

## CONTAMINACIÓN TRANSFRONTERIZA E IMPUESTOS

Salvador Sandoval Bravo

Universidad de Guadalajara

Periférico Norte 799, Colonia Los Belenes, Zapopán, Jalisco, México

e-mail: salvsanb@ucea.udg.mx

### Resumen

Este trabajo desarrolla un modelo de dumping recíproco, oligopolio y contaminación transfronteriza. Se utilizan un instrumento de regulación ambiental: los impuestos. Se determinan el valor óptimo de tal variable, y se deducen las políticas ambientales estratégicas derivados de tal valor óptimo. El modelo sugiere que cuando el costo marginal por contaminar es muy alto o si la cantidad de bienes importados es elevada se impone un impuesto alto. Por otro lado, si el costo marginal por abatir la contaminación es mayor que el costo marginal por contaminar, entonces no existe incentivo a las empresas por reducir la contaminación.

**PALABRAS CLAVE:** Contaminación transfronteriza, dumping recíproco, medioambiente, impuestos a la contaminación.

### Abstract

This paper develops a model of reciprocal dumping, oligopoly and transboundary pollution. We used an instrument of environmental regulation: taxes. We determined the optimal value of this variable, and we deduced strategic environmental policies derived from such optimum value. The model suggests that when the marginal cost of pollution is too high or if the amount of imported goods is high, the government imposes a heavy tax. On the other hand, if the marginal cost of pollution abatement is greater than the marginal cost of polluting, then there is no incentive for companies to reduce pollution.

**KEY WORDS:** Transboundary pollution, environment quotas, reciprocal dumping, pollution taxes.

### 1. Introducción

El propósito de este trabajo es determinar el impuesto óptimo de contaminación bajo condiciones de dumping recíproco y oligopolio, entre dos países de similar tamaño, considerando el supuesto de contaminación transfronteriza. Derivando además, a partir de ellas las políticas ambientales estratégicas aplicables que garanticen tanto el bienestar económico de todos los agentes del mercado: empresas, consumidores y gobierno; como la preservación y cuidado del medio ambiente.

La contaminación tiene efectos desastrosos y de largo plazo en el medioambiente tales como el calentamiento global, el cambio climático y el efecto de invernadero, provocando enormes costos en las economías nacionales. Podemos también resaltar los efectos adversos que la emisión de contaminantes tiene en la salud de las personas, principalmente en las ciudades, como el alarmante incremento en infecciones respiratorias e intestinales, afecciones auditivas y oculares, entre otros<sup>1</sup>.

No obstante, los gobiernos se muestran reticentes a aplicar políticas de control de emisión de contaminantes, o en instaurar medidas restrictivas al uso de recursos naturales ya que estas pueden generar aumentos significativos en los costos de producción y, como consecuencia provocar reducción en

---

<sup>1</sup> Para estadísticas más precisas ver PNUMA, (2007).

la competitividad de las empresas nacionales.

De este modo, los controles a la emisión de contaminantes se tornan en barreras comerciales, y como tales han sido ampliamente discutidos en los foros comerciales mundiales y en los tratados de libre comercio. Así, las decisiones de política ambiental se vuelven particularmente importantes si los países involucrados están en vías de desarrollo; ya que en estos países el desarrollo de un sector productivo es indispensable, tanto como la inversión local. Por lo tanto, los gobiernos deben ponderar los beneficios económicos de las actividades productivas, con el uso responsable de los recursos naturales que genere el mínimo de emisión de contaminantes.

Aunque existe una amplia literatura relativa a políticas medioambientales, los efectos de tales regulaciones en economías en desarrollo no se han estudiado con suficiente profundidad. Por ejemplo, el acuerdo comercial entre México y Costa Rica, considera el comercio de azúcar, y tal rubro está sujeto a imposición de cuotas de contaminación en los dos países. De esta forma el modelo desarrollado en este capítulo estudia los efectos en el bienestar de las políticas ambientales (específicamente las cuotas e impuestos) que se da cuando dos países de similar tamaño comercian entre sí el mismo producto. De esta forma, asumimos que el comercio ocurre para productos similares, así por ejemplo, el café se exporta recíprocamente entre México y Costa Rica. La explicación lógica de tal hecho es que existen diferencias sutiles en el café de cada país, así algunos consumidores en cada país prefieren el café extranjero<sup>2</sup>.

De igual forma, existe el comercio entre el mismo bien entre dos países en ambos sentidos, tal situación se conoce como dumping recíproco<sup>3</sup>. Una de las razones que existen para tal aparente paradoja del comercio internacional es la discriminación de precios, debido a los denominados mercados segmentados<sup>4</sup>. De tal suerte que las empresas nacionales generalmente destina un precio relativamente elevado para el mercado local y un precio comparativamente más bajo en el mercado foráneo, ocurriendo lo mismo desde la óptica de las empresas extranjeras. Y por lo tanto, existen las condiciones para el comercio no obstante las diferencias en la estructura de costos de cada país, además de no existir ventaja comparativa, y con rendimientos constantes a escala. De esta forma se puede aumentar la competitividad en los países involucrados en el dumping recíproco, ya que los monopolios u oligopolios locales pierden sus posiciones de privilegio que tenían antes de la entrada de la producción del bien por las empresas extranjeras, lo que se traduce en precios más bajos para el consumidor.

