



CENTRO DE ESTUDIOS DEMOGRÁFICOS, URBANOS Y AMBIENTALES

LOCALIZACIÓN ECONÓMICA Y POLÍTICA AMBIENTAL

Tesis presentada por:

JACOB REYES GONZÁLEZ

Para optar por el grado de:

MAESTRO EN ESTUDIOS URBANOS

Director:

Jorge Fernández Ruiz

Lector:

Oscar Fernández Constantino

México, D.F., Junio, 2013

A mis padres por todo su apoyo

Agradecimientos:

Quiero expresar mi agradecimiento a El Colegio de México y a todos mis profesores de quienes aprendí mucho en estos dos años de maestría. En particular le agradezco al Dr. Jorge Fernández por compartir su conocimiento y experiencia tanto en sus clases como en la dirección de esta tesis.

También quiero agradecer a mis compañeros por su apoyo y compañía.

Por último quiero agradecer al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por otorgarme la beca que hizo posible la realización de mis estudios de maestría

ÍNDICE

Introducción -----	4
1. Importancia de los costos ambientales -----	9
1.1 Paraísos de contaminación -----	15
1.2 Importancia de distinguir los costos atribuibles al cumplimiento de las normas ambientales -----	16
2. Análisis de los Modelos -----	19
2.1 Consideraciones previas -----	19
2.2 Modelo de Markusen, Morey y Olewiler sobre la política ambiental cuando la estructura del mercado y la localización de las plantas son endógenas. -----	22
2.2.1 <i>Impuestos pigouvianos y descripción del modelo</i> -----	22
2.2.2 <i>El impacto de un impuesto ambiental unilateral sobre la estructura de mercado y la localización de las plantas.</i> -----	29
2.2.3 <i>El impuesto óptimo en la región A cuando la estructura del mercado es endógena.</i> -----	29
2.2.4 <i>Consideraciones</i> -----	31
2.3 Modelo de Barbier y Hultberg sobre re-localización de industrias -----	32
2.3.1 <i>Consideraciones</i> -----	37
3. Modificación del modelo de Barbier y Hultberg -----	39
4. Conclusiones -----	43
Apéndice -----	46
Bibliografía -----	50

Introducción

Durante la segunda mitad del siglo XX el mundo empezó a presentar una mayor atención por los efectos negativos derivados de la contaminación provocada por las actividades industriales que han llevado a un deterioro del medio ambiente y de la calidad de vida de las personas en varias regiones del planeta. Hasta los años sesenta los economistas seguían teniendo un enfoque neoclásico en el cual se dejaban de lado todos aquellos aspectos ajenos al mercado y por tanto se consideraban como factores no económicos (Urquidí 1998), entre ellos por supuesto estaba el cuidado del medio ambiente, el cual sólo se consideraba como fuente de materias primas y mercancía susceptible de ser comercializada.

A medida que se fueron haciendo evidentes los problemas asociados a la contaminación y deterioro del medio ambiente en relación con los medios de producción, y la incapacidad de los gobiernos de dar respuesta a estos problemas, se hizo presente la necesidad de establecer una legislación tanto a nivel nacional como local que permitiera abordar los problemas ambientales. Aunque en un principio fueron los países desarrollados como Estados Unidos y el Reino Unido quienes introdujeron el debate del problema ambiental en el ámbito internacional, cada vez más países han ido incorporando distintas medidas de protección al medio ambiente. La Organización de las Naciones Unidas empezó a realizar foros y conferencias como la de Estocolmo en 1972 que llevó a desarrollar el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

Como consecuencia de estos programas y de esta nueva discusión sobre la importancia del cuidado del medio ambiente, se llegó al concepto de desarrollo sustentable propuesto por la Comisión Brundtland, el cual ha llegado a convertirse en un concepto ampliamente difundido que vincula el cuidado del medio ambiente con el crecimiento económico.

La Organización de las Naciones Unidas en 1987 definió una serie de lineamientos bajo los cuales pretende ocuparse del cambio climático, el cuidado de la biodiversidad y demás temas ambientales. Como resultado de la conferencia de las Naciones Unidas sobre medio ambiente y desarrollo realizada en Río de Janeiro en 1992 se elaboró un

documento conocido como Agenda 21 que incluía distintas recomendaciones sobre política ambiental y desarrollo sustentable, a nivel global, regional y local (Urquidi 1998), de forma que se pudieran incorporar instrumentos económicos en la protección del medio ambiente.

Las diferentes metas adoptadas se planteaban como propósito a corto plazo reducir la producción, consumo o utilización de los bienes y servicios que impliquen un mayor impacto ambiental negativo, y a mediano y largo plazo desarrollar un cambio tecnológico favorable al medio ambiente de forma que posibilite el crecimiento económico (Fernández 1999).

A pesar de los crecientes esfuerzos por contrarrestar los efectos negativos de la contaminación, no existen unas regulaciones ambientales iguales para cualquier región del planeta. Las leyes ambientales obedecen a la situación particular de cada región o país y generalmente responden a sus intereses particulares, principalmente económicos. Los países en desarrollo por ejemplo, han sido reticentes a incorporar el aspecto ambiental dentro de sus políticas, debido a que consideran que el desarrollo y las políticas ambientales son incompatibles, más aún, llegándolas a considerar como una imposición de las grandes potencias (Urquidi 1998), lo cual impacta en su competitividad dentro de un mercado global. De allí que existan diferencias en la elaboración y cumplimiento de las leyes ambientales en cada país, lo cual, al transformarse en costos para las empresas, ocasiona que estas tomen diferentes decisiones frente al cumplimiento de las regulaciones ambientales para reducir esos costos, entre estas medidas está la relocalización de su producción.

El hecho de que algunos países no adopten el mismo compromiso de protección del medio ambiente al momento de elaborar sus leyes, puede entenderse como una estrategia para no inhibir las inversiones por parte de aquellas industrias que pueden ser más afectadas por el cumplimiento de las regulaciones ambientales. La idea de armonizar las normas ambientales entre países, responde tanto a la necesidad de establecer criterios uniformes de control sobre la contaminación producida por estas industrias, así como impedir una competencia por flexibilizar las normas ambientales por parte de aquellos países que desean captar más inversión aun a costa de los efectos negativos producidos por la contaminación.

De esta forma, los esfuerzos por implementar medidas globales de protección y cuidado del medio ambiente han sido escasos. Un ejemplo es el protocolo de Montreal de 1990 mediante el cual los países integrantes se comprometían a terminar con las emisiones de clorofluorocarbonos (CFC), sustancia que era utilizada en aerosoles y refrigerantes por ejemplo, cuyo uso repercute en la capa de ozono.

Por otro lado, aunque parece evidente que el cumplimiento de las normas ambientales eleva el costo de producción de las empresas, el análisis del impacto de las políticas ambientales presenta algunos problemas; por una parte está el problema de determinar con precisión los costos que son atribuibles al cumplimiento de estas normas, mientras que por otra parte, se debe también distinguir la importancia de los costos ambientales en relación con los demás costos derivados de la producción, de tal forma que se pueda establecer en qué medida estos costos se vuelven un factor de importancia al momento de decidir la localización de la producción de una industria con niveles considerables de contaminación. Y es que por una parte, más allá de los impuestos sobre cantidad de emisiones contaminantes, que serían los costos más visibles, las regulaciones ambientales también influyen sobre los métodos de producción, el desarrollo de tecnología y los gastos de gestión, lo cual puede impactar de forma negativa sobre la competitividad de las empresas. Sin embargo, en ocasiones resulta difícil distinguirlos y separarlos del gasto corriente. Entonces, más allá de los costos ambientales asociados a la cantidad de emisiones contaminantes que se pueden ver bajo la forma de impuestos pigouvianos, existen otros costos asociados al cumplimiento de las normas ambientales que, al ser independientes de las cantidades producidas, pueden considerarse como costos fijos para las empresas. Como consecuencia, un adecuado análisis del impacto de las regulaciones ambientales necesita de la correcta comprensión de los costos atribuibles al cumplimiento de estas normas, ya sean en la forma de costos marginales de producción o en la forma de costos fijos.

Este mismo efecto de influencia de las normas ambientales sobre los procesos de producción y de gestión puede causar un efecto contrario, es decir, que los gastos relacionados con el cumplimiento ambiental puedan ser sobreestimados como han llegado a señalar algunos economistas, si se consideran los efectos de implementar tecnología limpia en los procesos de producción o si se consideran los mercados que pudieran surgir del reciclaje y el manejo de sus residuos. Esta es la idea de doble

ganancia sugerida por Porter en la cual las normas ambientales tienen un efecto positivo sobre el ambiente y el desempeño económico de las empresas.

De lo anterior se entiende que en una economía cada vez más globalizada, donde las empresas compiten por el mercado, el estudio del efecto de las regulaciones ambientales cobra mayor importancia, en primer lugar, para distinguir aquellos casos en los cuales ha habido una disminución de los niveles de contaminación, de aquellos casos en los que básicamente lo que ha sucedido es una redistribución geográfica de los contaminantes (Jenken 1998). En este último caso es donde toman relevancia las decisiones hechas por las empresas como respuesta a las políticas ambientales, el cual es el tema de este trabajo.

El análisis de la importancia de los costos ambientales en la literatura es amplio, y los resultados obtenidos han sido diversos, mostrando evidencia tanto a favor como en contra de la influencia de estos costos. En esta tesis se analizarán algunos modelos desde un enfoque teórico, que pretenden determinar las condiciones bajo las cuales el costo ambiental se vuelve un factor considerable para las empresas que compiten en mercados con diferentes regulaciones ambientales. Sin embargo, a diferencia de los modelos considerados que basan su análisis del impacto del cumplimiento ambiental en los costos marginales de producción, en esta tesis se considerarán también los costos fijos derivados del cumplimiento ambiental.

En el capítulo 1 se analiza la importancia de los costos relacionados con el cumplimiento de las regulaciones ambientales por parte de las empresas, y algunas de sus consecuencias como pueden ser la competencia de diversos países por flexibilizar las leyes ambientales para elevar su competitividad, y la formación de refugios o paraísos de contaminación, además de distinguir entre costos marginales y costos fijos asociados al cumplimiento de las regulaciones ambientales.

En el capítulo 2 se analizan los modelos seleccionados que consideran la competencia entre empresas situadas en distintas regiones tomando en cuenta diferentes factores que influyen en sus utilidades como el tamaño del mercado, los costos de transporte y por supuesto, los costos derivados de las políticas ambientales.

En el capítulo 3 se propone una modificación del modelo de Barbier y Hultberg (2007) con el fin de ampliar el análisis al considerar no sólo los costos marginales ambientales

que son resultado principalmente de la implementación de impuestos sobre los niveles de emisiones contaminantes, sino además, considerar aquellos costos fijos que directa o indirectamente pueden ser consecuencia del cumplimiento de las normas ambientales y que son independientes de las cantidades producidas por las empresas.

Finalmente en el capítulo 4 se analizan las diferencias en el planteamiento de los dos modelos originales considerados, de forma que se pueda distinguir el alcance de cada uno, además de contrastarlos con el modelo modificado de Barbier y Hultberg expuesto en el capítulo anterior, con lo cual se puede tener un panorama de la importancia de los costos ambientales en las decisiones de localización entre empresas que compiten en los mismos mercados.

1. Importancia de los costos ambientales

El propósito de este trabajo es analizar el impacto de los costos derivados de las políticas ambientales sobre las decisiones de localización de las empresas contaminantes mediante el análisis de diferentes modelos teóricos que consideran la competencia entre empresas situadas en diferentes regiones y que, por tanto están sujetas a distintas regulaciones ambientales.

Las decisiones de localización de las industrias dependen de diversos factores como el tamaño del mercado, costos de transporte o exportación, las ventajas comparativas de cada región entre otras. Sin embargo, un aspecto que se ha vuelto de suma importancia para las industrias contaminantes, es el cumplimiento de las regulaciones ambientales particulares de cada región al representar un costo para las empresas, ya que estas regulaciones se basan en la idea de que el responsable de contaminar debe pagar por los efectos negativos que produce.

