emisiones de las empresas (OECD, 2017). En este sentido, Gupta (2014), analiza las percepciones comunitarias en una localidad hindú con respecto a la degradación ambiental y las estrategias adoptadas por las autoridades y las empresas para la protección del medio ambiente. Weng y Liu (2019), examinan teóricamente como el gobierno, ante la contaminación a escala local que enfrenta a una creciente conciencia ambiental, endurece o afloja su política ambiental en función de la competitividad y los costos relativos las empresas; pero en el caso de la contaminación global los países ajustan sus políticas ambientales a medida que aumenta la conciencia medioambiental mundial. Constant y Davin (2019) analizan teóricamente la implementación de impuestos de contaminación a las empresas, en donde la recaudación por concepto de tales impuestos es utilizado por gobierno para fomentar la conciencia ambiental.

No obstante, por la naturaleza incierta las políticas orientadas a la sociedad civil sus resultados se tornan ambiguos y difíciles de evaluar, ya que de alguna

manera, pretenden el cambio de conducta en los individuos, y estos, como tales, están provistos de sentimientos, prejuicios, valores y actitudes conscientes e inconscientes. De tal suerte que existe una brecha, entre estas políticas y los comportamientos concretos logrados por los individuos producto de su conciencia medioambiental. En este sentido, se han desarrollado estudios que analizan estas diferencias entre conocimiento ambiental, el nivel de conciencia ecológica, y comportamiento real que manifiestan los individuos en el cuidado de su entorno natural, como los clásicos de Kollmuss y Agyeman (2002) y Chartand (2005) y el más contemporáneo de Siegel, Cutter-Mackenzie-Knowles y Bellert (2018).

Ahora bien, las acciones orientadas a crear o elevar la conciencia medioambiental de la sociedad, no siempre coinciden con los objetivos económicos de las empresas, y en este contexto pueden incluso diferir de manera notoria tanto en sus metas como en sus alcances. Respecto a lo anterior, Koźluk y Timiliotis (2016) sostienen que el establecimiento de políticas ambientales severas puede afectar de manera adversa los flujos comerciales internacionales; Dechezleprêtre y Sato (2017) sugieren reevaluar algunas políticas de regulatorias en materia ambiental, que son supuestamente eficaces, pero que en la práctica se manifiestan como barreras comerciales evidentes; finalmente, Stevens (1993) considera que para los países en vías de desarrollo la imposición de políticas ambientales férreas puede reducir su competitividad en el mercado mundial, e impactar adversamente en el empleo.

El presente trabajo examina los vínculos que existen entre los niveles tecnológicos utilizados por las empresas para controlar sus emisiones y las políticas ambientales aplicadas por el gobierno para regular tales emisiones. En este sentido, entre los trabajos que relacionan la aplicación de impuestos de contaminación, competencia oligopólica y diferencias tecnológicas para controlar la contaminación podemos mencionar los siguientes. Siebert (1976) demuestra que las empresas elegirán el mismo nivel de reducción de contaminantes si están sujetas a las mismas tasas impositivas. Ebert (1992) considera que las empresas que compiten tienen diferentes tecnologías para abatir la contaminación, así el impuesto óptimo pigoviano depende de las diferencias tecnológicas, así como de la estructura de costos de las empresas. Requate (1993), considera tecnologías de abatimiento diferente y lineal para las empresas, de tal manera que el impuesto óptimo está determinado por tales diferencias tecnológicas y los niveles de producción de las empresas.

Requate (1997) analiza el caso de competencia oligopólica donde pueden coexistir dos tecnologías de abatimiento distintas, una más limpia que otra, afirma que a un nivel de impuesto adecuado, sólo subsisten las empresas de tecnologías limpias. Damania (1996) investiga los efectos de un impuesto a las emisiones como incentivo para que las empresas obtengan tecnologías

alternativas de reducción contaminantes; asimismo muestra que incluso bajo condiciones especiales las empresas pueden rechazar la opción de adquirir tecnología de abatimiento aun cuando esto reduzca sus costos de producción. Damania (2000) desarrolla un modelo que toma en cuenta la estructura financiera de las empresas, las empresas juegan un juego de tres etapas; en la primera etapa, eligen su nivel de apalancamiento, en la segunda etapa, el nivel de reducción de contaminantes y en la tercera etapa, deciden el nivel de producción; el autor muestra que tasas impositivas más altas pueden conducir a mayores niveles de producción y emisiones. Stimming (1999) estudia las implicaciones dinámicas de los impuestos de contaminación donde las empresas pueden acumular capital para tecnologías sucias y limpias, respectivamente; concluye que si el gobierno establece impuestos más altos induce a las empresas a reducir la inversión en la tecnología sucia, mientras que el efecto sobre la tecnología limpia es ambiguo.

David y Sinclair-Desgagné (2005), y Park, Kim y Lee (2012) consideran una industria contaminante competitiva donde las emisiones dependen de las tecnologías de abatimiento, muestran que el valor del impuesto siempre excederá la desutilidad marginal por contaminar, de esta forma el gobierno aumenta la demanda de bienes limpios o la innovación en tecnología de abatimiento. Sugeta y Matsumoto (2005) muestran que un aumento en los impuestos podría resultar en la expansión de la contaminación agregada en presencia de diferencias significativas en las tecnologías de reducción de contaminantes de las empresas; además el gobierno no puede reducir su nivel de recaudación si continúa aplicando el mismo estándar ambiental, por lo tanto, necesita elevar los estándares ambientales para mantener el mismo nivel de gasto público después del cambio en su política de impuestos de contaminación.