El modelo desarrollado en el presente trabajo, aplicará un instrumento de política ambiental, los impuestos<sup>5</sup>. Es decir, se emplea un gravamen por unidad de contaminación emitida, lo cual persuade de alguna manera a las empresas, so pena de pagar un precio más alto por el hecho de contaminar. El instrumento utilizado tiene como objetivo corregir las fallas de mercado que no suelen subsanarse con los mecanismos propios de mercado, por lo cual el gobierno debe intervenir a través de este tipo de regulaciones de control medioambiental.

En este sentido, el modelo desarrollado en este trabajo pretende determinar el impuesto óptimo de contaminación bajo condiciones de dumping recíproco, oligopolio<sup>6</sup> y contaminación transfronteriza para el comercio entre dos países pequeños de similar tamaño para empresas que fabrican el mismo bien homogéneo, situación ordinaria en el comercio de bienes entre países en vías de desarrollo, cuestión que

<sup>2</sup> Tal forma de comercio entre bienes similares es denominado comercio intraindustrial, algunos trabajos clásicos respecto al tema son Balassa (1986), Grubel y Lloyd (1975), Krugman (1979) y Lancaster (1980).

<sup>3</sup> Trabajos pioneros de dumping recíproco son Brander (1981), Brander y Krugman (1983), Venables (1985), Weinstein (1992), entre otros.

<sup>4</sup> Término utilizado por Helpman (1982), en el que cada empresa toma sus decisiones estratégicas de comercialización considerando cada país como un mercado separado de los demás.

<sup>5</sup> Para una explicación más detallada de estos dos instrumentos de política ambiental véase Sandoval (2010).

<sup>6</sup> Entre los trabajos que analizan los instrumentos de política ambiental en modelos de oligopolios, incluyendo algunos específicos de dumping recíproco tenemos: Lahiri y Ono (2000), Palomera (2004), Espinosa (2004) y Espinosa y Ozgur (2007).

no es muy común en la literatura de la mayoría de los trabajos que se refieren únicamente a países desarrollados o que explícitamente distinguen entre países grandes y pequeños<sup>7</sup>.

En tal categorización podemos incluir buena parte de los países de Latinoamérica, además el estudio se refiere a bienes homogéneos por lo que podemos incluir una gran cantidad de bienes agrícolas e industriales, de esta forma el estudio hace particularmente aplicable los resultados obtenidos en la implementación de políticas medioambientales apropiadas, en países en vías de desarrollo que comercian entre sí. Suponemos también que hay rendimientos constantes a escala y que los mercados están segmentados, lo cual implica que para las empresas las variaciones en uno de los mercados no influyen en lo más mínimo en las decisiones tomadas en los otros. Ahora bien, las empresas generan contaminación en sus procesos productivos, pero de igual manera, poseen tecnología apropiada para contrarrestarla, por lo que pueden decidir la magnitud de la contaminación generada; existe además, un costo social por contaminar del cual son responsables las empresas.

Por último, suponemos que los dos países que comercian entre sí generan contaminación que se desplaza al otro país, del tal suerte que un porcentaje del total de emisiones permanece en el país productor y otra porción se exporta al país con el que se comercia, que es un caso muy especial de la llamada contaminación transfronteriza que sucede cuando la contaminación emitida en un país se traslada de la nación que tiene jurisdicción para controlar dichas emisiones; así, el país que recibe las emisiones (en nuestro caso, el país con el cual se mantienen relaciones comerciales) que no genera impone una sanción a las empresas del país emisor que consiste en un impuesto por emisiones recibidas, con la que de alguna forma se logran resarcir los daños que se ocasionan al país receptor<sup>8</sup>.

De los resultados del modelo podemos mencionar los siguientes. Si el costo marginal de contaminar es elevado o si las importaciones son muy altas, se impone un impuesto positivo, además si el costo marginal por abatir la contaminación es mayor que el costo marginal por contaminar, entonces las empresas no reducen su emisión de contaminantes.

El trabajo está organizado de la siguiente manera, comenzamos con la definición y supuestos del modelo, a continuación a partir de la diferenciación de la función de bienestar se hará el análisis de estática comparativa, posteriormente se calculará el impuesto óptimo. Posteriormente, deduciremos las políticas ambientales estratégicas que se derivan precisamente de tal impuesto óptimo. Y finalmente, estableceremos las conclusiones.