A raíz de la evidencia de estos efectos negativos producidos por las empresas en una economía que se guiaba dentro de los parámetros de la teoría neoclásica que consideraba el bienestar social sólo en términos del crecimiento económico y que por tanto ignoraba estas externalidades negativas, se buscó incorporar la esfera ambiental dentro de la economía. Como consecuencia, se empieza a considerar el cuidado del medio ambiente como parte esencial del crecimiento económico, puesto que la pérdida o degradación de los recursos naturales resulta más costosa a largo plazo, por lo que es necesario tomar en cuenta las capacidades y límites del entorno natural (Pérez R. et al 2010). Sin embargo, bajo la premisa de “quien contamina paga”, las empresas contaminantes ven afectados sus beneficios por el cumplimiento de estas normas que se transforman en instrumentos económicos. Por ejemplo, la Agenda 21 menciona algunos instrumentos, como son los impuestos ecológicos, los incentivos financieros y fiscales, la emisión de permisos comerciables entre otras medidas que siguen estando dentro de este mismo modelo de quien contamina paga (Urquidí 1998). Bajo estos instrumentos las empresas pueden tener un impacto diferente ya que los impuestos implican un gasto adicional en la producción mientras que las licencias determinan un volumen permitido de contaminantes a un precio fijo, siempre y cuando esté por debajo de los límites

establecidos, además de que las licencias pueden ser comercializables, es decir, una empresa puede exceder el límite de emisiones siempre y cuando alguna otra empresa no lo exceda, de forma que el límite total permitido de emisiones contaminantes no se rebase (O'Connor 1998).

El objetivo de estas regulaciones es que las empresas se basen en criterios económico-ambientales y no sólo respondan a criterios puramente económicos, mediante la responsabilidad de asumir todos los costos asociados al cuidado del medio ambiente, incluso los costos necesarios para la reparación de daños y la reposición de los recursos cuando esto sea posible.

Las medidas adoptadas pueden tener un impacto diferente dependiendo de su naturaleza. Por ejemplo, los impuestos sobre la cantidad de emisiones contaminantes repercuten sobre los costos marginales de la empresa, lo cual en primera instancia puede afectar su competitividad, mientras que por otro lado, también puede estimular el desarrollo de tecnología limpia a mediano y largo plazo. Por otra parte, las licencias que forman parte de los costos fijos ambientales de las empresas pueden tener el efecto contrario, es decir, las empresas pueden pagar por los permisos o incluso pagar las multas y seguir contaminando sin la necesidad de tener que modificar sustancialmente sus procesos de producción, por lo que a largo plazo los efectos positivos sobre el medio ambiente pueden ser escasos o nulos.

La capacidad de respuesta de las empresas a estos requerimientos depende evidentemente del poder de inversión y desarrollo asociado con su tamaño, por lo que algunas empresas pueden optar por alternativas que disminuyan las exigencias de las regulaciones ambientales. Bajo el principio de quien contamina paga las empresas pueden presentar problemas para internalizar estos costos reduciendo su competitividad frente a otras empresas. De hecho sólo un monopolista tendría la capacidad de transferir al consumidor el costo adicional total de cumplir con las regulaciones ambientales, como son los costos derivados del pago de multas, los gastos internos para monitorear y medir las emisiones contaminantes, la depreciación del equipo anticontaminante que utiliza, la sustitución de materias primas usadas en el proceso productivo, entre otros (Urquidi 1999).

Una alternativa que se hace presente aprovechando las diferencias en las leyes ambientales entre países, es trasladarse a otra región con una regulación ambiental más

laxa, de forma que pueda seguir produciendo sin tener que cumplir con todas las normas ambientales bajo las cuales opera en su propio país, y es que aún cuando las medidas implantadas por diferentes países pueden estar basadas en las medidas elaboradas en países desarrollados, las situaciones particulares de cada uno pueden llevar a un diferente desempeño. Por ejemplo, en México ha existido la tendencia de subsidiar tarifas y precios como ha sido el caso de los combustibles y el consumo del agua bajo la justificación de que sirven de estímulo para la industrialización, sin tener en consideración las repercusiones ambientales (Urquidi 1999). Como consecuencia, algunos gobiernos pueden deliberadamente hacer uso de los bajos estándares ambientales aplicados en sus países para mejorar la competitividad (Xiang 2006) lo cual pone en desventaja a aquellos países que cumplen con leyes ambientales más rigurosas. Esto ha llevado a plantear la posibilidad de que aquellos países con leyes ambientales más estrictas cobren un impuesto a las importaciones de productos provenientes de países con regulaciones ambientales más laxas como han sugerido algunos ambientalistas y economistas, con el fin de evitar una competencia por flexibilizar las leyes ambientales, y también para establecer un comercio más justo entre países (Xiang 2006). Si bien, como señalan Ludema y Wooton (1996; Citado por Xiang 2006) bajo esta medida de tarifas a las importaciones el impacto positivo va más hacia un comercio justo que hacia una reducción de los niveles de contaminación.

Además de los factores señalados hay que tomar en cuenta las situaciones particulares de cada país que afectan la aplicación de las normas ambientales, como la falta de recursos y tecnología para llevar una medida eficiente sobre los niveles de contaminación, el grado de corrupción e incluso la influencia misma de las empresas.

Para ilustrar esta relación entre empresas contaminantes y la elaboración de leyes ambientales por parte de los gobiernos analicemos de manera general el caso que Crenson¹ describe sobre la contaminación del aire en dos ciudades de los Estados Unidos que de forma considerable era atribuida a las empresas acereras de la región.

Crenson analiza el caso de dos ciudades norteamericanas vecinas y con características similares: Gary e East Chicago en Indiana. Gary fue fundada a principios del siglo XX como resultado del establecimiento de la planta acerera de la U.S. Steel, mientras que

¹ Para un mayor detalle de este caso y de cómo un problema llega a la agenda pública ver el libro de Matthew Crenson *The un - politics or air pollution*.

East Chicago se fue desarrollando no como consecuencia de una planeación sino que su desarrollo fue resultado de la instalación progresiva de diversas empresas en esa región. Ambas ciudades tienen características industriales con un porcentaje importante de su población dedicada a la industria del acero.

A raíz de la evidencia de la contaminación del aire en ambas ciudades, éstas buscaron tomar medidas para disminuir sus niveles de contaminación. Sin embargo, a pesar de sus características similares, las respuestas al problema de la contaminación fueron diferentes tanto en la forma de llevar el problema a la esfera pública y política, como en los tiempos de reacción y de acción. Hacia 1948 East Chicago proponía una regulación en materia de contaminación del aire que establecía las emisiones máximas permitidas de humo y partículas suspendidas y, por otro lado, pretendía regular las instalaciones y el diseño de las industrias asociadas con la contaminación del aire. Evidentemente las industrias afectadas se mostraban reticentes de aceptar las nuevas leyes ambientales, por lo que se debió llegar a una serie de negociaciones que le permitieran a las empresas no incrementar de manera considerable sus costos. Como por ejemplo el hecho de que una mejor eficiencia en el uso de los combustibles podría ahorrarles dinero y disminuir sus niveles de emisiones.

Más allá de los argumentos señalados por las autoridades para la implementación de las leyes contra la contaminación, las industrias pensaban que el gobierno federal podía tomar cartas en el asunto lo cual disminuiría sus posibilidades de influir o negociar las normas ambientales por lo que la mayoría de las empresas preferían negociar con las autoridades locales antes de que el asunto de la contaminación del aire llegara a la esfera federal. De esta forma East Chicago pudo implementar una serie de regulaciones en contra de la contaminación del aire

En el caso de Gary, el problema de la contaminación del aire no llegó al ámbito político sino hasta siete años después que en East Chicago. A diferencia de East Chicago, el peso de las regulaciones ambientales que se implementarían en Gary afectaría principalmente a una empresa, la U.S. Steel. Si bien en un principio la empresa declararía estar dispuesta a cooperar con los programas sobre la contaminación del aire que se establecieran, ésta cooperación se daría en la medida en que no afectara de manera importante sus costos. Los estudios realizados mostraron en un principio que la empresa acerera sólo era responsable de un pequeño porcentaje de la contaminación del

aire en la ciudad, por lo que la empresa podría seguir operando bajo sus métodos de producción por varios años más. Sin embargo, debido a que el problema de la contaminación del aire persistía se volvió a retomar el tema algunos años después. Si bien la importancia de la empresa para la economía de la ciudad le había permitido influir en las decisiones tomadas por las autoridades locales y más aún, evadir su responsabilidad como causa principal de las emisiones contaminantes al aire, la decisión de las autoridades de poner el asunto en la esfera federal, llevó a la U.S. Steel a comprometerse a cumplir con los programas diseñados para disminuir los niveles de contaminación varios años después que lo ocurrido en East Chicago.

Lo que cabe destacar de este caso es primero la resistencia del cumplimiento de las normas ambientales por parte de las empresas debido al costo que les implica modificar sus métodos de producción o invertir en nueva maquinaria al menos en un principio. En segundo lugar está la competencia de las autoridades, ya que al permitir que la elaboración de las regulaciones contra la contaminación fuera de ámbito local, permite que las empresas afectadas puedan tener una mayor influencia no sólo sobre la elaboración de las mismas sino incluso sobre la aparición del problema en la agenda política, influencia que evidentemente sería menor si los temas relacionados a la contaminación del medio ambiente se trataran en el ámbito federal por ejemplo, lo que permite que las autoridades locales prioricen los intereses económicos sobre los problemas ambientales bajo la excusa de no afectar el bienestar de su población. A pesar de que ambas ciudades tenían características similares y problemas de contaminación similares, las respuestas de cada una difirieron tanto en tiempo y forma, en gran medida a la composición industrial de cada una, es decir, el hecho de que East Chicago tuviera varias empresas instaladas en su región permitía que el poder no se concentrara en una sola empresa capaz de influir en gran medida en las decisiones políticas de la ciudad, a diferencia de Gary donde la economía local dependía de forma considerable de la planta de la U.S. Steel, lo cual le otorgaba una posición de poder.

Si bien en este caso la adopción de estas medidas contra la contaminación del aire no repercutió a corto plazo en la relocalización de las industrias señaladas como responsables de contaminar el aire, la forma de actuar de las autoridades de Gary muestra precisamente el temor de que la aplicación de una regulación ambiental pudiera afectar la dependencia económica que tenían de la U.S. Steel.

En conclusión, este ejemplo que se da a escala local nos muestra varios de los efectos señalados como consecuencia de la implementación de normas ambientales como son:

- La importancia de establecer regulaciones ambientales a una escala más amplia. Si bien hay quienes señalan que las autoridades locales son las que conocen mejor los problemas de contaminación de su región por lo que deben ser éstas las responsables de tomar la iniciativa sobre el problema, también es cierto que a este nivel puede que no cuenten con los instrumentos necesarios para la aplicación de las regulaciones, o más aún, las autoridades sean más susceptibles de ser influenciadas por intereses ajenos al mejoramiento del medio ambiente. Además, también está el hecho de que los problemas ambientales no obedecen a una delimitación geográfica artificial, es decir, los problemas ambientales pueden rebasar fronteras por lo que una regulación a escala más amplia puede tener mejores resultados en el combate a la contaminación. En el caso mencionado de estas dos ciudades norteamericanas, al ser vecinas es difícil obtener resultados positivos sobre la contaminación del aire si una ciudad aplica unas leyes sobre el control de emisiones contaminantes al aire y la otra ciudad no emplea ninguna medida, pues las emisiones de humo y partículas suspendidas no están restringidas a una delimitación política.
- El factor económico como un factor de peso en la elaboración de las políticas ambientales. En la medida en que una región, ciudad o país es más dependiente económicamente de una o varias industrias contaminantes, evitará aplicar normas ambientales estrictas que afecten de manera considerable a estas industrias.

Por lo tanto es necesario analizar la importancia de las regulaciones ambientales de cada región en el comercio actual, además de la importancia de la correcta comprensión de los costos asociados al cumplimiento de las normas ambientales.