Ahora bien, este trabajo presenta un modelo teórico en el que las empresas compiten en un mercado oligopólico por un bien homogéneo. Las empresas producen con diferentes tecnologías en términos de control de sus emisiones, una utiliza tecnología totalmente limpia y la otra utiliza tecnología contaminante. Para controlar la contaminación, el gobierno implementa una política de impuesto a la contaminación en presencia de un nivel de conciencia medioambiental entre los consumidores, que influye en la determinación del impuesto. El impuesto óptimo, que maximiza la función de bienestar, considera las ganancias de las empresas, el excedente del consumidor, la recaudación tributaria y el costo social de contaminar.

De esta manera, el presente estudio, integra en el mismo modelo, la aplicación de impuestos de contaminación en un entorno oligopólico, para empresas con diferentes tecnologías para controlar sus emisiones; pero incluyendo al mismo tiempo el nivel de despertar ambiental. Esta última característica es la que distingue nuestro modelo de los demás trabajos anteriores

de la literatura; ya que, unos se focalizan en la aplicación de impuestos en el marco oligopólico (con o sin diferencias tecnológicas entre las empresa), mientras que otros centran su análisis en el nivel de conciencia ambiental y sus implicaciones en el bienestar. En este sentido, el presente documento es importante, ya que analiza las acciones estratégicas de política ambiental que debe implementar el gobierno, considerando diferentes ángulos como el económico, el tecnológico y el ambiental; en la actual coyuntura ecológica mundial donde la conciencia de los consumidores con respecto a la contaminación determina en gran medida la implementación de políticas públicas de carácter ambiental.

De esta manera, en la sección 2, se especifica el modelo. En la sección 3, se realiza el análisis de estática comparativa. En la sección 4 se calcula el impuesto de contaminación óptima y se deducen las políticas ambientales estratégicas. Finalmente, en la sección 5, se establecen las conclusiones.

2. El modelo

Consideramos dos tipos de bienes hechos con una tecnología diferenciada. Aunque ambos bienes son homogéneos en términos de uso, son diferentes en términos de producción y en disposición de consumirlos: un tipo de bien es producido usando tecnología no contaminante (tecnología limpia), y el otro tipo utiliza tecnología contaminante. La emisión de contaminación en el ambiente se da como resultado del proceso de producción del tipo de bien que utiliza la tecnología contaminante.

Vamos a considerar que el bien producido con tecnología no contaminante será un bien no contaminante, y el bien producido con tecnología contaminante es un bien contaminante. Por ejemplo, los bienes biodegradables y no biodegradables, los cuales son producidos con distintas tecnologías pero consumidos con el mismo propósito. Por obvias razones vamos a omitir el caso en el cual bienes contaminantes se hacen con tecnologías limpias, y bienes no contaminantes que se hacen con tecnología contaminante.

En este sentido, consideramos que hay dos empresas, una produce el bien no contaminante (x_1), y el otro produce el bien contaminante (x_2). Ambas empresas compiten en una industria oligopolística. El costo marginal de cada empresa está determinado por condiciones tecnológicas y de mercado tal que c_i ($i=1,2$), donde 1 es para bienes no contaminantes y 2 es para bienes contaminantes. Ambos costos marginales son constantes, y por tanto iguales al costo variable promedio. Sin embargo, estos costos difieren entre las empresas. Por otra parte, existe un costo políticamente inducido hacia la empresa contaminante, k_2 , el cual vamos a detallar posteriormente. Las ganancias de

cada empresa son:

$$\pi_1 = (p_1 - c_1)x_1 \tag{1}$$

$$\pi_2 = (p_2 - c_2 - k_2)x_2 \tag{2}$$

tal que,

$$c_1 > c_2$$

donde π_1 son los beneficios de la empresa no contaminante, y π_2 los beneficios de la empresa contaminante. Vamos a asumir, como la mayor parte de las referencias académicas, que el costo de producir el bien no contaminante es mayor al de producir el bien contaminante ($c_1 > c_2$). Es decir, la tecnología no contaminante es más costosa que la tecnología contaminante. En este sentido, la empresa que produce el bien contaminante tiene una ventaja competitiva con respecto a la empresa que produce el bien no contaminante.

Por otra parte, aunque los consumidores consideren que los bienes son homogéneos en su uso, ellos pueden distinguir entre sus características en términos de contaminación. Ellos saben que el consumo de un bien produce más contaminación que otro, y pueden establecer criterios de consumo, o disposición al consumo, a partir de consideraciones medioambientales. En otras palabras, los consumidores eligen consumir un bien u otro dependiendo de su percepción acerca del daño que podría suceder en el medio ambiente por consumir el bien contaminante. Esta percepción surge a partir del nivel de "Conciencia Medioambiental" (CM) del consumidor. A un mayor nivel de conciencia medioambiental, se tiene un menor consumo del bien contaminante y un mayor consumo del bien no contaminante relativamente hablando.