## 2. El modelo

### 2.1 Especificación del modelo

Consideremos el comercio de un bien homogéneo entre dos países  $A$  y  $B$ , bajo condiciones de dumping recíproco. El país  $A$  produce el bien tanto para consumo local, como para exportar al país  $B$ . Por lo tanto, la producción de una empresa particular del país  $A$  del bien homogéneo es:

$$[1] \quad X = X_A + X_B$$

Donde,

$X_A$  es la cantidad del bien producido para el consumo local en el país  $A$

$X_B$  es la cantidad del bien producido para la exportación al país  $B$

Análogamente, el país  $B$  produce el bien tanto para consumo local, como para exportar al país

<sup>7</sup> En términos de economía internacional, un país grande es aquel que es capaz de influir en el precio de un producto en el mercado internacional, mientras que el país pequeño no (Appleyard y Field, 2003).

<sup>8</sup> Entre los estudios clásicos que relacionan la contaminación transfronteriza y el comercio internacional podemos mencionar: Copeland y Taylor, 1995; Antweiler, et.al., 1998; Markusen, 1975; Baumol y Oates, 1988; Whalley, 1991; Ludema y Wooton, 1994; Copeland, 1996; Benarroch y Thille, 1999; Kayalica y Yilmaz (2006); entre otros.

A. Por lo tanto, la producción de una empresa en el país  $B$  del bien en cuestión es:

$$[2] \quad Y = Y_A + Y_B$$

Donde,

$Y_B$  es la cantidad del bien homogéneo producido para el consumo local en el país  $B$

$Y_A$  es la cantidad del bien homogéneo producido para la exportación al país  $A$

Suponemos además que existen,  $n$  empresas en el país  $A$ , y  $m$  empresas en el país  $B$ ; de tal suerte que la demanda en el país  $A$ ,  $D_A$ , es igual a la producción para consumo local combinada de sus  $n$  empresas, más la producción destinada a la exportación combinada de las  $m$  empresas del país  $B$ , esto es,

$$[3] \quad D_A = nX_A + mY_A$$

Similarmente, la demanda en el país  $B$  estará dada por:

$$[4] \quad D_B = mY_B + nX_B$$

Suponemos que las firmas en ambos países tienen la misma tecnología para abatir la contaminación. De esta manera,  $z$  es la cantidad de contaminación por unidad producida del bien homogéneo en los países  $A$  y  $B$ . Sea  $\lambda$  es el costo marginal de abatir una unidad de contaminación, y por otro lado,  $\theta$  representa la cantidad de contaminación emitida antes de implementar la política ambiental.<sup>9</sup> Y por último, sea  $\phi$  la desutilidad marginal causada por la contaminación, asumimos como Lahiri y Ono (2000) y Espinosa (2004) que  $\phi$  es constante.<sup>10</sup>

Así, la cantidad total de emisiones contaminantes en el país  $A$ ,  $Z_A$ , que está dado por la producción para consumo local de las empresas en el país  $A$  más la cantidad importada del país  $B$ , multiplicado sus cuotas respectivas, es decir,

$$[5] \quad Z_A = nX_A z + mY_A z$$

De igual manera, la cantidad total de emisiones de contaminantes en el país  $B$ ,  $Z_B$ , está dado por,

$$[6] \quad Z_B = mY_B z + nX_B z$$

Si  $t_A$  y  $t_B$  son los impuestos por unidad de contaminación emitida tanto en el país  $A$  como en el país  $B$ , entonces, el costo por empresa relacionado con la emisión de contaminación para  $X_A$  y  $Y_B$  está dado por,

$$[7] \quad v_A = \lambda(\theta - z) + t_A z$$

$$[8] \quad v_B = \lambda(\theta - z) + t_B z$$

Y el costo por empresa relacionado con la emisión de contaminación para  $X_B$  y  $Y_A$  está dado por,

$$[9] \quad V_A = \lambda(\theta - z) + t_B z$$

$$[10] \quad V_B = \lambda(\theta - z) + t_A z$$

Si consideramos los costos  $c_A$  y  $c_B$  los componentes del costo marginal determinados por el factor tecnológico y de mercado del bien tanto del país  $A$ ; como del país  $B$ , suponemos pues diferencias en las estructuras de costos entre los dos países. Tales costos son constantes, y por lo tanto, equivalentes a

<sup>9</sup> Por simplicidad  $\lambda$  e  $\theta$  son iguales en ambos países.

<sup>10</sup> Otros autores como Asako (1979), consideran que la desutilidad marginal es una función creciente que depende de los niveles de producción de las empresas.

los costos variables promedio<sup>11</sup>.

De tal forma que el costo unitario de producción de cada empresa para  $X_A$  y  $Y_B$  está dado por,

$$[11] s_A = c_A + \lambda(\theta - z) + t_A z$$

$$[12] s_B = c_B + \lambda(\theta - z) + t_B z$$

Y el costo unitario de producción de cada empresa para  $X_B$  y  $Y_A$  está dado por,

$$[13] S_A = c_A + \lambda(\theta - z) + t_B z$$

$$[14] S_B = c_B + \lambda(\theta - z) + t_A z$$

En estas condiciones  $z$  representa una cantidad de emisión de contaminantes auto impuesta por las empresas, en el entendido de que al contar con la tecnología para abatir tal contaminación puede resultar más redituable reducir la cantidad de contaminantes que pagar un impuesto por la emisión de los mismos.