1.1 Paraísos de contaminación

Dadas las diferencias en las regulaciones ambientales, las industrias contaminantes optarán preferentemente por localizarse en países en vías de desarrollo más que en países desarrollados, al contar estos últimos con regulaciones ambientales más estrictas. Aunque la elaboración de las leyes ambientales ha sido principalmente tarea de los gobiernos de cada país, se ha pretendido que estándares mínimos se cumplan a un nivel regional, sin embargo, aún en países con regulaciones ambientales similares, existen diferencia en cuanto al rigor de su aplicación y cumplimiento (Jenken 1998). Como se ha señalado, una de las consecuencias de estas diferencias en las regulaciones ambientales es que aumentará la degradación ambiental en los países en desarrollo al tener una mayor laxitud en la elaboración de sus leyes ambientales así como en su ejecución y cumplimiento, con el fin de atraer una mayor inversión.

Este hecho se manifiesta en la concentración de industrias contaminantes en países en desarrollo con leyes ambientales menos estrictas lo cual lleva a la creación de refugios o paraísos de contaminación. La hipótesis de los paraísos de contaminación (Pollution Haven Hypothesis) predice que bajo el libre comercio actual, las empresas multinacionales relocalizarán la producción de sus bienes contaminantes en países en desarrollo tomando ventaja de las regulaciones ambientales menos estrictas, con el fin de reducir sus costos. Por ejemplo, bajo el Tratado de Libre Comercio de América del Norte entre Estados Unidos, Canadá y México, podría darse un flujo masivo de capital hacia México debido a que este tratado de libre comercio se da entre naciones con diferentes regulaciones ambientales y con diferencias también en cuanto al rigor con que aplican las normas existentes.

La hipótesis de los paraísos de contaminación considera que la relación entre las regulaciones ambientales y la intensidad de contaminación es el factor más importante dentro de la decisión de relocalización de una industria determinada o al menos más importante que otros aspectos como la disponibilidad de capital y el trabajo calificado (Mulato et al. 2009). Sin embargo, a pesar de parecer evidente la hipótesis de los paraísos de contaminación, la evidencia empírica muestra resultados mezclados. Así por ejemplo, Low y Yeats (1992; citado por Temurshoev 2006) encuentran que la participación en las exportaciones de las industrias contaminantes de los países

desarrollados, cayeron del 20% al 16% mientras que, en los países pobres las exportaciones de esos productos crecieron. Mani y Wheeler (1997; citado por Temurshoev 2006) usando datos de la producción industrial, comercio y regulaciones ambientales en el periodo 1960-1995 encontraron que las emisiones de contaminación como porcentaje de la manufactura cayeron en las economías de la OCDE mientras crecieron en los países en desarrollo.

No obstante, en contraparte, otros autores afirman que el costo del cumplimiento ambiental es sólo una pequeña parte del costo total de producción (Cropper y Oates 1992; citado por Levinson 1996), por lo que el efecto del cumplimiento de las regulaciones ambientales es insignificante. Los análisis numéricos muestran que donde han sido estadísticamente significativos los efectos de las regulaciones, esos efectos son muy pequeños considerando las demás variables que intervienen en las decisiones de localización (Levinson 1996). Por lo tanto, parece no existir evidencia necesaria para afirmar que las diferencias en las regulaciones ambientales sean el factor primordial en las decisiones de localización o de relocalización de las industrias contaminantes. Más aun, Porter en 1991 propuso la idea de que las regulaciones ambientales podrían no ocasionar costos a las empresas o incluso, que estas regulaciones podrían ser rentables (Morgenstern, Pizar, Shih 2001), ya que promueven innovaciones tecnológicas que permiten incrementar la competitividad y hacen más eficiente el uso de los recursos.

1.2 Importancia de distinguir los costos atribuibles al cumplimiento de las normas ambientales

Cabe mencionar que el hecho de medir los costos derivados del cumplimiento de las regulaciones ambientales representa por sí solo un problema. En ocasiones los costos ambientales se subestiman al existir costos ocultos que pueden ser atribuidos al cumplimiento de las normas ambientales, por lo que es importante analizar de qué forma repercuten las leyes ambientales en los costos de las empresas.

Las regulaciones ambientales impactan de diversas formas en el desempeño de las empresas, por ejemplo, en la prohibición de determinados insumos y materias primas que pueden modificar los procesos de producción, así como en la tecnología requerida y

el desempeño (O'Connor 1998). De esta forma, las regulaciones ambientales pueden significar costos fijos para las empresas o costos asociados a la cantidad de contaminación que produce.

Entre los costos ambientales más visibles están los costos de instalación y equipo necesario para el tratamiento de las emisiones contaminantes los cuales representan costos fijos para las empresas, mientras que, por otro lado están los costos que resultan del pago de impuestos a las emisiones contaminantes como son los impuestos a las emisiones de bióxido de carbono, el azufre, el benceno o el fósforo por mencionar algunos. Estos últimos representan costos marginales ambientales ya que dependen de la cantidad de emisiones, por lo que entre más contamina una empresa, más debe de pagar. De esta forma, las regulaciones ambientales pretenden incidir en los procesos de producción de manera que disminuya el impacto negativo sobre el medio ambiente.

Dentro de una política ambiental, los impuestos ambientales pueden aplicarse de diversas formas, como mediante la eliminación de subsidios, la reestructuración de impuestos existentes y la creación de nuevos impuestos de carácter ambiental (Barde 2002). Como ejemplo está la disminución de subsidios a los combustibles como la gasolina y en general al consumo de energía, lo cual impacta no sólo a las empresas. De hecho, Barde señala que actualmente dentro de los países que pertenecen a la OCDE el 80% de los precios de los combustibles en promedio son impuestos. Los impuestos también pueden incidir en el manejo de residuos peligrosos o tóxicos para el medio ambiente, el uso de pesticidas, fertilizantes y detergentes con el propósito de disminuir su consumo y producción. De esta forma, los impuestos ambientales pueden impactar en distintas etapas de la producción de las empresas, ya que pueden modificar desde las materias primas usadas, los procesos de producción y el manejo de sus residuos.

Por otro lado, el cumplimiento de las regulaciones ambientales más allá de la forma de impuestos pigouvianos que se asocian a los costos marginales de producción, también puede incrementar los costos generales y administrativos, ya que las regulaciones ambientales generalmente implican la emisión de permisos y licencias a las empresas para poder operar de acuerdo a las normas establecidas, por lo que la obtención de estas licencias y permisos representan un costo para las empresas. El problema es que raramente las empresas reportan estos gastos como costos ambientales y en su lugar, los incluyen dentro de los gastos administrativos generales (Epstein 1996; citado por Lave

et al 2001), lo que sugiere que muchas empresas fallan en identificar los costos totales asociados al cumplimiento de las regulaciones ambientales (Lave, et al 2001).

Como consecuencia, los costos fijos derivados del cumplimiento de las normas ambientales pueden ser subestimados, ya que los costos ambientales más comunes se relacionan a los impuestos sobre las emisiones contaminantes. El cumplimiento de las normas ambientales también puede impactar sobre las inversiones de las empresas en otras áreas productivas de forma que reduce su flexibilidad de operación lo cual puede causar un costo mayor (Joshi et al. 1997; citado por Morgenstern et al 2001), y por tanto, puede considerarse como un costo oculto derivado de las regulaciones ambientales.

Las dificultades para evaluar el peso de las políticas ambientales en las decisiones de localización en diferentes modelos son muchas, empezando por el problema de distinguir los costos resultantes del cumplimiento de la regulación ambiental, por lo que en este trabajo se pretende analizar un modelo que permita distinguir la importancia de las regulaciones ambientales en la decisión de localización o relocalización de una industria determinada, considerando no sólo la existencia de costos marginales derivados del cumplimiento de las normas, sino además de aquellos costos fijos que pueden presentar una barrera a la entrada. De esta forma se puede tener una mejor comprensión del impacto de las regulaciones ambientales en las industrias contaminantes.

2. Análisis de los Modelos

2.1 Consideraciones previas

Antes de comenzar propiamente el análisis de los modelos considerados para este trabajo, veamos algunos de los elementos necesarios para su comprensión.

Los modelos analizados se basan en un juego de competencia de Cournot, en el cual, dos empresas, cada una en una región diferente, compiten para satisfacer la demanda de ambos mercados estableciendo las cantidades óptimas de su producción de tal forma que maximicen sus beneficios, es decir, las cantidades que les permiten obtener los mayores ingresos.

En primer lugar, los beneficios de una empresa cualquiera están dados por la diferencia entre sus ingresos y sus costos de producción. Los ingresos dependen de la cantidad que venden de su producto y del precio al que se vende cada unidad. Por otro lado, los costos de producción dependen básicamente de las materias primas utilizadas para producir, el costo de transporte, el pago del trabajo, entre otros. De esta forma, una función de beneficios Π de una empresa, está dada por la siguiente expresión:

$$\Pi = PQ - C(Q)$$

Donde PQ son los ingresos que resultan de vender la cantidad Q al precio P de su producto y $C(Q)$ son los costos derivados de la producción que dependen de la cantidad producida.

Cabe mencionar que una empresa competirá por el mercado siempre y cuando sus beneficios sean mayores o iguales a cero, y saldrá del mercado si sus beneficios son menores a cero. En el caso de una empresa que monopoliza el mercado, sus beneficios serán por lo general positivos, quizás salvo algunos casos de monopolios públicos, mientras que en un mercado con competencia perfecta, es decir, donde existen varias empresas que compiten y son tomadoras de precios, las empresas producirán hasta que sus beneficios sean iguales a cero. Por lo tanto las empresas pretenden encontrar las condiciones que les permita tener los mayores beneficios posibles, ya sea estableciendo

un precio óptimo para el bien producido, estableciendo una cantidad óptima de producción, o bien, disminuyendo los costos de producción.

Cabe resaltar que en un mercado en el cual compiten varias empresas que producen un bien homogéneo, las decisiones de una empresa sobre cuánto debe producir y a qué precio debe vender no dependen únicamente de ella, sino que dependerán del conjunto de decisiones de todas las demás empresas competidoras. Por lo que al intentar maximizar sus beneficios, una empresa debe considerar las decisiones hechas por sus competidores, ya que por ejemplo, si una empresa X decidiera fijar un precio para su producto unilateralmente, esperando de esta forma obtener mayores beneficios, a las empresas competidoras les bastaría vender a un precio ligeramente menor para captar todo el mercado, lo cual llevaría a la empresa X a salir del mercado.

Por otro lado, la teoría de juegos ha sido importante para modelar aquellos fenómenos que dependen de las decisiones de varios individuos o actores que buscan su propio beneficio, cuyas decisiones afectan a las de los demás (Zapata 2007). Von Neumann concibió la teoría de juegos como la herramienta matemática adecuada para estudiar los problemas económicos (Zapata 2007) pues las decisiones que toman los individuos para optimizar sus recursos no pueden estudiarse sin tomar en cuenta las decisiones hechas por los demás. Además de Von Neumann, otros matemáticos se interesaron en diversos aspectos que componen la teoría de juegos, por ejemplo, Emile Borel definió el concepto de estrategia y Zermelo en 1913 elaboró un análisis conocido hoy en día como equilibrio perfecto en subjuegos. En particular, Agustine Cournot trabajó con elementos de la teoría de juegos el caso del oligopolio, estableciendo una solución que es un caso particular del equilibrio de Nash (Zapata 2007).

Sin pretender entrar en detalle en los elementos que conforman la teoría de juegos, de forma general para la comprensión del análisis que se hace en este capítulo diremos que un juego consta de tres elementos²:

- los jugadores,
- las estrategias que puede tomar cada jugador y

² Para ver con más detalle y formalidad los elementos básicos que componen la teoría de juegos se recomienda ver “Teoría de juegos: su aplicación en economía” de Jorge Fernández, publicado por el Colegio de México.

- la utilidad que obtiene cada jugador por cada combinación de estrategias posibles, es decir, una medida del beneficio que obtiene el jugador como consecuencia de las decisiones de los demás jugadores y de la suya propia.