En nuestro modelo, el consumidor decide consumir el bien contaminante o el no contaminante dependiendo de su conciencia medioambiental más bien que de las características de uso del bien el cual es el mismo. Un ejemplo ilustrativo es el de las bolsas de plástico, y las bolsas de plástico reciclable utilizado en centros comerciales. Estas bolsas tienen exactamente el mismo uso pero diferentes características en términos de la tecnología utilizada para producirse y su capacidad contaminante. La gente decide sobre su consumo a partir de su conciencia medioambiental. Una mayor conciencia medioambiental cambia las preferencias de consumo de las bolsas de plástico contaminante a plástico no contaminante.

Sin pérdida de generalidad. Asumimos que a una mayor conciencia medioambiental, las preferencias por el bien contaminante se reducen. Podemos obtener el mismo resultado si consideramos que este aumento en la conciencia medioambiental afecta positivamente las preferencias por el bien no contaminante. Sin embargo, vamos a considerar que esta conciencia medioambiental afecta negativamente el consumo de bienes contaminantes

ya que es el primer impacto que se da en la toma de decisiones. Generalmente la publicidad medioambiental está dirigida a deprimir el consumo de bienes contaminantes.

Una manera de modelar la disposición al consumo de bienes contaminantes es considerar que el consumidor, con mayor conciencia medioambiental, está de acuerdo en pagar un precio menor por un bien contaminante con respecto al bien no contaminante. En este sentido vamos a considerar que tenemos dos demandas, una para el bien contaminante y otra para el bien no contaminante diferenciadas a partir del intercepto de la demanda.

Vamos a asumir que dos funciones de utilidad con preferencias cuasilineales donde ambas utilidades pueden aproximarse con una función de tipo $u = u(x) + m$, donde x es el vector de bienes y m es el consumo del bien numerario. Asumiendo esto eliminamos un conjunto de problemas teóricos, incluyendo el efecto ingreso. Es por esto que existe un bien numerario el cual es producido bajo condiciones de competencia perfecta, y un factor de la producción, digamos trabajo, que es determinado en el sector competitivo. La función de demanda inversa es derivada de una función de utilidad cuadrática tal que,

$$p_1 = a_1 - bQ \quad (3)$$

$$p_2 = a_2(\gamma) - bQ \quad (4)$$

donde p_i ($i = 1, 2$) y Q son respectivamente el precio y la demanda total de bienes. Ya que los bienes son no comerciables, la demanda doméstica total debe ser igual a la producción total, tal que,

$$Q = x_1 + x_2 \quad (5)$$

La ecuación (3) y (4) son la demanda por el bien no contaminante y contaminante respectivamente. Por otra parte, x_1 y x_2 son respectivamente la cantidad del bien no contaminante y contaminante producidos.

Para simplificar el análisis vamos a asumir que el intercepto de la demanda muestra el nivel de precios máximo que el consumidor acuerda pagar por el consumo de un bien. El intercepto de la demanda (3) es a_1 , y es fija; el intercepto de la demanda en (4) es una función del nivel de conciencia medioambiental (γ), tal que $a_2 = a_2(\gamma)$, siendo decreciente ($a_2' < 0$). En otras palabras, un mayor nivel de conciencia medioambiental reduce la disposición por consumir el bien contaminante.

El nivel de conciencia medioambiental es un valor que va de cero a un nivel máximo tal que $0 < \gamma < \bar{\gamma}$. Cuando el nivel de conciencia medioambiental

es cero ($\gamma = 0$), el consumidor no tiene ninguna consideración sobre el daño causado por el consumo del bien contaminante. En este caso, el tamaño de la demanda del bien contaminante es mayor que el tamaño de la demanda por el bien no contaminante. Por otra parte, cuando el nivel de conciencia medioambiental es el máximo posible ($\gamma = \bar{\gamma}$), la demanda del bien contaminante es cero, y la única demanda existente es por el bien no contaminante. En resumen podemos considerar que $a_2(0) > a_1 > a_2(\bar{\gamma})$.

Una consideración importante es que, debido a que los dos bienes son idénticos en uso, los precios de ambos dependen del número de bienes disponibles en la economía independientemente de sus características contaminantes. El precio de cada bien depende de la suma de los bienes contaminantes y no contaminantes. Las demandas difieren de acuerdo a la disposición de consumir el bien no contaminante a partir de la conciencia medioambiental.

Cada empresa tiene una percepción de tipo Cournot y toma la producción de la otra empresa como dada y a partir de ahí maximiza sus beneficios. Bajo el supuesto Nash-Cournot, de la ecuación (1) a la (5), la maximización de ambas empresas produce los siguientes resultados:

$$x_1 = \frac{2s_1 - s_2}{3b} \tag{6}$$

$$x_2 = \frac{2s_2 - s_1}{3b} \tag{7}$$

tal que

$$s_1 = (a_1 - c_1) > 0$$

$$s_2 = (a_2 - c_2 - k_2) > 0$$

$$x_1, x_2 > 0$$

donde el beneficio de cada empresa oligopólica es dado por (6) y (7) en (1) y (2), tenemos implícitamente que:

$$\pi_1 = bx_1^2 \tag{8}$$

$$\pi_2 = bx_2^2 \tag{9}$$

Una vez definida la estructura de mercado básica, nos preguntamos cómo la contaminación podría afectar la salud de la gente en el país dado la producción y el consumo del bien contaminante.