Es claro que cuando el impuesto por unidad de contaminación es mayor o igual que el costo de abatimiento las empresas prefieren reducir por completo la emisión de contaminantes, mientras que si el mismo impuesto es menor que el costo de abatimiento, entonces están siguen emitiendo la misma cantidad de contaminación  $\theta$ , esto es,

$$[15] z = \begin{cases} 0 & \text{si } t_A, t_B \geq \lambda \\ \theta & \text{si } t_A, t_B < \lambda \end{cases}$$

Y por lo tanto,

$$[16] s_A = \begin{cases} c_A + \lambda\theta & \text{si } t_A \geq \lambda \\ c_A + t_A\theta & \text{si } t_A < \lambda \end{cases}$$

$$[17] s_B = \begin{cases} c_B + \lambda\theta & \text{si } t_B \geq \lambda \\ c_B + t_B\theta & \text{si } t_B < \lambda \end{cases}$$

$$[18] S_A = \begin{cases} c_A + \lambda\theta & \text{si } t_B \geq \lambda \\ c_A + t_B\theta & \text{si } t_B < \lambda \end{cases}$$

$$[19] S_B = \begin{cases} c_B + \lambda\theta & \text{si } t_A \geq \lambda \\ c_B + t_A\theta & \text{si } t_A < \lambda \end{cases}$$

$$[20] Z_A = \begin{cases} 0 & \text{si } t_A, t_B \geq \lambda \\ nX_A\theta + mY_A\theta & \text{si } t_A, t_B < \lambda \end{cases}$$

$$[21] Z_B = \begin{cases} 0 & \text{si } t_A, t_B \geq \lambda \\ mY_B\theta + nX_B\theta & \text{si } t_A, t_B < \lambda \end{cases}$$

El cálculo del impuesto óptimo no tiene sentido cuando  $t_A \geq \lambda$  y  $t_B \geq \lambda$ , pues en este caso la cantidad de contaminación es cero, independientemente del monto del impuesto. Pero cuando  $t_A < \lambda$  y  $t_B < \lambda$  todas las empresas prefieren pagar el impuesto y no existe reducción en la emisión de contaminantes, es decir, en este caso  $W$  si depende de  $t$ .

Los precios del bien en cada uno de los países son respectivamente  $p_A$ , y  $p_B$ ; de esta forma los beneficios del productor están dados por,

$$[22] \Pi_A = (p_A - s_A)X_A + (p_B - S_A)X_B$$

<sup>11</sup> Implícitamente, existe un bien numerario producido bajo condiciones de competencia perfecta, y existe sólo un factor de producción en cada país cuyo precio es determinado en un mercado competitivo.

$$[23] \Pi_B = (p_B - s_B)Y_B + (p_A - s_B)Y_A$$

Es decir,

$$[24] \Pi_A = (p_A - c_A - t_A\theta)X_A + (p_B - c_A - t_B\theta)X_B$$

$$[25] \Pi_B = (p_B - c_B - t_B\theta)Y_B + (p_A - c_B - t_A\theta)Y_A$$

Además el precio del bien homogéneo en el país  $A$ , es una función del nivel de producción de dicho bien en las industrias domésticas para el consumo local, y el nivel de producción del bien importado desde el país extranjero, de esta forma por simplicidad y sin pérdida de generalidad podemos considerar la función inversa de la demanda como lineal y de la forma<sup>12</sup>,

$$[26] p_A = \alpha_A - \beta_A D_A$$

$$[27] p_A = \alpha_A - \beta_A(nX_A + mY_A)$$

$$[28] p_B = \alpha_B - \beta_B D_B$$

$$[29] p_B = \alpha_B - \beta_B(nX_B + mY_B)$$

De esta manera, el bienestar nacional en el país  $A$ ,  $W_A$ , estará constituido por el excedente del consumidor del país  $A$ ,  $C_{SA}$ ; el excedente del productor en el país  $A$ ,  $n\Pi_A$ ; más la recaudación tributaria  $t_A Z_A$  por el impuesto de contaminación; menos la desutilidad total por emisión de contaminantes en el país  $A$ ,  $\phi Z_A$ , entonces,

$$[30] W_A = C_{SA} + n\Pi_A + t_A Z_A - \phi Z_A$$

De manera análoga, el bienestar en el país  $B$ , se define por,

$$[31] W_B = C_{SB} + m\Pi_B + t_B Z_B - \phi Z_B$$

Bajo las condiciones anteriores, y asumiendo cada empresa decide qué proporción del bien se consume localmente, y que proporción se exporta. Bajo los supuestos de Cournot-Nash, las condiciones de maximización de primer orden son,

$$[32] \frac{d\Pi_A}{dX_A} = 0 \quad \frac{d\Pi_B}{dY_A} = 0$$

$$[33] \frac{d\Pi_A}{dX_B} = 0 \quad \frac{d\Pi_B}{dY_B} = 0$$

De lo cual se obtienen las soluciones para las variables  $X_A, X_B, Y_A, Y_B$ :

$$[34] X_A = \frac{mS_B - s_A + \alpha_A - mS_A}{\beta_A(m+n+1)}$$

$$[35] X_B = \frac{\alpha_B - mS_A - s_A + mS_B}{\beta_B(m+n+1)}$$

$$[36] Y_A = \frac{\alpha_A - nS_B - s_B + nS_A}{\beta_A(m+n+1)}$$

$$[37] Y_B = \frac{nS_A - s_B + \alpha_B - nS_B}{\beta_B(m+n+1)}$$

Así los beneficios de las empresas en el país  $A$  y país  $B$  en el punto óptimo están dadas por,