Cada jugador toma una decisión sin conocer la de los demás jugadores, y es este conjunto de decisiones de todos los jugadores lo que determina el resultado. Todos los jugadores conocen las características del juego y las preferencias de los demás, por lo que se dice que es un juego con movimientos simultáneos e información completa.

Por otro lado, dada una combinación de estrategias (cada jugador ha elegido una estrategia a seguir dentro del conjunto de todas las posibles estrategias que podía escoger) diremos que esta combinación es un equilibrio de Nash si ningún jugador tiene incentivos para apartarse de esta combinación unilateralmente, es decir, el jugador no tiene otra estrategia que le permita aumentar su utilidad considerando las estrategias tomadas por los demás jugadores.

Con estos conceptos mencionados intuitivamente, veamos a grandes rasgos el modelo de Cournot. Este modelo pretende analizar el comportamiento oligopólico de dos empresas que producen bienes idénticos. Las empresas compiten decidiendo la cantidad que deben producir sin conocer la decisión de su oponente. El equilibrio está dado por un par de cantidades (q_1, q_2) de tal forma que, dada la elección de la cantidad producida por la empresa 1, la empresa 2 obtiene sus máximos beneficios eligiendo q_2 y, de la misma forma, dada la cantidad de producción q_2 elegida por la empresa 2, la empresa 1 obtiene sus máximos beneficios al elegir la cantidad q_1 , por lo cual, ninguna de las dos empresas tienen incentivos para cambiar su estrategia unilateralmente.

Para el análisis de los modelos que se exponen en esta sección, consideraremos que los beneficios de cada empresa están en función de la cantidad, como se mencionó al principio de este capítulo. Las empresas asumen un costo ambiental que depende de la región donde producen, de forma que al maximizar estas funciones para encontrar las cantidades de equilibrio de cada empresa, el impacto de las regulaciones ambientales es visto como un costo marginal resultado de la cantidad producida. Si bien son varios los factores que influyen en las decisiones de localización de las empresas y los costos de producción, se pretende hacer hincapié en el aspecto ambiental como un factor de peso en sus decisiones de localización, por lo que además del costo ambiental se considerará el costo de transporte como un factor de peso, dejando de lado el papel de los demás

costos manteniéndolos iguales, por lo cual no se modifican al cambiar de una región a otra.

Empecemos por analizar el modelo de Markusen, Morey y Olewiler.

2.2 Modelo de Markusen, Morey y Olewiler sobre la política ambiental cuando la estructura del mercado y la localización de las plantas son endógenas.

Como ya se mencionó, en este modelo se pretende mostrar la importancia de las políticas ambientales sobre las decisiones de localización de las empresas contaminantes y la estructura del mercado, de tal forma que se pueda establecer un impuesto óptimo que no impacte negativamente sobre el bienestar social y los beneficios de las empresas contaminantes, ya que un impuesto suficientemente alto puede inhibir la inversión y la producción de la región teniendo un impacto negativo en el bienestar de sus habitantes.

Este último aspecto es un factor importante en la formulación de las políticas ambientales por parte de los gobiernos, como ya se observó en el caso comentado en esta tesis sobre la ciudad de Gary, de tal forma que en ocasiones se pretende compensar el efecto de los impuestos ambientales sobre las empresas, con subsidios y exención de impuestos con el fin de no afectar la competitividad de las empresas e inhibir las inversiones y las fuentes de trabajo, esto sin mencionar la aplicación y vigilancia del cumplimiento de estas leyes. De esta forma, no sólo es importante la aplicación de impuestos ambientales para combatir la contaminación producida por las empresas, sino además el establecimiento de un impuesto óptimo que permita eliminar las externalidades negativas sin distorsionar la estructura del mercado.

2.2.1 Impuestos pigouvianos y descripción del modelo

Si bien los impuestos pigouvianos han sido considerados como un mecanismo eficiente mediante el cual se pretende que las empresas contaminantes asuman el costo del daño

ambiental que producen, en la práctica presentan diversos problemas a la hora de implementarlos y aplicarlos eficazmente.

La razón de estas dificultades en su aplicación se debe en parte a la información necesaria que se requiere para poder establecer estos impuestos. Como señala Pérez et. al. (2010) algunos de estos aspectos en la información son:

- La producción real de bienes de la empresa
- Los niveles de contaminantes que la producción genera
- La acumulación de contaminantes a largo plazo
- La evaluación monetaria del costo de los daños ambientales
- El impacto negativo en los beneficios de la empresa.

Sin embargo, más allá de estas dificultades técnicas en su aplicación y elaboración, derivadas principalmente de la capacidad de obtener la información adecuada para su formulación, también se presentan algunas dificultades teóricas.

La idea principal de Pigou parte de que las empresas deben internalizar las externalidades negativas que se derivan de su producción pagando un impuesto ambiental que debe ser igual al daño marginal ambiental. De esta forma se pretende obtener un doble efecto, primero disminuir los niveles de contaminación de las empresas y en segundo lugar mejorar la eficiencia del sistema de impuestos en general.

Sin embargo, esta idea del “doble dividendo” ha sido cuestionada en los últimos años, criticando el poder de estos impuestos para contrarrestar la distorsión del mercado causada por otros impuestos. Por ejemplo Bovenberg y Mooij (1994; citado por Goodstein 2003) muestran que los impuestos ambientales aumentan más que disminuyen las distorsiones preexistentes de otros impuestos.

Por ejemplo, los impuestos pigouvianos pueden elevar los costos de producción y por lo tanto subir los precios de los productos de las empresas sujetas a estos impuestos, lo cual lleva a una reducción de la oferta de trabajo. Entonces, si existen impuestos preexistentes sobre el trabajo, la interacción de ambos impuestos resulta distorsionante.

Debido a este efecto, el nivel óptimo de los impuestos ambientales se coloca por debajo del daño ambiental marginal.

Esto no quiere decir necesariamente que la idea del doble dividendo no sea factible, pero como señalan Goulder y Parry (2000; citado por Goodstein 2003) el doble dividendo depende de la estructura de impuestos ya existente y de la forma en cómo son redistribuidos los ingresos derivados de los impuestos ambientales.

Sin embargo a pesar de estas dificultades Ekins (1999; citado por Heady 2002) señala que en los países de la OCDE el empleo de estos impuestos creció un 50% aproximadamente en el periodo de 1987- 1994, además de que en estos países una parte importante de los ingresos resultantes del cobro de los impuestos ambientales es usada para la reducción de otros impuestos (Heady 2002). Por otro lado, es bajo la forma de costos marginales derivados de la aplicación de impuestos pigouvianos, que muchos trabajos analizan la influencia de los costos ambientales en el funcionamiento de las empresas.

Regresando a la descripción del modelo, los autores parten de considerar dos regiones en las cuales las empresas escogen el número y la localización de sus plantas, además de considerar la estructura del mercado como endógena, es decir, los impuestos ambientales afectan tanto el bienestar de la región, como los beneficios de las empresas, por lo que si el impuesto es muy alto, estas pueden dejar de producir y salir del mercado, lo que conlleva a una pérdida de bienestar, pues por un lado, desaparecería la contaminación asociada a la producción en esa región pero ese efecto positivo se vería contrarrestado con la pérdida de empleos y de ingresos provenientes de los impuestos.

Cabe mencionar que el bienestar de la región depende tanto de las inversiones que recibe como de los niveles de contaminación que se producen en ella.

Además se supone competencia imperfecta entre ambas regiones, es decir, unas pocas empresas pueden alterar el precio de sus productos, también existen rendimientos crecientes y costos de transporte entre mercados. Entonces, bajo estas consideraciones, cambios considerables en las políticas ambientales pueden producir cambios en los niveles de contaminación y bienestar en una región dependiendo de si una firma cierra o abre una planta.

Este análisis, señalan los autores, difiere de los análisis sobre la implicación de una política ambiental óptima que considera el análisis pigouviano debido a que los análisis pigouvianos se enfocan en los efectos de los impuestos, subsidios y otros instrumentos políticos sobre el precio marginal y las decisiones de producción, por lo que son apropiados cuando se tienen rendimientos constantes a escala y competencia perfecta. En el caso donde se tiene competencia imperfecta y rendimientos crecientes, ese análisis resulta inapropiado, ya que los efectos de un impuesto pueden llevar al cierre de la planta y la transferencia de su producción, teniendo efectos, como ya se mencionó, en el nivel de contaminación y de bienestar de la región. Por lo tanto, el enfoque que pretenden los autores es considerar el tema ambiental en un modelo que permite la salida y entrada de empresas y el cambio de localización de sus plantas en respuesta a las políticas ambientales.

A continuación se hace una descripción del modelo de Markusen, Morey y Olewiler de forma general sin pretender entrar en detalle en los aspectos técnicos del planteamiento del modelo, que, al igual que el modelo de Barbier y Hultberg, es resuelto considerando el modelo de Cournot.

Consideramos dos regiones (A y B) donde una firma en la región A produce el bien X, una firma en la región B produce el bien Y (estos productos pueden o no ser sustitutos perfectos) y Z es un bien producido en ambas regiones por empresas competitivas. Se supone que los bienes X y Y producen contaminación, más no así el bien Z.

Cada empresa incurre en un costo fijo “F” y un costo específico “G” por cada planta que abre. Por lo tanto, la decisión de exportar a otra región depende del alto costo fijo para abrir una subsidiaria y del costo variable de exportar a otra región.

La solución corresponde a un juego en dos etapas. En la primera, cada firma decide si entra al mercado, si produce sólo en su región o bien, si produce en ambas regiones. En la segunda etapa, las empresas compiten en un juego de Cournot. De esta forma los autores pretenden mostrar que la estructura de equilibrio de mercado depende en parte de la política ambiental. Además, los autores señalan que los cambios en la estructura del mercado tienen cuatro efectos:

1. alteran los niveles de contaminación;
2. Cambian los precios y por lo tanto también cambia el excedente del consumidor;
3. Cambian el nivel de ingresos del gobierno derivados del pago de impuestos;
4. Cambian los beneficios de la firma local.

El equilibrio general de ambas regiones está dada por:

- a. La utilidad máxima que tiene cada individuo, que depende de las cantidades de los bienes X,Y,Z que consume considerando el precio de cada bien como un factor externo, y de la contaminación asociada al consumo de cada unidad del bien X y Y.
- b. El número de plantas de cada empresa que maximiza sus utilidades.
- c. Se considera que la demanda es igual a la oferta de cada bien en ambos mercados.

Por otra parte, el equilibrio del beneficio social de la región A depende de factores como el excedente del consumidor, los ingresos laborales, la cantidad de contaminación y los ingresos provenientes del cobro de los impuestos ambientales.

Dada la posibilidad de localización de cada empresa, existen nueve configuraciones posibles de localización de las plantas por parte de las dos firmas, las cuales son (0,0), (1,0), (0,1), (1,1), (2,0), (0,2), (2,1), (1,2) y el (2,2) donde la primera entrada indica el número de plantas que tiene la empresa X y la segunda entrada el número de plantas que tiene la empresa Y. Así por ejemplo, la configuración (1,1) indica que cada empresa sólo tiene una planta en su región de origen, mientras que la configuración (2,2) indica que cada empresa tiene una planta en cada región para abastecer ambos mercados, por lo que no incurren en gastos de transporte asociados a la exportación. La configuración (2,1) por ejemplo nos dice que la empresa X tiene dos plantas, una en cada región, por lo cual abastece cada mercado localmente mientras que la empresa Y sólo tiene una planta local por lo que debe exportar hacia la región A para abastecer ese mercado. La solución del juego nos dirá cuál de estas configuraciones es la opción óptima de localización de las dos empresas. Cabe mencionar que el modelo considera que cada firma debe tener una planta en su lugar se origen, es decir, no pueden producir en la región exterior si no tienen producción en la región de origen.