La contaminación originada por el proceso productivo del bien contaminante es considerada una externalidad negativa en la sociedad, por tanto es necesario abatirla y esto implica costos para la empresa contaminante. En este

caso, consideramos que el gobierno considera establecer una política medioambiental, digamos un impuesto a la contaminación para controlar la emisión de contaminantes, y evitar la degradación ambiental y el daño en la salud pública.

Siguiendo a Lahiri y Ono (2000), vamos a considerar un impuesto a la contaminación el cual puede afectar la decisión de producción de ambas empresas, y por tanto, la cantidad de contaminación producida por la empresa contaminante. La política de impuesto de contaminación afecta la estructura de costos de la empresa contaminante, de tal manera que el costo políticamente inducido puede definirse como,

$$k_2 = \lambda(\theta_2 - z_2) + t_2 z_2 \quad (10)$$

La cantidad de contaminación producida (antes de abatirla) por la empresa contaminante es $\theta_2 z_2'$, donde θ_2 es la tecnología de producción medioambiental, y es constante. Una θ_2 pequeña significa que la tecnología de producción medioambiental adoptado por la empresa contaminante es más eficiente y hay menos contaminación emitida por esta empresa.

Por otra parte, vamos a asumir que la tecnología para abatir contaminación por parte de la empresa contaminante es tal que le cuesta una cantidad λ por unidad de producto producido. Además sea t_2 un impuesto por unidad de contaminación emitida. De tal suerte que (10) es el costo asociado considerando el impuesto por unidad emitida, y el nivel de contaminación z_2' , elegido por la empresa contaminante.

Ahora bien, es claro que cuando el impuesto por unidad de contaminación es mayor o igual que el costo de abatimiento la empresa prefieren reducir por completo la emisión de contaminantes, mientras que si el mismo impuesto es menor que el costo de abatimiento, entonces ésta sigue emitiendo la misma cantidad de contaminación $\theta_2 z_2'$, esto es,

$$z_2 = \begin{cases} 0 & \text{si } t_2 \geq \lambda \\ \theta_2 & \text{si } t_2 < \lambda \end{cases} \quad (11)$$

$$k_2 = \begin{cases} \lambda \theta_2 & \text{si } t_2 \geq \lambda \\ t_2 \theta_2 & \text{si } t_2 < \lambda \end{cases} \quad (12)$$

$$R = \begin{cases} 0 & \text{si } t_2 \geq \lambda \\ \theta_2 x_2 & \text{si } t_2 < \lambda \end{cases} \quad (13)$$

donde R , es el total de unidades de contaminación emitidos por la empresa contaminante. El cálculo del impuesto óptimo no tiene sentido cuando $t_2 \geq \lambda$, pues en este caso la cantidad de contaminación es cero, independientemente del monto del impuesto. Pero cuando $t_2 < \lambda$, la empresa contaminante prefiere pagar el impuesto y no existe reducción en la emisión de contaminantes, es decir, podemos reescribir (12) y (13) como:

$$k_2 = t_2\theta_2 \tag{14}$$

$$R = \theta_2x_2 \tag{15}$$

Por otra parte, el consumo, y no solo la producción, de bienes contaminantes produce una externalidad negativa. Esta externalidad es dada por la presencia del bien dentro del medioambiente. Por ejemplo, la presencia de las bolsas de plástico en el medioambiente. La decisión de introducir estas bolsas de plástico en el medioambiente corresponde al consumidor y no al gobierno.

El consumidor es quien decide consumirlas. El gobierno decide, a partir de considerar los intereses sociales, regular la contaminación generada en el proceso de producción de bienes contaminantes, pero el consumidor, a partir de su demanda, es quien decide la presencia de este bien contaminante en el medioambiente. Cuando el consumidor tiene un alto nivel de conciencia medioambiental, ellos están dispuestos a consumir un menor número de bienes contaminantes, reduciendo su externalidad negativa.

Una vez que hemos definido las soluciones al equilibrio de producción, vamos a determinar la función de bienestar tomando en cuenta el uso de la política de contaminación. La función de bienestar puede ser escrita como:

$$W = \pi_1 + \pi_2 + CS + t_2R - \psi R - \varphi x_2 \tag{16}$$

El primero y segundo término son, respectivamente, los excedentes del productor de la empresa no contaminante y contaminante, el tercer término es el excedente del consumidor, el cuarto término es el beneficio obtenido por el gobierno por la recolección de impuesto a la contaminación, y el quinto y sexto término son respectivamente la desutilidad por la producción y consumo del bien contaminante.

En el quinto y sexto término, ψ es la desutilidad marginal de producir el bien contaminante; y φ es la desutilidad marginal de consumir el bien contaminante. Ambas desutilidades marginales definen técnicamente el daño ocasionado sobre la sociedad ya sea por producción o el consumo del bien contaminante, independientemente si la gente es consciente de esto o no. En otras palabras, la conciencia medioambiental es independiente del cálculo hecho sobre el perjuicio ocasionado por la contaminación. Así puede haber sociedades donde el impacto de la contaminación sobre la salud es alto, pero la gente no lo percibe así. En el caso contrario, puede haber sociedades donde el impacto de la contaminación sobre la salud es bajo, pero la gente percibe que este daño es alto.