<sup>12</sup> Consideramos que la función de utilidad de ambos países puede aproximarse por  $U_i = u(X_i, Y_i) + \mu_i$ , donde  $X$  e  $Y$  son los bienes en cuestión, y donde  $\mu$  es el gasto destinado al bien numerario,  $i = A, B$ . El uso de tal aproximación evita muchas dificultades teóricas, tales como el efecto del ingreso.

$$[38] \Pi_A = \beta_A X_A^2 + \beta_B X_B^2$$

$$[39] \Pi_B = \beta_B Y_B^2 + \beta_A Y_A^2$$

## 2.2 Estática comparativa

Recordemos que el bienestar nacional en el país  $A$  y  $B$ ,  $W_A$  y  $W_B$ , están definidos por,

$$[40] W_A = CS_A + n\Pi_A + t_A Z_A - \phi Z_A$$

$$[41] W_B = CS_B + m\Pi_B + t_B Z_B - \phi Z_B$$

Diferenciando  $W_A$  y  $W_B$  con respecto a  $t_A$  y  $t_B$ , respectivamente obtenemos,

$$[42] \frac{dW_A}{dt_A} = \frac{d(CS_A)}{dt_A} + \frac{d(n\Pi_A)}{dt_A} + \frac{d(t_A Z_A)}{dt_A} - \frac{d(\phi Z_A)}{dt_A}$$

$$[43] \frac{dW_A}{dt_A} = -\frac{\theta(nX_A + mY_A)(m+n)}{m+n+1} - \frac{2\theta n\beta_A X_A}{m+n+1} + \theta(nX_A + mY_A) - \frac{t_A \theta^2 (m+n)}{\beta_A (m+n+1)} + \frac{\phi \theta^2 (m+n)}{\beta_A (m+n+1)}$$

$$[44] \frac{dW_B}{dt_B} = \frac{d(CS_B)}{dt_B} + \frac{d(m\Pi_B)}{dt_B} + \frac{d(t_B Z_B)}{dt_B} - \frac{d(\phi Z_B)}{dt_B}$$

$$[45] \frac{dW_B}{dt_B} = -\frac{\theta(nX_B + mY_B)(m+n)}{m+n+1} - \frac{2\theta m\beta_B Y_B}{m+n+1} + \theta(nX_B + mY_B) - \frac{t_B \theta^2 (m+n)}{\beta_B (m+n+1)} + \frac{\phi \theta^2 (m+n)}{\beta_B (m+n+1)}$$

Analizando los efectos del impuesto de contaminación a partir de los componentes diferenciados de la función de bienestar, tenemos:

### 2.2.1 El excedente del consumidor

$$[46] d(CS_A) = \left( -\frac{\theta(nX_A + mY_A)(m+n)}{m+n+1} \right) dt_A$$

Dado que los costos de producción disminuyen para las empresas domésticas cuando se reduce el impuesto de contaminación, los precios decrecen lo cual aumenta el poder adquisitivo de los consumidores, y por tanto el excedente del consumidor.

### 2.2.2 La utilidad de las empresas

$$[47] d(n\Pi_A^*) = \left( -\frac{2\theta n\beta_A X_A}{m+n+1} \right) dt_A$$

En este caso cualquier disminución en el impuesto de contaminación reduce los costos marginales de producción del bien homogéneo, y por lo tanto, la producción de las empresas se ve favorecida, al mismo tiempo se incrementa la competitividad del país local con lo cual se incentivan las exportaciones; por lo tanto, los beneficios de las empresas domésticas crecen. Además, tal aumento en la producción incentiva al mismo tiempo el empleo.

### 2.2.3 La recaudación tributaria

$$[48] d(t_A Z_A) = \left( \theta D_A - \frac{t_A \theta^2 (m+n)}{\beta_A (m+n+1)} \right) dt_A$$

Claramente al aumentar el impuesto se incrementan los ingresos del gobierno vía recaudación la carga tributaria de las empresas y en función directa de los niveles de producción de las mismas, aunque esto aumenta también los costos marginales del bien e inciden negativamente en el nivel de producción, por lo que el efecto combinado es ambiguo.

### 2.2.4 El costo social por contaminar

$$[49] d(\phi Z_A) = \left( -\frac{\phi \theta^2 (m+n)}{\beta_A (m+n+1)} \right) dt_A$$

Evidentemente, al disminuir el impuesto se eleva el nivel de contaminantes en el ambiente, por



lo cual el costo social de contaminar también se incrementa, del mismo modo que un aumento en  $t_A$ , reduce la contaminación.