Para solucionar el juego, se maximizan las funciones de beneficio de cada empresa respecto a las cantidades que venden en cada mercado. Por ejemplo, la función de beneficios de la empresa X para el caso en el cual la empresa sólo tiene una planta local

desde donde abastece ambos mercados y la empresa Y no produce (configuración (1,0)), está dada por:

$$(1) \Pi_X(1,0) = [\alpha - \beta(X_a/N)]X_a + [\alpha - \beta(X_b/N)]X_b - mX_a - (m + s)X_b - t_a(X_a + X_b) - F - G$$

Donde $[\alpha - \beta(X_a/N)]X_a$ son los ingresos de vender en bien X en la región A;

$[\alpha - \beta(X_b/N)]X_b$ los ingresos de vender el bien X en la región B;

mX_a son los costos marginales de producción del bien X que se vende en la región A;

$(m + s)X_b$ corresponde a los costos marginales de producción del bien X vendido en la región B, de ahí que se considere el factor “s” correspondiente al costo de transportar la mercancía por unidad de una región a otra;

$t_a(X_a + X_b)$ corresponde al impuesto por producir en su región de origen las cantidades que abastecen ambos mercados;

y finalmente los costos fijos F y G en los que incurre la empresa.

Al maximizar la función de beneficios se encuentran las cantidades óptimas de producción, que para este caso particular son:

$$X_a(1,0) = N(\alpha - m - t_a) / 2\beta \text{ y}$$

$$X_b(1,0) = N(\alpha - m - t_a - s) / 2\beta$$

Las cuales al ser evaluadas en la función de beneficios (1) nos dan los beneficios máximos de la empresa X.

Evidentemente en cada configuración de localización la función de beneficios se modificará ligeramente dependiendo de los factores que se consideren en cada caso.

Por ejemplo, para la estructura (2,2) la cual nos dice que cada empresa tiene dos plantas, una en cada región desde la cual abastece el mercado local, las funciones de beneficios están dadas por:

$$(2) \Pi_x(2,2) = [\alpha - \beta(X_a/N) - \gamma(Y_a/N)] X_a + [\alpha - \beta(X_b/N) - \gamma(Y_b/N)] X_b - m(X_a + X_b) - t_a(X_a + X_b) - (2G + F) \quad y$$

$$(3) \Pi_y(2,2) = [\alpha - \beta(Y_a/N) - \gamma(X_a/N)] Y_a + [\alpha - \beta(Y_b/N) - \gamma(X_b/N)] Y_b - m(Y_a + Y_b) - t_a(Y_a + Y_b) - (2G + F)$$

De donde se puede ver que el costo “s” de transporte desaparece pues cada mercado se abastece localmente por parte de las dos empresas, el costo fijo por abrir una planta es “2G” debido a que cada empresa tiene estableció una planta en cada región y el costo fijo F permanece igual que en el caso (1,0) lo cual nos indica la existencia de economías de escala.

Además hay que notar el término γ que se resta en cada término relacionado con los ingresos de las empresas. Este se debe evidentemente al hecho de que en esta configuración ambas empresas compiten en ambos mercados por lo que se dividen el número de consumidores.

Los equilibrios de Nash son aquellas estructuras de mercado tales que, dado el número de plantas de la empresa X, la empresa Y no puede incrementar sus beneficios cambiando su número de plantas, y de la misma forma, dado el número de plantas de la empresa Y, la empresa X no puede aumentar sus beneficios cambiando el número de plantas que ha establecido. Se consideran diferentes ejemplos de juegos dados diferentes valores de los costos fijos F y G los cuales son asignados arbitrariamente y considerando el impuesto ambiental $t_a = 0$, por lo que, al cambiar estos valores se obtienen distintos equilibrios. Por ejemplo, para valores altos de F y más bajos de G la estructura de mercado multiplantas es el único equilibrio, mientras que si ambos costos F y G permanecen altos existen dos equilibrios simétricos, es decir, las configuraciones (2,0) y (0,2). Por otro lado, para un valor bajo de F y un valor alto de G el único equilibrio es un duopolio en el cual cada firma produce en su región de origen y exporta hacia la otra región, es decir, se tendría el caso (1,1).

2.2.2 El impacto de un impuesto ambiental unilateral sobre la estructura de mercado y la localización de las plantas.

Bajo las condiciones mencionadas, los autores consideran varios juegos que dependen de los valores asignados arbitrariamente a los costos fijos F y G .

Considerando el primer juego (donde los valores asignados arbitrariamente a los costos fijos son $F = 30000$, $G = 5000$ y $t_a = t_b = 0$) el equilibrio está dado por la producción de cada firma en cada región, el efecto de un impuesto ambiental t_a en la región A varía dependiendo del valor de este impuesto. Así por ejemplo, para un valor pequeño de t_a ($t_a = 0.2$) el equilibrio de la estructura de mercado permanece igual, mientras que para un valor $t_a = 0.4$ el equilibrio se encuentra en $(2,0)$ o $(0,2)$ es decir, para este valor del impuesto ambiental, una de las firmas deja de producir (sale del mercado) mientras que la otra permanece abasteciendo localmente cada mercado. En este caso, la contaminación en la región A disminuye debido a dos razones: primero, el impuesto disminuye la producción en esa región y en segundo lugar, la producción en general también disminuye debido a que el mercado es abastecido por un monopolista.

Para un valor de $t_a = 0.6$ el nuevo equilibrio estará en $(2,1)$. Esto quiere decir que la firma Y dejará de producir en la región A debido al alto impuesto, pero al mismo tiempo, aumentarán sus beneficios al exportar hacia ese mercado desde su región de origen. En este caso, también se presenta una disminución de la contaminación debido a que la firma Y deja de producir en A y la producción de la firma X disminuye.

Para un valor de $t_a = 0.8$ el equilibrio se encuentra en $(0,1)$, esto quiere decir que el impuesto es lo suficientemente alto como para que cese la producción en la región A, y ambos mercados son abastecidos por la empresa Y desde su mercado local. Bajo esta configuración cesa la contaminación en la región A.

2.2.3 El impuesto óptimo en la región A cuando la estructura del mercado es endógena.

En este caso, los autores pretenden encontrar el nivel óptimo del impuesto ambiental en la región A de tal forma que se maximice el bienestar social.

Considerando valores que han sido elegidos arbitrariamente de $F=30000$, $G=5000$, y $\tau=.0035$ (donde τ refiere a la constante marginal de disuasión de la contaminación) y la estructura de mercado (2,2), un pequeño incremento en el impuesto ambiental, determina un incremento en el bienestar social como resultado de un descenso de la contaminación y un aumento en el ingreso derivado del impuesto. Sin embargo, si el impuesto continúa aumentando ($t_a = 0.4$) cambia la estructura del mercado a (2,0) o (0,2). Dado que los bienes X y Y son sustitutos perfectos, sólo variará el nivel de beneficios de la empresa X. En el primer caso, el incremento de los beneficios para la empresa X compensará la pérdida del excedente del consumidor derivado del incremento del precio del producto X al ser el mercado abastecido por un monopolista. Mientras que en el segundo caso, sólo habrá un descenso del bienestar social al ser la empresa Y el monopolista lo cual implica que sólo se elevará el precio de los productos sin existir un incremento en los beneficios de la firma local de la región A.

En el caso de un impuesto $t_a = .425$, la estructura del mercado estará en (2,1). Bajo esta estructura la contaminación es menor debido a que el bien Y es importado a la región A. sin embargo existe una pequeña pérdida en el excedente del consumidor debido al incremento en el precio del bien Y debido a los costos de importación. En cambio, para un valor de $t_a = .79$ la región A sufre una pérdida tanto del excedente del consumidor como de los beneficios que compensan la disminución de la contaminación. Por lo tanto pareciera que $t_a = .425$ es el valor óptimo.

Ahora, para valores de $F=30000$, $G=5000$, y $\tau=.0042$ un impuesto $t_a \geq .79$ implica que la firma X dejaría de producir y el mercado sería abastecido por la empresa Y desde su región, por lo que no habría contaminación en la región A.

El último caso se centra en el impacto del cambio en los costos fijos. Entonces para valores de $F = 27000$, $G = 7000$ y $\tau = .0035$ el equilibrio del mercado está en (1,1) partiendo de un impuesto $t_a = 0$. Conforme el impuesto ambiental va creciendo, el bienestar social va disminuyendo, de hecho, esta configuración donde cada empresa produce en su región de origen y exporta hacia la otra región pone en una desventaja competitiva a la empresa X de forma que la pérdida en sus beneficios disminuye el bienestar social.

Para un valor de $t_a = .275$, el nuevo equilibrio se encuentra en (2,1) y el bienestar en la región A alcanza su valor máximo. En este caso existe un descenso en los ingresos

derivados por los impuestos ambientales que, sin embargo, se compensa con el descenso de la contaminación, además de que al trasladar la empresa X parte de su producción a la región B, no se ven afectados ni el excedente del consumidor ni los beneficios de la empresa.

2.2.4 Consideraciones

El modelo de Markusen, Morey y Olewiler nos da una idea sobre cómo abordar el problema de la influencia de los costos ambientales en las decisiones de localización de las empresas desde la perspectiva de la teoría de juegos. El planteamiento que hacen estos autores considera el impacto que tienen las empresas sujetas a las regulaciones ambientales sobre el bienestar de una región, por lo que se debe tener en cuenta el impacto de los impuestos ambientales sobre los niveles de contaminación y la capacidad de operación de las empresas, ya que estas proporcionan trabajo para los habitantes así como ingresos para autoridades locales provenientes del pago de impuestos. Por lo tanto, el análisis se centra en determinar un nivel óptimo de los impuestos ambientales que permita tener un equilibrio entre el combate a la contaminación y la economía de la región, más allá de las dificultades y efectos negativos que puede presentar la determinación de un porcentaje óptimo de estos impuestos.

Como consecuencia de este planteamiento en el modelo, las empresas se ven restringidas a mantener un porcentaje de la producción en su región de origen, con el fin de no disminuir el nivel de bienestar derivado de la oferta de trabajo y la recaudación de impuestos por parte de las autoridades. De esta forma, la opción de una relocalización total de la producción por parte de una empresa no es factible, por lo que cuando el nivel de impuestos es muy alto en una región, las empresas afectadas se verían forzadas a salir del mercado.

En el modelo siguiente de Barbier y Hultberg, de igual forma se pretende analizar la importancia de los costos ambientales a partir del modelo de Cournot, pero a diferencia del modelo anterior, el análisis resulta más simplificado y su planteamiento más simple, pues sólo se toma en cuenta el tamaño del mercado, los costos de transporte y el costo de trasladar la producción en relación con el costo ambiental y no así el bienestar de la región, por lo que sólo se comparan los beneficios obtenidos en cada región en cada

caso posible de localización, lo cual permite centrar más el análisis en la influencia de los costos ambientales, además de no restringir las posibilidades de relocalización de las empresas, es decir, al no establecer una relación entre impuestos ambientales y los niveles de bienestar de la región, las empresas no están limitadas a hacer sólo una relocalización parcial de su producción.

2.3 Modelo de Barbier y Hultberg sobre re-localización de industrias

Continuando con el análisis de los modelos sobre localización de las industrias contaminantes se describe a continuación el modelo de Barbier y Hultberg que a diferencia del modelo anterior analizado, no considera el bienestar de la región como un elemento de su análisis, por lo que no pretende encontrar un impuesto óptimo que permita disminuir los niveles de contaminación sin afectar en gran medida los ingresos derivados por la aplicación de los impuestos y la oferta de trabajo de la región, sino que pretenden determinar la importancia de los costos ambientales en relación con el tamaño del mercado y los costos de transporte.

En este modelo los autores pretenden determinar la influencia de la diferencia de las políticas ambientales entre distintas regiones o países considerando primero dos empresas que se localizan cada una en un país diferente, no necesariamente del mismo tamaño. Por otro lado suponemos que las dos empresas producen un bien homogéneo y buscan maximizar sus beneficios vendiendo en ambos mercados. La función de beneficios de cada empresa depende de variables que afectan sus decisiones de producción y de localización como son los costos marginales de producción que dependen de Q , los costos de exportación, el costo de relocalización, el costo del cumplimiento de las normas ambientales, además de considerar también el tamaño del mercado de cada país.

Los costos generales de producción serán denotados por “ c ”, el costo del cumplimiento ambiental será denotado por “ e ”, mientras que el costo de transporte es denotado por “ t ”.