Vamos a considerar como lo hace Lahiri y Ono (2000), y Markusen, *et al.* (1993, y 1995), que estas desutilidades marginal son constantes. Otros autores

como Asako (1979), considera que la desutilidad marginal es una función creciente con respecto a la producción. Sin embargo, incluso si suponemos esto, nuestros resultados no cambian y considerar desutilidades marginales constantes es más conveniente por simplicidad del modelo.

A partir de considerar la demanda como una función lineal, el excedente del consumidor en ambos bienes puede ser definido como:

$$CS = bQ^2$$

donde

$$dCS = 2bQdQ \quad (17)$$

Las ecuaciones (1) a (17) forman la estructura básica de nuestro análisis. Una vez que hemos definido la función de bienestar social, vamos a hacer un análisis de estática comparativa para entender el impacto de la variable de política sobre los componentes del bienestar.

3. Estática comparativa

Para hacer el análisis de estática comparativa vamos a analizar el impacto de un impuesto a la contaminación sobre la producción óptima de las empresas y el impacto de la conciencia ambiental sobre la misma. Derivando (14) con respecto al impuesto de contaminación tenemos,

$$\frac{dk_2}{dt_2} = \theta_2 > 0 \quad (18)$$

de esta manera, al aumentar el impuesto de contaminación también se incrementan los costos marginales de producción del bien contaminante. Un aumento en el impuesto incrementa el costo político inducido. Considerando (18), y derivando (6) y (7) con respecto al impuesto a la contaminación y al nivel de conciencia medioambiental tenemos:

$$\frac{dx_1}{dt_2} = \frac{\theta_2}{3b} > 0, \frac{dx_2}{dt_2} = -\frac{2\theta_2}{3b} < 0 \quad (19)$$

$$\frac{dx_1}{dy} = -\frac{a'_2}{3b} > 0, \frac{dx_2}{dy} = \frac{2a'_2}{3b} < 0 \quad (20)$$

Un impuesto a la contaminación incrementa la producción de la empresa no contaminante porque le genera una ventaja competitiva con respecto a la empresa contaminante debido al aumento en el costo de producción de esta misma. En este sentido disminuye la producción de la empresa contaminante debido al aumento de este costo. Por otra parte, un aumento en la conciencia

ambiental reduce el consumo del bien contaminante aumentando la proporción de mercado para el bien no contaminante y por tanto su producción. Ahora bien, utilizando (19) y (20) y derivando el beneficio de las empresas (8) y (9) con respecto al impuesto a la contaminación y al nivel de conciencia medioambiental tenemos que:

$$\frac{d\pi_1}{dt_2} = \frac{2\theta_2}{3}x_1 > 0, \frac{d\pi_2}{dt_2} = -\frac{4\theta_2}{3}x_2 < 0 \quad (21)$$

$$\frac{d\pi_1}{dy} = -\frac{2a_2'}{3}x_1 > 0, \frac{d\pi_2}{dy} = \frac{4a_2'}{3}x_2 < 0 \quad (22)$$

Por la intuición mencionada anteriormente, un impuesto a la contaminación aumenta el beneficio de la empresa no contaminante y reduce el beneficio de la empresa contaminante. De la misma manera, un aumento en la conciencia medioambiental mejora el beneficio de la empresa no contaminante y empeora el beneficio de la contaminante. Para analizar el impacto de un impuesto a la contaminación, y de un aumento en la conciencia ambiental sobre el excedente del consumidor tomamos de nuevo (19) y (20), y consideramos (17) tal que:

$$\frac{dCS}{dt_2} = -\frac{2\theta_2}{3}Q < 0, \frac{dCS}{dy} = \frac{2a_2'}{3}Q < 0 \quad (23)$$

Establecer un impuesto a la contaminación, o aumentar el nivel de conciencia medioambiental disminuye el excedente del consumidor, debido a que al incremento en los costos de producción del bien contaminante reduce la producción del mismo en mayor proporción que el aumento en la producción del bien no contaminante. Esta diferencia se da por el menor costo de producir bienes contaminantes y por tanto se reduce su producción en mayor proporción, incrementando el precio y reduciendo el excedente del consumidor.

Ahora bien, considerando (15) y (20), y derivando el cuarto miembro de (16), tenemos la derivada de la recaudación de impuestos con respecto al impuesto a la contaminación y a un aumento en la conciencia medioambiental tal que,

$$\frac{d(t_2\theta_2x_2)}{dt_2} = \theta_2x_2 - \frac{2\theta_2^2}{3b}t_2, \frac{d(t_2\theta_2x_2)}{dy} = \frac{\theta_2t_22a_2'}{3b} < 0 \quad (24)$$

El efecto en la recaudación tributaria, por la imposición de un impuesto a la contaminación es ambiguo. Por un lado, dado un aumento en el impuesto, la recaudación se eleva por unidad producida; pero por otro lado, se reduce la producción del bien contaminante, y en consecuencia la recaudación. El aumento de la conciencia ambiental reduce la contribución ya que reduce la cantidad producida del bien contaminante.

Para calcular el impacto de un impuesto a la contaminación y de una mayor conciencia ambiental sobre la desutilidad producida por la empresa contaminante se utiliza (19) y (20) en el quinto término de (16), tal que:

$$\frac{d(\psi\theta_2x_2)}{dt_2} = -\frac{2\theta_2^2\psi}{3b} < 0, \frac{d(\psi\theta_2x_2)}{d\gamma} = \frac{2\psi\theta_2a_2'}{3b} < 0 \quad (25)$$

un impuesto a la contaminación y una mayor conciencia medioambiental reduce la cantidad producida de bienes contaminantes, lo que reduce la emisión de contaminantes debida al proceso productivo. Por otra parte, usando (19) y (20) en el último término de (16) se tiene la derivada de la desutilidad del consumo con respecto al impuesto a la contaminación y a la conciencia medioambiental,

$$\frac{d(\varphi x_2)}{dt_2} = -\frac{2\theta_2\varphi}{3b} < 0, \frac{d(\varphi x_2)}{d\gamma} = \frac{2a_2'\varphi}{3b} < 0 \quad (26)$$

ya que un impuesto a la contaminación y la mayor ciencia ambiental reduce la cantidad producida de bienes contaminantes, el impacto de estos bienes sobre el medioambiente se reduce. Este bien se consume menos y menor es la contaminación por el usufructo del mismo.

4. Impuesto óptimo de contaminación y conciencia medioambiental

A partir de las ecuaciones (19) a (26), vamos a diferenciar la función de bienestar (16) con respecto al impuesto a la contaminación considerando la condición de $t_2 < \lambda$, y exógeno el nivel de conciencia medioambiental, de tal forma tenemos que:

$$dW = \left(\frac{2\theta_2}{3b}x_1 - \frac{4\theta_2}{3}x_2 - \frac{2\theta_2}{3}Q + \theta_2x_2 - \frac{2\theta_2^2}{3b}t_2 + \frac{2\theta_2^2\psi}{3b} + \frac{2\theta_2\varphi}{3b} \right) dt_2 \quad (27)$$

la condición de segundo orden es

$$\frac{d^2W}{dt_2^2} = -\theta_2^2 < 0 \quad (28)$$

Por tanto nuestra función es estrictamente cóncava y podemos obtener un máximo. Para obtener el impuesto óptimo igualamos el coeficiente de (27) igual a cero tal que $dW(dt_2) = 0$, y resolvemos para el impuesto óptimo:

$$2\theta_2t_2^* = 2(\psi\theta_2 + \varphi) - 3bx_2 \quad (29)$$

de (29) podemos observar que el impuesto óptimo tiene un valor ambiguo. Si la desutilidad marginal por producir y/o consumir es considerablemente

alta, el impuesto de contaminación aplicado por el gobierno es positivo. De tal manera que el gobierno valora más los efectos nocivos de la contaminación en el medio ambiente y en la salud de las personas. Pero considerando que, independientemente del valor de las desutilidades marginales mientras estas sean mayores que cero, un alto nivel de conciencia medioambiental reducirá significativamente el consumo de bienes contaminantes. En este caso también el impuesto sería positivo.

Pero, si dicha desutilidad marginal de producir y/o consumir no es significativa, o suficientemente pequeño, el gobierno impone un impuesto cero a la contaminación (obviamente asumimos que no existe un subsidio a la contaminación) en beneficio de la empresa contaminante y del excedente del consumidor. Lo anterior, puede ser formulado en la siguiente proposición.

Proposición 1. En un modelo de competencia oligopolística con diferentes tecnologías de contaminación y diferente disposición a consumir un bien homogéneo, el impuesto óptimo de contaminación establecida por el gobierno se define como,

1. Si la desutilidad marginal de producir y/o consumir el bien contaminante es suficientemente grande ($\psi \gg 0$ y/o $\varphi \gg 0$), o el nivel de conciencia medioambiental es grande ($\gamma \rightarrow \bar{\gamma}$) y por ende la demanda del bien contaminante es pequeño ($x_2 \rightarrow 0$), el impuesto óptimo es positivo ($t_2^* > 0$).
2. Si la desutilidad marginal de producir y/o consumir el bien contaminante es suficientemente pequeño ($\psi \rightarrow 0$ y/o $\varphi \rightarrow 0$), el impuesto óptimo es cero ($t_2^* > 0$).

Intuitivamente hablando, cuando la desutilidad marginal por producir y/o consumir es suficientemente alta, el gobierno considera que el perjuicio en la salud y medioambiente es grande, de forma que establecer un impuesto a la contaminación beneficia la salud y el medioambiente a pesar de la caída en el excedente del productor del bien contaminante y el excedente del consumidor. El beneficio medioambiental, el monto de impuestos recolectados, y el beneficio del productor que produce el bien no contaminante son mayores que la pérdida en el beneficio del productor contaminante y en el excedente del consumidor.

Alternativamente podríamos obtener un resultado semejante cuando el nivel de conciencia medioambiental es grande con niveles de desutilidad marginal positivos. Con mayor nivel de conciencia medioambiental el consumo del bien contaminante se reduce significativamente porque la gente está preocupada por el bienestar medioambiental. El gobierno responde a esa necesidad con un impuesto a la contaminación ya que el impacto en el bienestar

por consideraciones medioambientales es mayor que la pérdida en excedente del consumidor y del productor de la empresa contaminante. En el extremo, cuando el nivel de conciencia medioambiental es el máximo posible, el nivel de producción del bien contaminante es cero y, aunque (29) sea positiva, no existe incentivo de establecer ninguna política medioambiental ya que no existe producción contaminante.

Por otra parte, cuando estas desutilidades marginales son suficientemente pequeñas, el gobierno no toma en cuenta las consideraciones medioambientales y decide no aplicar ninguna política medioambiental ya que el beneficio en el excedente del consumidor y en el excedente del productor del bien contaminante es mayor al excedente del productor del bien no contaminante y la desutilidad por consumir y producir este bien.

Por otra parte, podemos preguntarnos cuál sería el efecto de un cambio en la conciencia medioambiental sobre el impuesto óptimo. Para esto, introducimos (7) en (29), y derivando implícitamente con respecto γ tenemos,

$$\frac{dt_2^*}{d\gamma} = 1 - \frac{a_2'}{\theta_2} > 0 \quad (30)$$

Lo anterior significa, que mientras mayor sea el nivel de conciencia medioambiental de las personas, el gobierno establecerá un monto más oneroso al impuesto aplicado a la empresa contaminante. En sentido opuesto, a menor nivel de conciencia medioambiental, más pequeño será el monto del impuesto aplicado por el gobierno a la empresa contaminante.

Formalmente podemos decir que:

Proposición 2. En un modelo de competencia oligopolística con diferentes tecnologías de contaminación, y diferente disposición a consumir un bien homogéneo, el impuesto óptimo de contaminación establecida por el gobierno tiene una relación directa con el nivel de conciencia medioambiental.

Así existe una relación directa entre el valor aplicado por el gobierno al impuesto de contaminación y el grado de conciencia medioambiental mostrado por los consumidores. El gobierno reacciona a la conciencia medioambiental de la gente ya que el despertar medioambiental reduce el beneficio del excedente del consumidor y del productor del bien contaminante, de tal manera que el gobierno considera más relevante ahora las consideraciones medioambientales y la recolección de impuestos. Todo esto a condición de que la conciencia medioambiental no elimine la producción ni el consumo del bien contaminante, de otra forma no tiene sentido aplicar ninguna política medioambiental.

5. Conclusiones

La conciencia ambiental es el conocimiento y percepción de los efectos de la actividad humana en el mundo natural, el grado en que la cultura en general modifica y condiciona el ambiente, en beneficio o perjuicio del hombre y la naturaleza, en el corto mediano y largo plazo. En este sentido, una nula conciencia ambiental se manifiesta en acciones irresponsables y dañinas en el ambiente, mientras que un alto nivel de conciencia ambiental estimula acciones proactivas en beneficio del entorno natural. En este sentido, el nivel de conciencia ambiental condiciona la conducta del consumidor, y sus acciones sobre el entorno reflejan en esa medida su responsabilidad con el medio ambiente.

Debido a la naturaleza incierta del comportamiento humano, la conciencia ambiental, es muy difícil evaluar de manera objetiva los alcances tales acciones sobre el medioambiente. Más aún cuando existe una brecha real entre el conocimiento ambiental que poseen las personas y su verdadera conducta respecto al medioambiente, es decir, no existe garantía de que una persona con educación ambiental razonable actúe de manera ecológicamente responsable. No obstante, como sociedad en conjunto es más probable que un nivel de conciencia medioambiental más alto se traduzca en conductas amigables con el medioambiente.

El presente trabajo desarrolló un modelo teórico de equilibrio parcial para el mercado de un bien homogéneo, en el que dos empresas, una contaminante y otra no contaminante compiten bajo condiciones de Cournot. El gobierno aplica una política convencional de impuestos de contaminación para regular las emisiones de las empresas, en presencia de un nivel dado de conciencia medioambiental mostrado por los consumidores. Después de calcular el impuesto óptimo de contaminación, se pueden concluir los siguientes resultados de política ambiental.

Primero, si el daño social por contaminar es significativamente alto, el gobierno aplica un impuesto de contaminación positivo a las empresas. De esta manera, el gobierno valora en mayor medida el daño que la contaminación ocasiona en el medio ambiente y en la salud de las personas.

Segundo, si la desutilidad por contaminar no es muy significativa; el gobierno aplica una tasa impositiva nula a la emisión de contaminantes, considerando en mayor grado el beneficio de las empresas contaminantes y el excedente del consumidor, que un daño en el medioambiente. Ahora bien, para este mismo caso, si el nivel de conciencia medioambiental mostrado por los consumidores es alto, el gobierno aunque permite que la empresa contaminante continúe con sus emisiones tiende a aumentar el monto del impuesto de contaminación en la medida del grado de conciencia medioambiental; contrariamente, si el nivel de conciencia medioambiental es pequeño, el gobierno tolera más las

emisiones de la empresa contaminante, disminuyendo el impuesto de contaminación. De tal manera que existe una relación directa entre el nivel de conciencia medioambiental de los consumidores y el impuesto de contaminación aplicado a la empresa contaminante por el gobierno.

Por lo tanto, este trabajo muestra la importancia de implementar políticas ambientales estratégicas, que impulsen la competitividad de las empresas, y el beneficio de los consumidores cuando estos poseen cierto nivel de conciencia medioambiental, que también incide directamente en la preservación o deterioro del medioambiente.

Referencias

- Asako, K. (1979). Environmental pollution in an open economy. *Economic Record*, 55(4), 359-367. Doi: 10.1111/j.1475-4932.1979.tb02241.x.
- Chartand, T. (2005). The role of conscious awareness in consumer behaviour. *Journal of Consumer Psychology*, 3 (15), 203–210. Doi: 10.1207/s15327663jcp1503_4.
- Constant, K. & M. Davin (201). Environmental policy and growth when environmental awareness is endogenous. *Macroeconomics Dynamics*, 23(3), 1102-1136. Doi:10.1017/s1365100517000189.
- Damania D. (1996). Pollution taxes and pollution abatement in an oligopoly supergame, *Journal of Environmental Economics and Management*, 30(3), 323-336. Doi: 10.1006/jeem.1996.0022.
- Damania, R. (2000). Financial structure and the effectiveness of pollution control in an oligopolistic industry. *Resource and Energy Economics*, 22(1), 21–36. Doi:10.1016/s0928-7655(99)00012-3.
- David, M. & B. Sinclair-Desgagné (2005). Environmental regulation and the eco-industry. *Journal of Regulatory Economics*, 28(2), 141–155. doi:10.1007/s11149-005-3106-8.
- Dechezleprêtre, A. & M. Sato (2017). The impacts of environmental regulations on competitiveness. *Review of Environmental Economics and Policy*, 11(2), 183-206. Doi: 10.1093/reep/rex013.
- Ebert, U. (1992). Pigouvian taxes and market structure: the case of oligopoly and different abatement technologies. *Public Finance Analysis*, 49(2), 154-166.
- Eccleston, C. & F. March (2011). *Global Environmental Policy: Concepts, Principles, and Practice*. CRC Press: Boca Raton, FL.

- Gupta, N. (2014). Environmental awareness policies and its effectiveness: a study of Ludhiana City (India). *Environment and Urbanization ASIA*, 5 (1), 147-160. Doi: 10.1177/0975425314521547.
- Hussen, A. (2018). *Principles of Environmental Economics and Sustainability* (4a ed.). Routledge: New York.
- Kollmuss, A & J. Agyeman (2002). Mind the gap: why do people act environmentally and what are the barriers to pro-environmental behavior? *Environmental Education Research*, 8 (3), 239-260. Doi: 10.1080/13504620220145401.
- Kolstad, C. (2016). *Intermediate Environmental Economics* (2a ed.). Oxford University Press.
- Koźluk, T. & C. Timiliotis (2016). Do environmental policies affect global value chains?: a new perspective on the pollution haven hypothesis. *OECD Economics Department Working Papers* 1282.
- Lahiri, S. & Y. Ono (2000). Protecting environment in the presence of foreign direct investment: tax versus quantity restriction. *University of Essex Economics Discussion Papers* 9985.
- Markusen, J.; E. Morey & N. Olewiler (1993). Environmental policy when market structure and plant locations are endogenous. *Journal of Environmental Economics and Management*, 24 (1), 69-86. Doi: 10.1006/jeem.1993.1005.
- Markusen, J.; E. Morey & N. Olewiler (1995). Competition in regional environmental policies when plant locations are endogenous. *Journal of Public Economics*, 56 (1), 55-77. doi: 10.1016/0047-2727(94)01419-O.
- OECD (2017). *Tackling Environmental Problems with the Help of Behavioural Insights*. OECD Publishing: Paris. https://read.oecd-ilibrary.org/environment/tackling-environmental-problems-with-the-help-of-behavioural-insights_9789264273887-en#page1.
- Park, C.; S. Kim & S. Lee (2012). Optimal policy combinations of abatement subsidy and pollution tax in vertical oligopolies. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 40, 215-219. Doi:10.1016/j.sbspro.2012.03.183.
- Requate, T. (1993). Pollution control in a Cournot duopoly via taxes or permits. *Journal of Economics*, 58(3), 255-291. Doi: 10.1007/BF01235250.
- Requate, T. (1997). Green taxes in oligopoly if the number of firms is endogenous. *Public Finance Analysis*, 54(2), 261-280.
- Siebert, H. (1976). Emissionssteuern im monopol eine anmerkung. *Journal of Institutional and Theoretical Economics*, 132(4), 679-682.
- Siegel, L.; A. Cutter-Mackenzie-Knowles & A. Bellert (2018). Still 'minding the gap' sixteen years later: (re)storying pro-environmental behaviour. *Australian Journal of Environmental Education*, 34 (2), 189-203. Doi: 10.1017/ae.2018.32.
- Stevens, C. (1993). Do environmental policies affect competitiveness? *OECD Observer*, 183, 22-25.

- Stimming, M. (1999). Capital-accumulation games under environmental regulation and duopolistic competition. *Journal of Economics*, 69(3), 267-287. Doi: 10.1007/BF01231162.
- Sugeta, H. & S. Matsumoto (2005). Green tax reform in an oligopolistic industry. *Environmental & Resource Economics*, 31(3), 253-274. Doi:10.1007/s10640-004-8249-z.
- UNEP (2019). Programme Performance Report 2018. UN Environment Programme Publishing. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/27734/PPR_2018_FINAL.pdf.
- Weng, Y.; K. Hsu & B. Liu (2019). Increasing worldwide environmental consciousness and environmental policy adjustment. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 71, 205–210. Doi: 10.1016/j.qref.2018.08.003.