Estos mismos razonamientos son válidos para  $t_B$  al considerar los cuatro componentes desde la perspectiva del país foráneo, por la simetría del modelo.

### 2.3. Impuesto óptimo

Para calcular  $t_A^*$  y  $t_B^*$ , hacemos,

$$[50] \frac{dW_A}{dt_A} = 0 \text{ y } \frac{dW_B}{dt_B}$$

Calculamos dichas derivadas y despejamos  $t_A$  y  $t_B$ ; de donde obtenemos,

$$[51] t_A = \phi + \frac{\beta_A(D_A - 2nX_A\beta_A)}{\theta(m+n)}$$

$$[52] t_B = \phi + \frac{\beta_B(D_B - 2mY_B\beta_B)}{\theta(m+n)}$$

Puesto que todos los parámetros involucrados en la relación anterior son por definición positivos, podemos concluir para el impuesto que, si la desutilidad por contaminar es muy elevada, entonces el valor óptimo tanto de  $t_A^*$  como de  $t_B^*$  son positivos; ya que si el costo social marginal por contaminar es muy alto, el gobierno valora más los efectos nocivos que la contaminación puede causar en el menoscabo del medioambiente, que en los otros componentes de la función de bienestar, que involucran tanto a consumidores, productores y gobierno a través de la recaudación, ya sea tributaria o arancelaria. Lo que podemos resumir en la siguiente proposición,

**Proposición 1.** *En el equilibrio no cooperativo, la restricción óptima es,*

**Si  $\phi \gg 0$ , entonces  $t_A^* > 0$ ,  $t_B^* > 0$**

Pero también, si la cantidad de bienes importados es considerablemente grande, el gobierno deberá asumir una actitud proteccionista, aplicando un impuesto positivo a las importaciones, así por un lado reduce la contaminación causada por la producción de bienes extranjeros, aunque, por otro lado aumenta el costo marginal de las empresas locales, impactando en el precio final de los consumidores y en la reducción de la utilidad de las empresas. Aunque por otro lado, la recaudación tributaria del gobierno aumenta de manera ostensible. Lo cual podemos expresar a manera de proposición de la siguiente manera:

**Proposición 2.** *En el equilibrio no cooperativo, las restricciones óptimas son,*

**Si la importaciones son muy elevadas entonces el arancel es positivos, i.e.**

**Si  $Y_A \gg 0$ , entonces  $t_A^* > 0$**

**Si  $X_B \gg 0$ , entonces  $t_B^* > 0$**

Ahora bien, la función  $W$  no necesariamente es continua con respecto a  $t$ . Por la manera en que está definida  $s_A$ ,  $s_B$ ,  $S_A$  y  $S_B$  el único punto de discontinuidad posible es  $t = \lambda$ . Analizando la probable discontinuidad de  $W$  en  $t = \lambda$  mediante el cálculo de los límites unilaterales y usando (15), (16), (17), (18), (19), (20) y (21) tenemos que,

$$[53] \lim_{t \rightarrow \lambda^+} W_A = CS_A + n\Pi_A^* + t_A Z_A - \phi Z_A$$

$$[54] \lim_{t \rightarrow \lambda^+} W_A = CS_A + n\Pi_A^*$$

$$[55] \lim_{t \rightarrow \lambda^-} W_A = CS_A + n\Pi_A^* + t_A Z_A - \phi Z_A$$



$$[56] \lim_{t \rightarrow \lambda^-} W_A = CS_A + n\Pi_A^* + \lambda(nX_A\theta + mY_A\theta) - \phi(nX_A\theta + mY_A\theta)$$

$$[57] \lim_{t \rightarrow \lambda^-} W_A = CS_A + n\Pi_A^* + (\lambda - \phi)(nX_A\theta + mY_A\theta)$$

Así de (54) y (57) tenemos,

$$[58] \lim_{t \rightarrow \lambda^+} W_A - \lim_{t \rightarrow \lambda^-} W_A = (\lambda - \phi)(nX_A\theta + mY_A\theta)$$

De donde concluimos que,

$$[59] \lim_{t \rightarrow \lambda^+} W_A - \lim_{t \rightarrow \lambda^-} W_A > 0 \quad \text{si } \phi > \lambda$$

$$[60] \lim_{t \rightarrow \lambda^+} W_A - \lim_{t \rightarrow \lambda^-} W_A = 0 \quad \text{si } \phi = \lambda$$

$$[61] \lim_{t \rightarrow \lambda^+} W_A - \lim_{t \rightarrow \lambda^-} W_A < 0 \quad \text{si } \phi < \lambda$$

Por un razonamiento similar tenemos,

$$[62] \lim_{t \rightarrow \lambda^+} W_B - \lim_{t \rightarrow \lambda^-} W_B = (\lambda - \phi)(mY_B\theta + nX_B\theta)$$