Para facilitar el análisis supondremos que la empresa 1 se localiza en Estados Unidos (país A) y la empresa 2 en México (país B). Cada empresa responde a las políticas del gobierno local y a las decisiones hechas por su competidor. Para enfocar el análisis en los costos ambientales suponemos que los demás costos son constantes e idénticos en los dos países, de hecho, suponemos $c_A=c_B=0$. Por otro lado el costo ambiental diferencial está dado por $e_A - e_B = e$, donde $e_B = 0$.

Suponemos que la empresa 1 tiene la posibilidad de relocalizarse, ya sea abriendo una planta filial en México o trasladando toda su producción a este país, mientras que la empresa 2 permanecerá en México (quizá debido a los altos costos de relocalización).

Cada país tiene una función inversa de demanda dada por:

$$P_j = a(s_j) - b(s_j)Q_j$$

Donde j indica el país A o B, Q_j es la cantidad total vendida en el país j , P_j es el precio del mercado en el país j y S_j representa un parámetro correspondiente al tamaño del mercado del país j .

Para solucionar el modelo se necesita adoptar una forma funcional de la función inversa de demanda. La cual está dada por:

$$a(S_i) = S_i \text{ y } b(S_i) = (1/S_i)$$

Lo cual significa que la función inversa de demanda cambia tanto como el tamaño del mercado se incrementa y llega a ser más elástico, y por lo tanto:

$$P_j = s_j - (Q_j/s_j) \text{ donde } Q_j = q_{1j} + q_{2j} \text{ } j = A, B$$

Cabe mencionar que el tamaño del mercado se determina por el número de consumidores. También hay que considerar que cuando una empresa exporta a un país extranjero, existe un costo (t) por unidad producida debido a la combinación de costos de transporte y aranceles.

De esta forma, la función de beneficios de cada empresa (i) está dada por:

$$\Pi_i = \sum_{k,j=A} [(p_j - c_k - e_k - t_{ij})q_{ij}] - F_k$$

Donde q_{ij} es la cantidad vendida por la empresa i en el país j , el subíndice k representa el mercado donde la mercancía es producida, el subíndice j representa el mercado donde

la mercancía es vendida y F_k corresponde al costo de mover la producción desde el mercado local de la empresa. Notemos que $F_k = 0$ si k corresponde al país de la empresa y $t_{ij} = 0$ si el mercado de producción y venta corresponden.

El problema de encontrar la localización ideal para la empresa 1 se resuelve utilizando el modelo de Cournot³. Para cada elección de localización, una estrategia de la empresa i es una par de cantidades (q_{iA}, q_{iB}) del producto vendido en ambos países.

Existen 4 posibles configuraciones de localización de la empresa 1:

- 1) (A,0) significa que la empresa 1 abastece ambos mercados ubicándose sólo en su país de origen.
- 2) (A,B) la empresa 1 decide establecer una subsidiaria en México.
- 3) (0,B) la empresa 1 cierra su planta original y se relocaliza en México.
- 4) (0,0) la empresa 1 detiene su producción.

Entonces se maximiza la función de beneficios para encontrar las funciones de reacción de cada empresa y obtener las cantidades óptimas. Una vez obtenidas las cantidades q_{1A} y q_{1B} que maximizan las utilidades de la empresa 1, se evalúan en la función Π para determinar sus beneficios en cada uno de los 4 casos mencionados anteriormente. A continuación, para determinar donde debe localizarse la empresa 1 se comparan las 4 condiciones de beneficios:

2. $\Pi_1(A,0) = (s_A/9)(s_A - 2e + t)^2 + (s_B/9)(s_B - 2e - 2t)^2$
3. $\Pi_1(A,B) = (s_A/9)(s_A - 2e + t)^2 + (s_B/9)(s_B)^2 - F$
4. $\Pi_1(0,B) = (s_A/9)(s_A - t)^2 + (s_B/9)(s_B)^2 - F$
5. $\Pi_1(0,0) = 0$

No es la intención en esta parte hacer un análisis exhaustivo de cómo se resuelve el modelo, sino más bien, enfocarnos en el análisis de las condiciones de beneficios mencionadas anteriormente, dadas las posibilidades de localización de la empresa 1.

Nótese que en cada una de las ecuaciones anteriores, el primer término del lado derecho de la igualdad corresponde a los beneficios de la empresa A al vender en

³ Para un mayor detalle de la solución del modelo, ver el capítulo 3 donde se expone el modelo de Barbier y Hultberg modificado, además del apéndice correspondiente.

Estados Unidos, mientras que el segundo término corresponde a los beneficios de vender en México.

De acuerdo con la ecuación (2), se puede ver que la firma 1 sólo exportará a México si:

$$(s_B/9)(s_B - 2e - 2t)^2 \geq 0$$

$$\text{Es decir, si } s_B - 2e - 2t \geq 0$$

$$\text{De lo cual se tiene que: } t \leq s_B/2 - e;$$

Esto es, considerando el tamaño del mercado de México y el hecho de que el costo ambiental es más alto en el país de origen de la empresa 1, los costos t de exportación de la empresa 1 deben ser lo suficientemente bajos. También se puede observar que si se cumple esta condición, la empresa 1 necesariamente abastecerá al mercado local. En otras palabras, no puede ser que la empresa 1 venda en México y no venda en su mercado local puesto que, si la empresa abastece el mercado en México se cumple que:

$$e < (S_B/2) - t,$$

$$\text{y como } (S_B/2) - t < (S_A/2) + t$$

debido a que el tamaño del mercado en Estados Unidos es mayor al tamaño del mercado de México, es decir, $S_B < S_A$, se tiene que:

$$(S_A - 2e + t) > (S_B - 2e - 2t).$$

Antes de continuar hagamos una precisión. Para analizar las condiciones bajo las cuales exporta al mercado mexicano partimos de considerar $(s_B - 2e - 2t)^2 \geq 0$ de donde se tomó que $s_B - 2e - 2t \geq 0$. Es decir, se consideró la raíz positiva para determinar que $t + e \leq s_B/2$. Pero como cualquier número real elevado al cuadrado es igual o mayor a cero, la expresión $s_B - 2e - 2t \leq 0$ también satisface que $(s_B - 2e - 2t)^2 \geq 0$, lo cual nos llevaría a que:

$$s_B \leq 2(t + e)$$

Esto quiere decir que la empresa 1 no exportará a México si los costos ambientales y de transporte son mayores que el tamaño del mercado en México, la cual es la misma conclusión que en el caso analizado donde se considero que $s_B - 2e - 2t \geq 0$, sólo que ahora está expresada en sentido negativo. Por lo tanto, no importa qué raíz tomemos, el análisis no se altera. Por razones similares, en el resto del análisis podemos considerar sólo las raíces positivas.

Similarmente, de la misma ecuación (2) se tiene que la firma sólo venderá en el mercado doméstico si:

$$t \geq 2e - s_A \quad \text{y} \quad t > S_B/2 - e;$$

Es decir, si las tarifas de transporte, aranceles y el costo ambiental son mayores al tamaño del mercado en México. De lo anterior se puede ver que si las tarifas son reducidas y/o el mercado en México se incrementa, la empresa 1 exportará una cantidad mayor. Sin embargo, la reducción de la tarifa lleva a una disminución de las ventas en el mercado local.

Ahora, analizando las ecuaciones (2) y (3) se puede ver que la empresa 1 decidirá abrir una subsidiaria en México si se cumple que:

$$[(s_B)/9] s_B^2 - F > (s_B/9) (s_B - 2e - 2t)^2$$

De donde se tiene que:

$$F < (2/9) s_B^2(2e + 2t) - (s_B/9)(2e + 2t)^2$$

Es decir, los beneficios de la empresa 1 en México son mayores produciendo en dicho país, que los beneficios que obtiene si produce en su país de origen y exporta hacia México. Dicho de otra forma, el tamaño del mercado en México es suficientemente grande comparado con los costos “F” de relocalización de la empresa hacia México y el costo por unidad debido a las tarifas y las regulaciones ambientales en su país de origen.

En el caso en que la empresa 1 ya cuenta con una subsidiaria en México, de las ecuaciones (3) y (4) se puede establecer la condición para que la empresa mueva toda su producción al país B y exporte desde allí a su país de origen. La condición está dada por:

$$(s_A - t)^2 > (s_A - 2e + t)^2$$

De donde $t < 2e - t$

Y por lo tanto $t < e$

Es decir, la factibilidad de la empresa 1 de relocalizar toda su producción ocurre si las tarifas de transporte y aranceles en Estados Unidos son lo suficientemente bajas, mientras que los costos ambientales en comparación con México son más elevados.

En conclusión se puede decir que la empresa 1 abrirá una filial en México para abastecer el mercado si los costos de relocalización son menores que los beneficios obtenidos por el tamaño del mercado en México, los costos ambientales y de transporte que se ahorra produciendo en México, mientras que, por otro lado, la empresa 1 relocalizará toda su producción si los costos de transporte son menores en comparación con el costo ambiental, es decir, si le es más barato a la empresa 1 producir en México y transportar su producción para abastecer el mercado americano, que producir en Estados Unidos con el costo ambiental que conlleva.

2.3.1 Consideraciones

Cabe resaltar que bajo el tratado de libre comercio entre los países de América del norte, los costos relativos al transporte y de aranceles deben disminuir al eliminarse las barreras comerciales, por lo que en la ecuación:

$$F < (2/9) s_B(2e + 2t) - (s_B/9)(2e + 2t)$$

El factor t tiende a disminuir o a volverse intrascendente quedando:

$$F < (2/9) s_B(2e) - (s_B/9)(2e)$$

Es decir, la localización de una planta filial en México por parte de la empresa 1, depende del tamaño del mercado en México y los costos ambientales. De lo anterior se puede apreciar que, en una economía globalizada donde el intercambio comercial ha

crecido eliminando barreras, la política ambiental parece adquirir mayor importancia, sobre todo en un marco de creciente competencia entre empresas que las obliga a minimizar sus costos. Esto refuerza la postura de algunos economistas que consideran que el libre comercio puede llevar a las naciones hacia una competencia por flexibilizar sus políticas ambientales (race to the bottom).

También resulta interesante señalar que este modelo permite establecer las condiciones para que una empresa decida mover su producción de forma parcial o total de forma que pueda evitar el costo total del cumplimiento de las normas ambientales de una región, de forma que se acentúa la importancia de las diferencias de las regulaciones ambientales entre diferentes regiones.

Por otro lado, si se da una tendencia hacia la armonización ambiental, las diferencias en los costos ambientales disminuyen hasta volverse insignificantes, lo cual tiene un doble impacto. Primero la localización de una empresa filial en México dependerá básicamente del tamaño del mercado, al disminuir los costos ambientales, mientras que, en segundo lugar, la posibilidad de relocalizar toda su producción de la empresa 1 en México disminuye bastante, al depender esta opción de la diferencia entre costos ambientales y de transporte. De allí que cada país tenga un diferente grado de compromiso tanto en el cumplimiento de las regulaciones ambientales existentes como en la disposición de armonizar las políticas ambientales dentro de su región de competencia, lo cual también nos permite resaltar la postura que señala que un marco de libre comercio debe también ir de la mano de una política ambiental que permita establecer esfuerzos comunes por parte de los países involucrados, para un adecuado combate de la contaminación y deterioro del medio ambiente.

3. Modificación del modelo de Barbier y Hultberg

En el análisis anterior se consideran los costos ambientales como parte de los costos marginales de producción de la empresa 1, por lo que estos cambian en la medida que cambia la cantidad producida por la empresa. Sin embargo, como ya se ha mencionado, una parte de los costos que resultan del cumplimiento de las normas ambientales suelen ser fijo, es decir, independientes de la cantidad producida, como pueden ser el costo de adquirir maquinaria especial o la subscripción a tratados y leyes ambientales locales etc. De hecho, dadas las dificultades que implica la implementación de los impuestos ambientales, algunos países parecen adoptar un mercado de licencias y permisos de contaminación que permita tener un mejor control sobre el cumplimiento de las regulaciones por parte de las empresas.