De donde concluimos que,

$$[63] \lim_{t \rightarrow \lambda^+} W_B - \lim_{t \rightarrow \lambda^-} W_B > 0 \quad \text{si } \phi > \lambda$$

$$[64] \lim_{t \rightarrow \lambda^+} W_B - \lim_{t \rightarrow \lambda^-} W_B = 0 \quad \text{si } \phi = \lambda$$

$$[65] \lim_{t \rightarrow \lambda^+} W_B - \lim_{t \rightarrow \lambda^-} W_B < 0 \quad \text{si } \phi < \lambda$$

Lo cual podemos resumir en la siguiente proposición,

**Proposición 3.** Si  $\phi \geq \lambda$  entonces el impuesto  $t_A^*, t_B^* \geq \lambda$  y por lo tanto no hay emisión de contaminantes. Y si  $\phi < \lambda$  entonces el impuesto  $t_A^*, t_B^* < \lambda$  y no existe ninguna reducción en la emisión de contaminantes.

Intuitivamente si la desutilidad por contaminar es muy alta en comparación con el costo de abatimiento el beneficio por la reducción en el costo social por contaminar se impone a los demás componentes de la función de bienestar, causando que el impuesto sea más alto que el costo por abatimiento, por lo que las empresas simplemente deciden no contaminar en lo absoluto. Mientras que si la desutilidad marginal no es muy elevada si la comparamos con el costo de abatimiento, el impuesto óptimo es estrictamente menor que el costo por abatimiento y en este caso las empresas optan por no reducir en lo más mínimo sus emisiones de contaminantes.

### 3. Conclusiones

Las naciones reconocen que la creación, implantación y supervivencia de las empresas es práctica fundamental para su progreso económico, pero también deben tomar en cuenta de manera concienzuda las consideraciones medioambientales. Así, el estudio detallado de tales implicaciones es clave para establecer las políticas regulatorias aplicables, que maximicen el bienestar tanto de las empresas como de los consumidores, preservando al mismo tiempo el factor medioambiental.

No obstante, los gobiernos son muy cuidadosos al establecer controles férreos para la protección ambiental, ya que esto implica aumentar los costos de producción significativamente, y como consecuencia se desincentiva la implantación y sobrevivencia de empresas domésticas, así como la atracción de capital foráneo.

De esta forma, las políticas de control medioambiental son barreras comerciales, y son, además tema de acalorado debate en los foros internacionales, y punto recurrente en las negociaciones de tratados comerciales internacionales, principalmente en aquellos que atañen a países en vías de desarrollo, ya que estos son los más expuestos al establecimiento de industrias tanto domésticas como foráneas. Por otro

lado, la actividad industrial es una de los motores más importantes del desarrollo, por lo que tales países y sus gobiernos deben ponderar sus atractivos económicos, con la preservación de sus recursos naturales y la limpieza de su medio ambiente a corto, mediano y largo plazo.

De esta manera las regulaciones ambientales como parte de una política ambiental estratégica es una herramienta más de las naciones para aumentar la ventaja competitiva de las empresas nacionales implicadas en el comercio internacional. Así pues, determinar las políticas adecuadas de control ambiental, que armonicen con el desarrollo sustentable de las naciones, implica el estudio de la estructura de costos de la producción de bienes y las variaciones de los mismos de acuerdo a los niveles de contaminación.

Desarrollamos aquí un modelo oligopólico de Cournot, de equilibrio parcial, bajo condiciones de dumping recíproco y oligopolio, entre dos países de similar tamaño, considerando únicamente empresas domésticas que destinan parte de su producción al consumo local y parte al mercado de exportación. Las empresas generan contaminación en sus procesos productivos, pero a su vez, poseen tecnología apropiada para abatirla. Utilizamos un instrumento de política ambiental: impuestos (gravamen por unidad de contaminación emitido). Suponemos también que existen problemas de contaminación transfronteriza, es decir, los países implicados en el dumping recíproco exportan parte de sus emisiones de contaminación al otro país, y las emisiones restantes se conservan y asimilan en el país productor. Las cantidades de contaminación que emiten las empresas en cada país se distribuyen en proporción directa con las cantidades producidas del bien tanto para consumo local como para la exportación. A continuación exponemos las conclusiones más importantes.

Si la desutilidad marginal es muy alta, el gobierno impone un impuesto alto, imponiendo un precio elevado al hecho de contaminar, dando mayor importancia al costo social que la contaminación puede causar, a los demás componentes de la función de bienestar. Ahora bien, si las importaciones del bien son muy cuantiosas, entonces el gobierno impone también un impuesto positivo, lo cual inhibe las exportaciones del país foráneo, y al mismo tiempo, se reducen las emisiones provocadas por la producción para la exportación del país extranjero.

Asimismo, en el caso de impuestos, si la desutilidad marginal es mayor que el costo de abatimiento, el impuesto óptimo debe ser mayor que el costo de abatimiento, y por lo tanto, las empresas eligen no contaminar, pues resulta más barata la carga impositiva que invertir en reducir la contaminación. Pero, si la desutilidad marginal por contaminar es más pequeña que el costo de abatimiento, entonces el impuesto óptimo debe ser menor a dicho costo de abatimiento, y entonces, las empresas no reducen su emisión de contaminantes, puesto que las empresas no tienen aliciente económico para hacerlo.

De esta forma el modelo propuesto enfatiza la importancia del establecimiento racional de políticas ambientales estratégicas para actuar en dos sentidos; por un lado fortalecer la competitividad de las empresas y los beneficios esperados de los consumidores, y al mismo tiempo seleccionar las regulaciones que conduzcan al desarrollo sostenible de la economía; elementos integrados armónicamente en la función de bienestar de los países.

## Bibliografía

- Appleyard, D. y Field, A.** (2003). *Economía internacional*. McGraw Hill (Cuarta Edición), Madrid.
- Antweiler, W., Copeland, B. R., y Taylor, M. S.** (2001). "Is Free Trade Good for the Environment?". *The American Economic Review*, vol. 91 (4), pp. 877-908.
- Asako, K.** (1979). "Environmental Pollution in an Open Economy". *The Economic Record*, vol. 55 (151), pp. 359-367.
- Balassa, B.** (1986). "Intra-Industry Specialization: a Cross-Country Analysis". *European*

*Economic Review*, vol. 30 (1), pp. 27-42.

**Baumol, W. J. y Oates, W. E.** (1988). *The Theory of Environmental Policy*. Cambridge University Press (2nd Edition), England.

**Benarroch, M. y Thille, H.** (1999). "Transboundary Pollution and the Gains from Trade". *Journal of International Economics*, vol. 55 (1), pp. 139-159.

**Brander, J. A.** (1981). "Intraindustry Trade in Identical Commodities". *Journal of International Economics*, vol. 11 (1), pp. 1-14.

**Brander, J. A. y Krugman, P. R.** (1983). "A Reciprocal Dumping Model of International Trade". *Journal of International Economics*, vol. 15 (3-4), pp. 313-321.

**Copeland, B. R.** (1996). "Pollution Content Tariffs, Environmental Rent Shifting, and the Control of Crossborder Pollution". *Journal of International Economics*, vol. 40 (3), pp. 459-476.

**Copeland, R. y Taylor, M. S.** (1995). "Trade and Transboundary Pollution". *American Economic Review*, vol. 85 (4), pp. 716-737.

**Espinosa, R. S.** (2004). *Foreign Direct Investment, Reciprocal Dumping and Politics*. PHD Thesis, Department of Economy, University of Essex.

**Espinosa, R. S. y Kayalica, M. O.** (2007). "Environmental Policies and Mergers' Externalities". *Economía Mexicana Nueva Época*, vol. 16 (1), pp. 47-74.

**Grubel, H. J. y Lloyd, P. J.** (1975). *Intra-Industry Trade: the Theory and Measurement of International Trade in Differentiated Products*. John Wiley and Sons, England.

**Helpman, E.** (2002). "Increasing Returns, Imperfect Markets and Trade Theory". *Discussion Paper, Tel Aviv University*.

**Kayalica, M. O. y Yilmaz, E.** (2006). "Intra-Industry Trade and Consumption-Generated Pollution Externalities". *Yapi Kredí Economic Review*, vol. 17 (1), pp. 79-94.

**Krugman, P. R.** (1979). "Increasing Returns, Monopolistic Competition and International Trade". *Journal of International Economics*, vol. 9 (4), pp. 469-479.

**Lahiri, S. y Ono, Y.** (2000). "Protecting Environment in the Presence of Foreign Direct Investment: Tax Versus Quantity Restriction". *Working Paper, Department of Economics, University of Essex*.

**Lancaster, K.** (1980). "Intra-Industry Trade under Perfect Monopolistic Competition". *Journal of International Economics*, vol. 10 (2), pp. 151-175.

**Ludema, R. D. y Wooton, I.** (1994). "Cross-Border Externalities and Trade Liberalization: The Strategic Control of Pollution". *Canadian Journal of Economics*, vol. 27 (4), pp. 950-956.

**Markusen, J. R.** (1975). "International Externalities and Optimal Tax Structures". *Journal of International Economics*, vol. 5 (1), pp. 15-29.

**Palomera, M.** (2004). *Políticas Ambientales en la Presencia de Inversión Extranjera Directa y Fusiones*. Tesis de Maestría, CUCEA, U de G.

**PNUMA.** (2007). *Perspectivas del Medio Ambiente Mundial*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Organización de las Naciones Unidas, Phoenix Design Aid, Dinamarca.

**Sandoval, S.** (2010). "Políticas de control y regulación ambiental". *Expresión Económica*, vol. 25, 115-127.

**Venables, A. J.** (1985). "Trade and Trade Policy with Imperfect Competition: the Case of Identical Products and Free Entry". *Journal of International Economics*, vol. 19 (1), pp. 1-19.

**Weinstein, D. E.** (1992). "Competition and Unilateral Dumping". *Journal of International Economics*, vol. 32 (3), pp. 379-388.

**Whalley, J.** (1991). "The Interface Between Environmental and Trade Policies". *The Economic Journal*, vol. 101 (405), pp. 180-189.