El propósito ahora es determinar cómo cambia la importancia de los factores que inciden en las decisiones de localización, considerando un factor correspondiente a los costos fijos resultantes del cumplimiento ambiental. En particular se espera que el impacto de estos costos apoye la hipótesis de los paraísos de contaminación.

Para este análisis consideramos un factor E_k referente a los costos fijos ambientales en la función de beneficios Π del modelo anterior. Cabe mencionar que para fines prácticos de este análisis consideramos $E_k > 0$ si k corresponde al país A, y $E_k = 0$ si $k=B$. Entonces la función resultante queda como:

$$\Pi_i = \sum_{k,j=A} [(p_j - c_k - e_k - t_{ij}) q_{ij}] - F_k - E_k$$

Recordemos que la función inversa de demanda está dada por:

$$P_j = s_j - (Q_j/s_j) \text{ donde } Q_j = q_{1j} + q_{2j} \quad j = A,B$$

De esta forma, para el caso (A,0) la función de beneficios de la empresa 1 queda:

$$\Pi_1(A,0) = (S_A - (q_{1A} + q_{2A})/S_A - e)q_{1A} - E + (S_B - (q_{1B} + q_{2B})/S_B - e - t)q_{1B}$$

Es decir, se agrega el costo fijo E resultado de establecer la empresa en Estados Unidos. Cabe mencionar que a diferencia del costo marginal ambiental, el costo fijo E sólo afecta a la parte del mercado local de la función de beneficios, mientras que el factor e relativo a los costos marginales ambientales aparece también en la parte de los beneficios correspondientes al mercado en el país B, debido a que estos costos crecen por unidad de producción.

Al maximizar la función de beneficios con respecto a q_{1A} y q_{1B} se tiene:

$$\begin{aligned}\frac{\partial \Pi_1}{\partial q_{1A}} &= S_A - (2/S_A)q_{1A} - q_{2A}/S_A - e \\ \frac{\partial \Pi_1}{\partial q_{1B}} &= S_B - (2/S_B)q_{1B} - q_{2B}/S_B - e - t\end{aligned}$$

Tomando la correspondiente función de beneficios de la empresa 2 y resolviendo simultáneamente $\partial \Pi_1/\partial q_{1A}$ y $\partial \Pi_2/\partial q_{2A}$ se tiene que:

$$q_{1A} = (S_A/3)(S_A - 2e + t)$$

y de forma similar se obtiene:

$$q_{1B} = (S_B/3)(S_B - 2e - 2t).$$

Al evaluar las cantidades en la función de beneficios $\Pi_1(A,0)$ se tiene:

$$1) \quad \Pi_1(A,0) = (s_A/9)(s_A - 2e + t)^2 - E + (s_B/9)(s_B - 2e - 2t)^2$$

Para el caso (A,B) la parte de la función que corresponde a los beneficios obtenidos en el país A, permanece igual al caso anterior, mientras que, la parte que corresponde a los beneficios obtenidos en el país B cambia al haberse abierto una planta de producción subsidiaria en México. Por lo tanto, la función de beneficios queda como:

$$\Pi_1(A,B) = (S_A - (q_{1A} + q_{2A})/S_A - e)q_{1A} - E + (S_B - (q_{1B} + q_{2B})/S_B)q_{1B} - F$$

De donde al maximizar:

$$q_{1A} = (S_A/3)(S_A - 2e + t) \text{ y}$$

$$q_{1B} = (S_B)^3/3.$$

Y por tanto, al evaluar en la función de beneficios se tiene:

$$2) \quad \Pi_1(A,B) = (s_A/9)(s_A - 2e + t)^2 - E + (s_B/9)(s_B)^2 - F$$

Para el caso (0,B), la función de beneficios queda de la siguiente forma:

$$\Pi_1(0,B) = (S_A - (q_{1A} + q_{2A})/S_A - t)q_{1A} + (S_B - (q_{1B} + q_{2B})/S_B)q_{1B} - F$$

Es decir, desaparece el costo fijo E. Por tanto al maximizar la función resulta que:

$$q_{1A} = (S_A/3)(S_A - t) \text{ y}$$

$$q_{1B} = (S_B)^3/3$$

Al evaluar en la función de beneficios se obtiene:

$$3) \quad \Pi_1(0,B) = (s_A/9)(s_A - t)^2 + (s_B/9)(s_B)^2 - F$$

Por tanto, al considerar un análisis similar al de Barbier y Hultberg se tiene de la ecuación (1) para el caso (A,0) que la firma americana exportará a México si:

$$(s_B/9)(s_B - 2e - 2t)^2 > 0, \text{ es decir, si:}$$

$$t < (S_B/2) - e,$$

Por lo tanto, la condición de exportación para la empresa 1 no cambia con la presencia de costos fijos.

Para los casos (A,0) y (A,B) de las ecuaciones (1) y (2) se tiene que la firma 1 abrirá una subsidiaria en México si:

$$[(s_B)/9] (s_B)^2 - F > (s_B/9) (s_B - 2e - 2t)^2$$

De donde se tiene que:

$$F < [(s_B)/9] (s_B)^2 - (s_B/9) (s_B - 2e - 2t)^2 \text{ o bien}$$

$$F < (2/9) (s_B)^2 (2e + 2t) - (s_B/9)(2e + 2t)^2$$

Por lo que las condiciones para abrir una subsidiaria en México no cambian con la presencia de los costos ambientales fijos, pues estas condiciones dependen básicamente del tamaño del mercado en el país B y del costo de trasladar la parte de la producción a ese mercado.

Para los casos (A,B) y (0,B) de las ecuaciones (2) y (3) se tiene que la empresa 1 moverá toda su producción a México si:

$$(s_A - t)^2 > (s_A - 2e + t)^2 - E, \text{ es decir, si:}$$

$$(s_A - 2e + t)^2 - (s_A - t)^2 < E$$

En este caso que la condición si se modifica en comparación con el caso original, ya que los beneficios de la empresa 1 de producir en el país B y exportar hacia su mercado local son mayores que los beneficios de abastecer localmente su mercado, puesto que los costos ambientales fijos disminuyen sus ganancias en su país de origen.

4. Conclusiones

Ante la evidencia de los efectos negativos que ha tenido sobre el medio ambiente la contaminación asociada a la producción industrial, se ha vuelto indispensable formular una serie de medidas y leyes que permitan disminuir los niveles de contaminación y como consecuencia el deterioro del medio ambiente. Sin embargo, la formulación de las políticas ambientales tiene un impacto sobre el desempeño de las empresas con niveles considerables de contaminación. Si bien existe la idea de que el cumplimiento de las regulaciones ambientales puede traer un doble beneficio al disminuir los niveles de contaminación y fomentar un desarrollo tecnológico que contribuirá a mejorar la eficiencia de la producción, para muchas empresas puede resultar más bien un incremento en sus costos, y por lo tanto buscarán reducirlo. La diferencia de las regulaciones ambientales de cada país puede transformarse en una diferencia considerable de costos asociados al cumplimiento de estas regulaciones para las empresas, por lo que resulta interesante establecer en qué medida las políticas ambientales se han vuelto un factor de importancia en las decisiones de localización de las industrias contaminantes.

Los modelos considerados en esta tesis nos permiten analizar los efectos de las políticas ambientales en las decisiones de localización o relocalización de las empresas contaminantes. Tanto el modelo de Markusen como el modelo de Barbier y Hultberg consideran los costos derivados del cumplimiento de las regulaciones ambientales como costos marginales, por lo que en la medida en que una empresa aumenta su producción y por lo tanto aumenta sus emisiones contaminantes, necesariamente aumentará sus costos ambientales. Sin embargo, existen otros costos que se pueden atribuir al cumplimiento de las normas ambientales que no forman parte de los costos marginales, es decir, estos costos son independientes de la cantidad que produce una empresa y por tanto se consideran como costos fijos ambientales, como podrían ser los costos de gestión para la obtención de licencias y permisos por mencionar un ejemplo. Este factor de costos fijos no es considerado en los modelos originales analizados en esta tesis, por lo que se ha modificado el modelo de Barbier Y hultberg considerando no sólo los costos marginales sino también los costos fijos que resultan del cumplimiento de las normas ambientales, para extender el análisis hacia un panorama más amplio.

A pesar de que los modelos originales pretenden analizar la importancia de los costos ambientales en las decisiones de localización de las empresas, estos difieren en su planteamiento el cual también determina su alcance. En primer lugar, el modelo de Markusen centra su análisis en determinar un impuesto óptimo considerando el bienestar de la región el cual depende tanto de los niveles de contaminación como de la producción de las empresas que generan fuentes de empleo e ingresos para la región captados por los impuestos ambientales. Esta relación entre el nivel óptimo de impuestos y el bienestar de la región limitan las posibilidades de acción de las

empresas, puesto que una relocalización total de la producción por parte de una empresa tendría un impacto negativo sobre el bienestar de la región al perder los empleos generados y los ingresos captados por los impuestos ambientales, por lo que en este modelo una empresa debe de tener siempre un porcentaje de su producción en su región de origen, y es en este punto donde difiere del modelo de Barbier y Hultberg, ya que estos autores desarrollan un planteamiento en el cual no se consideran los niveles de contaminación y bienestar de una región dada, sino que plantean las posibilidades de localización de una empresa considerando sólo los costos de transporte, el tamaño del mercado y los costos ambientales, lo cual abre la posibilidad para una empresa de relocalizar parcial o totalmente su producción. En el modelo de Markusen, si el impuesto es muy alto, las empresas tienen dos opciones: cargar con el impuesto para una parte de su producción o salir del mercado, mientras que en el modelo de Barbier y Hultberg, si los costos ambientales son demasiado altos, las empresas no están restringidas a abastecer su mercado local produciendo en su región, por lo que pueden trasladar toda su producción y enfrentar los costos de transporte que resultan de ello, lo cual amplía sus posibilidades de permanecer en el mercado, ya que pueden evitar los costos ambientales de una región en su totalidad.

Las características del modelo de Barbier y Hultberg nos permiten hacer un replanteamiento considerando los costos fijos ambientales, los cuales no aparecen en el modelo original. El análisis del modelo modificado nos permite observar que los costos fijos ambientales sólo tienen impacto en la relocalización total de la producción, por lo que una correcta comprensión de los costos asociados al cumplimiento de las normas ambientales más allá de la forma de impuestos o costos marginales, lleva a reforzar la hipótesis de que las diferencias en las regulaciones ambientales entre países o regiones son un factor de peso en las decisiones de localización o relocalización de las empresas contaminantes.

Cabe mencionar que no se debe dejar de considerar la importancia de los demás factores que influyen en el modelo, ya que al fin y al cabo, la importancia de estos costos fijos está en relación con el tamaño del mercado de cada región y los costos de transporte.

Por otro lado, también se debe considerar el alcance y la limitación de los modelos, ya que necesariamente estos se basan en la simplificación de algunos de los factores que intervienen en el problema. Por ejemplo, el modelo de Barbier y Hultberg considera los demás costos de producción iguales a cero en ambas regiones con el fin de resaltar la relevancia del costo ambiental, por lo que no se puede establecer la importancia de los costos ambientales en relación con los demás costos de producción de las empresas.

Estos planteamientos pueden llevarnos a múltiples cuestionamientos sobre el efecto de las políticas ambientales, como puede ser el hecho de preguntarse si las políticas ambientales realmente ayudan a combatir la contaminación o si esta disminución en los

niveles de contaminación en una región se debe más bien a una relocalización de la producción. También puede conducir a preguntarnos sobre la necesidad de alcanzar una armonización de las políticas ambientales entre países de forma que existan condiciones más equitativas de cuidado del medio ambiente y la forma en que esta armonización ambiental afectaría la competitividad de las empresas.

Apéndice

El modelo de Barbier y Hultberg se resuelve considerando un juego de competencia de Cournot, el cual es un modelo clásico para oligopolios. En este caso, como lo que interesa es determinar los beneficios de una empresa que depende de sus decisiones y de las de su competidor para determinar su localización óptima dados los costos derivados de la producción y ventas en cada una de las dos regiones o países considerados, se maximiza la función de beneficios encontrando las cantidades óptimas para la empresa 1. A continuación se detalla el procedimiento para el caso (A,0), es decir, el caso en el que la empresa 1 sólo produce en Estados Unidos y desde allí abastece el mercado local y exporta al mercado mexicano.

La función de beneficios de la empresa i está dada por:

$$\Pi_i = \sum_{k,j=A} [(p_j - c_k - e_k - t_{ij})q_{ij}] - F_k - E_k$$

Dada la función inversa de demanda:

$$P_j = a(s_j) - b(s_j)Q_j$$

Donde S_j representa el tamaño del mercado del país j y $Q_j = q_{1j} + q_{2j}$. Consideramos una forma funcional de la función inversa de demanda expresada por:

$$a(S_i) = S_i \text{ y } b(S_i) = (1/S_i)$$

Entonces, la función de beneficios de la empresa 1 queda como:

$$\Pi_1(A,0) = (S_A - (q_{1A} + q_{2A})/S_A - e)q_{1A} - E + (S_B - (q_{1B} + q_{2B})/S_B - e - t)q_{1B}$$

Ya que los beneficios en ambos mercados dependen del tamaño del mercado, la cantidad vendida, los costos marginales ambientales, y en el caso de los beneficios obtenidos en el país B, se depende también de los costos de transporte y aranceles. Además se considera en la función los costos fijos E derivados del cumplimiento de las normas ambientales de la empresa 1 en su país de origen.

Entonces al maximizar la función respecto a las cantidades de la empresa 1 se tiene que

$$\partial \Pi_1 / \partial q_{1A} = S_A - 2q_{1A}/S_A + q_{2A}/S_A - e = 0$$

Notamos que efectivamente existe un máximo ya que $(\partial \Pi_1)^2 / (\partial q_{1A})^2 = -2/S_A < 0$ ya que $S_A > 0$.

Mientras que la función de beneficios de la empresa 2 queda como:

$$\Pi_2(A,0) = (S_A - (q_{1A} + q_{2A})/S_A - t)q_{2A} + (S_B - (q_{1B} + q_{2B})/S_B)q_{2B}$$

De donde se tiene que:

$$\partial\Pi_2/\partial q_{2A} = S_A - q_{1A}/S_A - 2q_{2A}/S_A - t = 0$$

De forma similar al caso anterior, notamos que esta ecuación cumple con la condición de segundo grado, es decir, $(\partial\Pi_2)^2/(\partial q_{2A})^2 = -2/S_A < 0$ ya que $S_A > 0$.

Consideramos $\partial\Pi_1/\partial q_{1A}$ y $\partial\Pi_2/\partial q_{2A}$ como un sistema de ecuaciones y resolvemos para q_{1A} . Entonces del sistema:

$$S_A - 2q_{1A}/S_A + q_{2A}/S_A - e = 0$$

$$S_A - q_{1A}/S_A + 2q_{2A}/S_A - t = 0$$

Multiplicando por (-2) la primera ecuación y sumando a la segunda se tiene:

$$-S_A + 3q_{1A}/S_A + 2e - t = 0$$

De donde despejando se obtiene:

$$q_{1A} = (S_A/3)(S_A - 2e + t).$$

Ahora de forma similar se obtiene q_{1B} . Es decir, dadas las funciones de beneficio anteriores para las empresas 1 y 2, al derivar y maximizar con respecto a las cantidades correspondientes se obtiene:

$$\partial\Pi_1/\partial q_{1B} = S_B - 2q_{1B}/S_B - q_{2B}/S_B - e - t = 0 \quad \text{y}$$

$$\partial\Pi_2/\partial q_{2B} = S_B - q_{1B}/S_B - 2q_{2B}/S_B = 0$$

Nuevamente notamos que ambas ecuaciones efectivamente tienen un máximo ya que

$$(\partial\Pi_1)^2/(\partial q_{1B})^2 = -2/S_B < 0 \quad \text{y} \quad (\partial\Pi_2)^2/(\partial q_{2B})^2 = -2/S_B < 0 \quad \text{ya que } S_B > 0.$$

Se forma el sistema $\partial\Pi_1/\partial q_{1B}$ y $\partial\Pi_2/\partial q_{2B}$. Multiplicando la primera ecuación por (-2) y sumando a la segunda se tiene:

$$-S_B + 3q_{1B}/S_B + 2e + 2t = 0$$

De donde despejando q_{1B} se obtiene que:

$$q_{1B} = (S_B/3)(S_B - 2e - 2t).$$

Entonces q_{1A} y q_{1B} son las cantidades óptimas de la empresa 1 para vender en ambos mercados. Ahora, para ver cuáles son los beneficios de la empresa 1 al producir sólo en Estados Unidos y desde allí abastecer ambos mercados evaluamos q_{1A} y q_{1B} en la función Π_1 . Cabe mencionar que esta función también aparece en términos de q_{2A} y q_{2B} por lo que para poder obtener los beneficios, se despejan estas cantidades de $\partial\Pi_2/\partial q_{2A}$ y $\partial\Pi_2/\partial q_{2B}$ respectivamente y se evalúan en la función mencionada. De esta forma se tiene que:

$$q_{2A} = (S_A/2)(S_A - q_{1A}/S_A - t) \text{ y } q_{2B} = (S_B/2)(S_B - q_{1B}/S_B)$$

Entonces, partiendo de la función de beneficios de la empresa 1 se tiene que:

$$\Pi_1(A,0) = (S_A - [q_{1A} + q_{2A}]/S_A - e)q_{1A} - E + (S_B - [q_{1B} + q_{2B}]/S_B - e - t)q_{1B} = (S_A/9)(S_A - 2e + t)^2 - E + (S_B/9)(S_B - 2e - 2t)^2.$$

Para el caso (A,B) la parte de la función de beneficios de la empresa 1 correspondiente al mercado en Estados Unidos (país A) permanece igual, ya que al seguir produciendo en su país de origen para abastecer el mercado local, sigue pagando el costo ambiental marginal e y el costo fijo E . Sin embargo, la parte de la función correspondiente al mercado mexicano (país B) se modifica, por lo que al producir la filial de la empresa 1 en México, se deja de gastar en los costos ambientales marginales, el costo fijo E y el costo de transporte t . Por lo que basta tomar $\partial\Pi_1/\partial q_{1B}$ para maximizar y encontrar el valor de q_{1B} . Procediendo de forma análoga al caso anterior para encontrar q_{1B} , se tiene que:

$$q_{1B} = (S_B)^2/3$$

Entonces al evaluar q_{1A} y q_{1B} en la función de beneficios, se tiene:

$$\Pi_1(A,0) = (S_A - [q_{1A} + q_{2A}]/S_A - e)q_{1A} - E + (S_B - [q_{1B} + q_{2B}]/S_B)q_{1B} - F = (S_A/9)(S_A - 2e + t)^2 + (S_B/9)(S_B)^2 - F - E$$

Por último, para el caso (0,B) en el cual la empresa 1 traslada toda su producción al país B, se tiene nuevamente que $q_{1B} = (S_B)^2/3$, mientras que la parte que corresponde a los beneficios obtenidos en el mercado del país de origen de la empresa 1, se modifica al prescindir de los costos ambientales fijos y marginales, considerando ahora sólo las tarifas de transporte y aranceles, quedando la función de beneficios de la empresa 1 como:

$$\Pi_1(0,B) = (S_A - [q_{1A} + q_{2A}]/S_A - t)q_{1A} + (S_B - [q_{1B} + q_{2B}]/S_B)q_{1B} - F$$

Por lo que al derivar y maximizar respecto a q_{1A} se tiene que:

$$q_{1A} = S_A(S_A - t)/3$$

Al evaluar las q_{1A} y q_{1B} en la función de beneficios se obtiene:

$$\Pi_1(0,B) = (S_A - [q_{1A} + q_{2A}]/S_A - t)q_{1A} + (S_B - [q_{1B} + q_{2B}]/S_B)q_{1B} - F = (S_A/9)(S_A - t)^2 + (S_B/9)(S_B)^2 - F$$

Bibliografía

Barbier Edward y Hultberg Patrick (2007), Economic integration, environmental harmonization and firm relocation. *Environmental and Development Economics*, Vol. 12, pp 379-401.

Barde, Jean Philippe (2002), “Historia y evolución de los instrumentos fiscales relacionados con el medio ambiente en los países de la OCDE” en Moreno Arellano Graciela, Mendoza Sánchez Paola, Ávila Forcada Sara compiladores (2002). *Impuestos Ambientales. Lecciones en países de la OCDE y experiencias en México*. Instituto Nacional de Ecología, pp. 13-32.

Crenson, Matthew (1971), *The un-politics of air pollution, A study of non-decisionmaking in the cities*, The Johns Hopkins University Press. USA.

Fernández, Jorge (2010), *Teoría de Juegos: su aplicación en economía*, 2ª ed. México D.F.: El Colegio de México.

Fernández, Oscar (1999), “Efectos de la aplicación de un impuesto neutral en México: análisis mediante un modelo de equilibrio general computable “ en Mercado Alfonso (coordinador) (1999). *Instrumentos económicos para un comportamiento empresarial favorable en México*, El Colegio de México y Fondo de Cultura Económica.

Goodstein Eban (2003), The death of the pigovian tax? Policy implications from the double dividen debate, *Land Economics*, Vol. 79 No. 3, pp. 402-414.

Heady, Christopher (2002), “Opciones para el uso de recursos fiscales derivados de impuestos ambientales” en Moreno Arellano Graciela, Mendoza Sánchez Paola, Ávila Forcada Sara compiladores (2002). *Impuestos Ambientales. Lecciones en países de la OCDE y experiencias en México*. Instituto Nacional de Ecología, pp. 63-75.

Jenkins, Rhys (1998), Globalización y contaminación industrial en México y Malasia, *Revista de Comercio Exterior*, Vol. 48. No. 12 pp. 966-975.

Lave L., Krishna R. y Joshi S. (2001), Estimating the hidden cost of environmental regulation, *The Accounting Review* Vol. 76, No. 2 pp. 171-198.

Levinson A. (1996), Environmental regulations and industry locations: international and domestic evidence, en J. Bhagwati y R. Hudec (eds), *Fair Trade and Harmonization*, Cambridge, MA:MIT Press.

Markusen James, Morey Edward y Olewiler Nancy (1991), Environmental policy when market structure and plant locations are endogenous, National Bureau of economic research, 1050 Massachusetts Avenue Cambridge.

Morgenstern Richard, Pizar William, Shih Jhih-Shyang (2001). The Cost of Environmental Protection, *The Review of Economics and Statistics*, Vol 83, No. 4, pp 732-738 The MIT Press.

Mulato A. Gerlagh R. Wossink A. and Rigby D. (2010). Environmental Regulation and Industry Location in Europe, *Environ Resource Econ* 45:459-479.

Pérez Rosario, Ávila Sophie, Aguilar Alfonso (2010). Introducción a las economías de la naturaleza, Instituto de Investigaciones Económicas, Universidad Nacional Autónoma de México.

O'Connor, David (1998), Regulación ambiental e instrumentos económicos, *Comercio Exterior*, Vol. 48. No. 12 pp. 956-959.

Urquidi, Víctor (1998), Economía ambiental: una aproximación, *Comercio Exterior*, Vol. 48. No. 12 pp. 951-955.

Temurshoev, Umed (2006), Pollution Haven Hypothesis or Factor Endowment Hypothesis: Theory and Empirical Examination for the US and China, CERGE-EI Prague.

Tholkappian, S. (2005), Environmental regulation: hidden cost and empirical evidence, *Economic and Political Weekly*, Vol. 40 No. 9 pp. 856-859.

Webb, James (2007), *Game Theory, Decisions, interaction and evolution*, Springer Undergraduate Mathematics Series, Londres.

Xing Yuqing (2006), Strategic environmental policy and environmental tariffs, *Journal of Economic Integration* Vol. 21 No. 4 Diciembre 2006, pp 861-880.

Zapata Lillo, Paloma (2007), *Economía, política y otros juegos, Una introducción a los juegos no cooperativos*, 1ª edición, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias.