UNIVERSIDAD VERACRUZANA

Universidad Veracruzana
Maestría en Economía Ambiental y Ecológica

Facultad de Economía

Maestría en Economía Ambiental y Ecológica

Efectos de la aplicación de un impuesto ambiental al CO_2 en México: Análisis mediante un Modelo de Insumo-Producto

TESIS

PARA ACREDITAR EL GRADO DE

Maestro en Economía Ambiental y Ecológica

PRESENTA

Lic. Yareli Betancourt Rodríguez

DIRECTOR

Dr. Edgar J. Saucedo Acosta

Xalapa, Ver. a 30 de Junio del 2015

Agradecimientos

Esta tesis ha sido el resultado de mucho esfuerzo y dedicación, pero no hubiera sido posible sin la ayuda desinteresada de distintas personas que en conjunto con mi trabajo han contribuido a llegar a concluir esta investigación.

Antes que nada quiero agradecerle a Dios, por siempre cuidar cada uno de los pasos, por fortalecer mi mente y corazón, por darme las herramientas para tomar las mejores decisiones. También le doy gracias por haber puesto en mi camino a cada una de las personas que he conocido a lo largo de estos dos años, que me han enseñado a ser más fuerte y he aprendido lo mejor de cada uno de ellas.

En especial agradecimiento quiero nombrar a mis padres Hipólito y Teresa, sin ellos no sería la persona que soy hoy en día, gracias por forjarme valores, que me definen como persona y sobre todo por siempre creer en mí y darme su apoyo de manera incondicional. Con todo mi cariño y amor para ustedes que han hecho todo lo que está a su alcance para que pueda lograr mis sueños, a ustedes por siempre mi corazón y agradecimiento. Sin su motivación nada de esto sería posible, son mi pilar y fortaleza, agradezco a dios por haberme dado unos padres tan maravillosos.

También parte de este logro es debido a mis hermanos y sobrinos, que me han impulsado en cada momento, sus palabras me han alentado a seguir y demostrar a los demás que no existen limitantes cuando se quiere salir adelante. Otra mención especial es para Omar, por siempre haber estado allí, en el momento de mis crisis nerviosas, por haber sido un soporte importante que me ha ayudado a concluir esta meta, por tu comprensión y cariño.

Dedo agradecer de manera especial y sincera al Dr. Edgar Saucedo por aceptarme para realizar bajo su dirección esta tesis. Su apoyo y si confianza en mi trabajo y su capacidad para guiar mis ideas han sido un aporte invaluable, no solo en el desarrollo de esta tesis, sino también en mi formación como investigador. También quiero expresar mi agradecimiento al Dr. Oscar Fernández profesor investigador del Colegio de México A.C. por haber contribuido de manera importante en el desarrollo de esta tesis, su apoyo fue fundamental en la elaboración de esta investigación. Debo destacar su disponibilidad de tiempo y paciencia para aclarar en cada momento mis dudas.

A mis amigos que nos apoyamos mutuamente en este camino que decidimos iniciar juntos, espero y continúe con el paso del tiempo esta amistad. A Fernanda y Areli, por ser mis porristas oficiales y alentarme en cada momento de mi vida.

A mis profesores, que son parte esencial de este logro, gracias por enseñarme, aconsejarme e instruirme, les agradezco por su apoyo, dedicación y experiencia. Especialmente quiero agradecer a mi comité tutorial la Mtra. Katia Romero León, al Dr. Marco Méndez Salazar y al Dr. Jesús Díaz Pedroza, por todas sus recomendaciones que permitieron el fortalecimiento de esta investigación.

Finalmente agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), a la Universidad Veracruzana y a la Maestría en Economía Ambiental y Ecológica por su apoyo y patrocinio para poder realizar mis estudios de Posgrado.

Tabla de Contenido

ÍNDICE DE GRÁFICAS 5
ÍNDICE DE TABLAS 5
Resumen 6
Abstract 7
INTRODUCCIÓN 9
1.- El cambio climático 15
1.1.-El cambio climático características y consecuencias 15
1.2.- Factores que aceleran el cambio climático 16
1.3.- Contexto internacional y nacional del Cambio Climático 19
1.4.-Principios rectores de la política nacional de Cambio climático 20
2.- Costo Externo 23
2.1.- Las externalidades consecuencias de la irracionalidad económica 23
2.2.- ¿Qué son las externalidades y/ costo externo? 24
2.3.- Implicaciones de las externalidades 30
2.4.- Mecanismos de internalización de las externalidades 32
2.5.- Impuestos Pigouvianos 36
2.6.- Teorema de Coase 38
2.7.- Instrumentos de la política económica 40
2.8.- Historia de los impuestos y del gasto 42
2.9.- Características de los Impuestos ambientales y su impacto distributivo 43
3.- Doble Dividendo 45
3.1.- El efecto del Doble Dividendo en una Política Fiscal Verde y el cambio climático 45
3.2.- ¿Qué es el doble dividendo? 47
3.3.- Tipos de doble dividendo 48
3.4.- Beneficios de un doble dividendo 50
3.5.- Interacciones entre un impuesto ambiental y las distorsiones creadas por el sistema 51
3.6.- El Doble Dividendo y los impuestos ambientales sobre el CO_2 52
3.7.- La eco-innovación, las externalidades y el doble dividendo 55
4.- Aplicaciones medioambientales del Modelo Insumo Producto 58
4.1.- Modelo Insumo-Producto vs Modelo de Equilibrio General 58

4.2.- Efectos de la aplicación de un impuesto ambiental al CO_2 en México: Análisis mediante un Modelo de Insumo-Producto 59
4.3.- Modelo Insumo Producto 61
4.4.- Algunos supuestos del modelo 63
4.5.- Estructura de la Matriz Insumo- Producto 64
4.6.- Modelo Insumo-Producto de Leontief 64
4.7.- Coeficientes Técnicos de Leontief 65
4.8.- Modelos ambientales de Insumo-Producto 66
4.9.- La construcción de matrices de insumo- producto 68
4.10.- Modelo de Insumo-Producto con aplicaciones al Medio Ambiente para México ... 69
4.11.- Identificación de ramas contaminantes de CO_2 70
4.12.- Metodología de insumo-producto: el modelo y sus escenarios 74
4.13.- Metodología 75
4.14.- Aplicación de la Tecnología de Leontief 77
4.15.- Aplicaciones 77
4.15.1.- EJEMPLO 1: Variación en las exportaciones en el sector petrolero 77
4.15.2.- EJEMPLO 2: Disminución de la contaminación 80
4.15.3.- EJEMPLO 3: Aplicación de un impuesto ecológico 90
4.15.4.- EJEMPLO 4: Cambio Tecnológico 92
5.- Conclusiones del análisis y sugerencias del impuesto 95
5.1.- Recomendaciones para una política impositiva ambiental que estimule la innovación y mejore el medio ambiente. 104
6.- BIBLIOGRAFÍA 108
ANEXO 1 114

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1.1.- Externalidad negativa 28
Gráfica 1.2.- Los costes externos y los resultados del mercado 29
Gráfica 1.3.- Nivel eficiente de producción de un bien público 31
Gráfica 1.4.- Nivel óptimo de contaminación 34
Gráfica 1.5.-Impuesto Pigouviano 38
Gráfica 1.6.- Transición tecnológica propuesta por Moser (1966) 57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1- Interpretaciones del Teorema de Coase 40
Tabla 1.2- Representación de una Matriz Insumo- Producto 63
Tabla 1.3.- Matriz de Insumo-Producto y Cuentas Nacionales 69
Tabla 1.4.- Matriz Simétrica Total de Insumo-Producto (Industria por Industria) Por Subsector de actividad. 71
Tabla 1. 5.- Emisiones de CO_2 en términos absolutos por rama en México, 2008 72
Tabla 1.6.- Coeficientes de emisión por rama económica en México, 2008. 73
Tabla 1.7.- Matriz 20x20 que representa el esquema de la producción de la economía mexicana, 2008 75
Tabla 1.8.-Reducción de la Contaminación 87
Tabla 1.9.- Matriz Insumo-Producto 89
Tabla 1.10.- Efecto de un impuesto ecológico en los precios 92
Tabla 1.11.- Resultados de un Cambio Tecnológico 94

Resumen

En esta investigación se analizan los efectos de un impuesto ambiental al CO_2 sobre las actividades económicas, principalmente el comportamiento de variables como la producción y el trabajo. Se elabora un comparativo del antes y el después del impuesto ambiental, estableciendo distintos escenarios que permiten ver los efectos ante circunstancias distintas en la aplicación del impuesto a los sectores contaminantes. Se pueden ver los principales efectos acarreados para la economía mexicana y el medio ambiente.

El estudio comprende el cálculo de las emisiones de CO_2 por rama económica, la identificación de sectores estratégicos en la estructura de la economía. El planteamiento de diferentes escenarios hipotéticos que permiten analizar los efectos de un eco-impuesto y finalmente se analiza los efectos de un cambio tecnológico en los tres principales sectores contaminantes y la manera en que este cambio incidiría para alcanzar objetivos económicos y ambientales. La idea es ver en qué medida el uso de tecnologías más eficientes aplicadas en sectores clave puede hacer posible la reducción de CO_2 bajo diferentes escenarios de aplicación del impuesto.

Para analizar los efectos del eco-impuesto se utiliza la metodología de insumo-producto que permite establecer distintos escenarios hipotéticos, donde la variación en los precios tiene efectos directos sobre la producción y el empleo, en cada una de las ramas económicas que la integran, las emisiones de CO_2 son consideradas como externalidades negativas asociadas a la producción.

Para guiar este análisis, se comienza dando una visión de lo que es el cambio climático y se analiza como un problema con características muy especiales, debido al alcance global que presenta y a la influencia en diversos sectores de la sociedad que va desde el ámbito económico, político y social; también se abordan los problemas ambientales que se experimentan en el planeta y que son ocasionados principalmente por la contaminación antropogénica, específicamente la contaminación atmosférica y las externalidades que de esta emanan que son analizadas como variables económicas y por tanto pueden ser tratadas en términos económicos.

El análisis económico del cambio climático se ha convertido en un instrumento fundamental para identificar y medir los principales medios de transmisión de los efectos climáticos, pero principalmente para diseñar un plan eficaz y eficiente de acción. Esto implica el establecimiento de una estrategia de desarrollo económico socialmente incluyente y con bajas emisiones de CO_2. La instauración de una política fiscal ambiental en México, representada por un impuesto a las emisiones

en este caso de CO_2 representaría un adelanto en cuestiones relacionadas con la protección ambiental.

Posteriormente se analizan los efectos que un impuesto ambiental tendría tanto en la economía como en el medio ambiente. Los resultados pueden contribuir a generar un conocimiento previo que sirva de base para la toma de decisiones y el establecimiento de políticas fiscales. Un impuesto ambiental en México permitirá reducir las emisiones de CO_2 y contribuir a la mitigación del cambio climático. El desarrollo de políticas fiscales e instrumentos económicos con enfoque climático impulsará la promoción de un desarrollo económico bajo en emisiones y elevará la competitividad.

Palabras clave: cambio climático, insumo-producto, sectores, externalidades, mitigación, cambio tecnológico.

Clasificación del Journal of Economic Literature (JEL): C67, D62, Q54, Q55.

Abstract

In this research the effects of ambient CO_2 tax on economic activities are analyzed, mainly the behavior of variables such as production and labor. Also a comparison of before and after the environmental tax is established while outling different scenarios that allow you to see effects to different circumstances on the application of the tax on polluting sectors. It will also show the variations and effects on the Mexican economy and the environment.

The study comprises calculating CO_2 emissions by the economic sector, identifying strategic sectors in the structure of the economy. Also the approaches of different scenarios that analyze the effects of an eco-tax and finally analyzes the effects of a technological change in the three main polluting sectors and how this change would affect the achievement economic and environmental objectives. The idea is to see to what extent the use of more efficient technologies used in key sectors can make possible the reduction of CO_2 using different scenarios to apply the tax.

Analyze the effects of eco-taxes, the input-output methodology that allows for different scenarios, where the variation in prices has a direct impact on production and employment uses in each of the economic sectors that comprise it, CO_2 emissions are considered negative externalities associated with production.

To guide this analysis, it begins with an overview of what climate change is and analyze it as a problem with very special characteristics due to the global reach and

influence posing in various sectors of society; ranging from the economic, to political and social; environmental problems experienced on the planet that are caused mainly by anthropogenic pollution, particularly air pollution and the externalities of this emanate which are analyzed as economic variables and therefore can be treated in economic terms.

The economic analysis of climate change has become a key to identify and measure the main means of transmission of climatic effects, but mainly to design an effective and efficient plan of action instrument. This involves establishing a strategy of socially inclusive economic development and low CO_2 emissions. The introduction of an environmental tax policy in Mexico, represented by a tax on emissions of CO_2 in this case would represent an advance on issues related to environmental protection.

Subsequently the effects of an environmental tax would have both the economy and the environment are analyzed. The results can help generate prior knowledge as a basis for making decisions and setting fiscal policies. An environmental tax in Mexico will reduce CO_2 emissions and contribute to climate change mitigation. The development of tax policy and economic instruments to promote climate-promoting economic development under emissions and raising competitiveness.

Key words: climate change, input-output, sectors, externalities, mitigation, technological change.

Classification of the Journal of Economic Literature (JEL): C67, D62, Q54, Q55.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento y desarrollo de la humanidad ha acarreado una serie de sucesos considerados tanto positivos, como negativos, que han arrojado en muchos campos de las ciencias diversos avances científicos, pero todo crecimiento de la humanidad trae como consecuencia algo devastador, en este caso, el desarrollo de la sociedad ha estado a expensas del deterioro ambiental, el calentamiento global y la extinción de diversas especies. El uso irracional de los recursos naturales tanto renovables como no renovables ha llevado a una degradación ecológica del planeta, éstos fueron considerados como un regalo eterno de la naturaleza, en donde se podrían extraer de forma ilimitada (Leff, 2004).

Las consecuencias han sido imprescindibles e incuantificables ya que no se previó el alcance que estas tendrían en perjuicio del medio ambiente; un crecimiento de forma ilimitada trae consigo un deterioro ambiental que afecta directamente al ecosistema al verse alterado en su funcionamiento; los procesos económicos acarrean la utilización de recursos naturales, aquí lo importante es poder establecer límites a esa forma de aprovechar los recursos y en su caso establecer una normatividad que regule la utilización de los mismos.

El Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC en terminología anglosajona) de las Naciones Unidas en su quinto informe llegó a esta conclusión (IPCC 2013) en los últimos 800 años, las concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso han aumentado a niveles sin precedentes. Las concentraciones de dióxido de carbono han aumentado en un 40% desde la era preindustrial debido, en primer lugar, a las emisiones derivadas de los combustibles fósiles y, en segundo lugar, a las emisiones netas derivadas del cambio de uso del suelo. Los océanos han absorbido alrededor del 30% del dióxido de carbono antropógeno emitido, provocando su acidificación.

Los efectos del cambio climático generan alteraciones en todo el ecosistema en el que se presenta, debido a que altera el funcionamiento del mismo, de igual manera genera consecuencias irreversibles que repercuten en la preservación y conservación del medio ambiente. Las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) causarán un mayor calentamiento y diferentes variaciones en el componente del sistema climático. Para poder contrarrestar esto, es urgente poder reducir de forma sustancial y sostenida las emisiones de GEI.

La gravedad de los problemas que se han generado necesita una reglamentación puntual que no solo trate de corregir los daños ya causados, sino que establezca medidas para prevenir las posibles afectaciones al medio ambiente. Han surgido diversos acuerdos de talla internacional donde se han estipulado diferentes

acuerdos en beneficio del medio ambiente, entre los que destacan el informe Brudtland, más tarde el protocolo de Kyoto, que destacan la importancia del medio ambiente.

En estos documentos se resalta lo que está sucediendo en el planeta a causa de las afectaciones que el ser humano origina al ecosistema, se vislumbran diversas iniciativas necesarias para tratar de atenuar los daños ocasionados al medio ambiente. La reducción de los gases de efecto invernadero (GEI), es una de las principales tareas que varios países alrededor del mundo tienen como objetivo, de esta iniciativa emana el protocolo de Kyoto.

Entre los principales objetivos del protocolo de Kyoto estaba reducir las emisiones de GEI en un 5.2% a nivel mundial para el año 2012, en comparación a lo emitido en el año de 1990. Las medidas que cada país se comprometió, son diversas y van desde establecer cuotas de emisiones hasta instaurar reglamentos tributarios que se basan en la fiscalidad sobre la cantidad de emisiones que arrojen a la atmósfera.

Los países pertenecientes a la Unión Europea implementan más este tipo de medidas de control de la contaminación. Países como Alemania e Italia han incluido impuestos al CO_2 como parte de su reforma tributaria. En estos países las modificaciones a su base tributaria ha ido acompañada de disminuciones en otro tipo de impuestos como lo son al capital o al trabajo, con el objetivo de no afectar tajantemente al contribuyente y ejercer un efecto negativo en la economía.

El comportamiento de las emisiones de CO_2 en la atmosfera en el caso específico de México provenientes del consumo de combustibles fósiles ha presentado incrementos considerables de 1990 al 2006 aproximadamente en un 25.6% según datos de la SEMARNAT (2012). México a nivel mundial en el año 2010 contribuyo en el 1.38% del total de las emisiones de CO_2 por consumo y quema de combustible fósil del total mundial.

El cobro de un impuesto a una actividad económica contaminante permite internalizar las externalidades e incluir el costo social en la actividad económica, de esta manera disminuir el desequilibrio que se genera entre el que contamina y el afectado. Existen numerosos casos de análisis referentes a los efectos que tiene la implementación de un impuesto ambiental en la economía y el efecto que ejerce sobre la contaminación.

Por mencionar dos casos internacionales tenemos: la política de mitigación del cambio climático y el doble dividendo: caso español, realizado por González y Gallastegui (2008), donde se analizan los efectos que ejerce un impuesto ambiental, mediante la utilización de un modelo de equilibrio general dinámico, en este análisis empírico se pone de manifiesto que no es posible encontrar un doble dividendo fuerte en los escenarios que se plantean. La reducción de impuestos al capital y al consumo disminuyen los costes de mitigación en mayor proporción que devolver las recaudaciones vía transferencia, en conclusión sus resultados muestran que la hipótesis del doble dividendo no está asegurada para todos los casos donde se aplique un impuesto verde.

Otro caso de análisis se encuentra en el trabajo realizado por Sánchez (2011), denominado reformas fiscales verdes y la hipótesis del doble dividendo: un ejercicio aplicado a la economía colombiana, analiza los efectos en la economía de un eco impuesto y utiliza un modelo de modelo de equilibrio general dinámico y estocástico, algunos de sus resultados de las simulaciones elaboradas arrojan como resultado que en Colombia si se debería de cumplir la hipótesis del doble dividendo, ya que al aplicar el eco-impuesto se incrementara tanto el bienestar social como la calidad de los servicios ambientales.

Los resultados obtenidos varían dependiendo del lugar en donde sea aplicado el impuesto y las condiciones exógenas en el que se desenvuelva. Pero el conocer los efectos que un impuesto ambiental tendrá en la economía abrirá un parte aguas para la toma de decisiones.

Por mencionar dos casos de análisis aplicados en México y que toman especial relevancia en esta investigación, son los trabajos realizados por Pablo Ruiz Nápoles (2008), denominado “Distribución de los costos del Cambio Climático entre los sectores de la Economía Mexicana”, donde estima el costo de oportunidad de la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI), así como el costo efectivo y relaciona como estas emisiones influyen en el nivel de productividad con el objetivo de disminuir la cantidad de contaminantes emitidos.

Otro trabajo importante fue el realizado por Oscar Fernández (1999), llamado “Efectos de la aplicación de un impuesto ecológico neutral en México: análisis mediante un modelo de equilibrio general computable”, donde estudia el impacto que un impuesto ecológico tendría sobre la economía mexicana y el medio ambiente, utiliza dos tipos de escenarios donde se supone la aplicación del impuesto de manera neutral y en el segundo no neutral. Ambas investigaciones mencionadas arrojan resultados interesantes que motivaron el estudio de una

manera diferente de las afectaciones de un impuesto ambiental en la economía mexicana en esta investigación.

La relevancia de esta investigación se enmarca principalmente en que para su elaboración se utilizó información disponible al público en general, la información utilizada es accesible, además de que se lleva a cabo el estudio de la imposición de un impuesto ambiental a un GEI específico al CO_2 a diferencia de los demás análisis que contemplan el total de las emisiones, donde es sabido que el CO_2 es el principal gas que acelera el cambio climático y con esto se ataca el problema de raíz. Cabe mencionar que para el caso de México no existe una investigación de este tipo, donde se puedan mostrar los efectos económicos –principalmente en las variables producción y empleo- y ambientales de un impuesto ecológico al CO_2. Los análisis que existen se enfocan en medir la variación en los precios y no permiten ver de manera clara, cuál sería el efecto central en el conjunto de la economía, así como sí sería posible alcanzar la meta de reducción de la contaminación que se planeta.

Se hace una aportación importante al establecer cuatro escenarios hipotéticos que podrían ser utilizados para aplicar el impuesto, donde se permite ver el efecto regresivo que se ocasionaría, bajo distintos contextos de imposición. Además de plantearse de manera novedosa la aplicación del impuesto sobre la producción para disminuir la contaminación, se establece una solución alterna para revertir los efectos regresivos de la política fiscal, se propone un cambio tecnológico como una medida viable que permita alcanzar objetivos ambientales sin sacrificar las metas económicas y permite ver la diferencia que se ocasiona en el sistema económico ante la fijación de un impuesto sobre la producción o la imposición del impuesto gestionando un cambio tecnológico, para México no existe un análisis de tal magnitud que comparara dichos escenarios, como el elaborado en esta investigación.

Un punto de especial relevancia es que se hace uso de un Modelo Insumo –producto que a diferencia de los modelos de equilibrio general necesitan una menor cantidad de información por lo que facilita su elaboración, la metodología utilizada permite obtener escenarios diferentes, que incorporan las posibles situaciones en las que se aplicaría un impuestos ambiental, esto puede facilitar a los tomadores de decisiones elegir la mejor alternativa que afecte en menor medida la economía y de manera simultánea se logren alcanzar objetivos ambientales. Las acciones en pro del medio ambiente, específicamente las relacionadas a mitigar los efectos del cambio climático requieren una acción conjunta entre los diferentes sectores y gobiernos mundiales, donde las estrategias se dirijan a un objetivo en común en este caso atenuar las emisiones de GEI y se marquen líneas

de acción precisas adecuadas a diferentes contextos económicos. Políticos y sociales.

Considerando lo relevancia antes mencionada surge la necesidad de establecer estudios encaminados al análisis de las acciones ambientales en pro del medio ambiente por tal motivo, el objetivo general de este trabajo es evaluar los efectos que tendría en la economía mexicana la instauración de un impuesto a las emisiones de CO_2 aplicado directamente sobre la producción o gestionando la inclusión de un cambio tecnológico.

Para poder alcanzar este objetivo general, es necesario analizar de manera simultánea ciertos objetivos específicos como son: identificar los sectores estratégicos sobre los cuales se concentran las emisiones de CO_2, analizar el impacto del impuesto sobre las actividades económicas, principalmente el comportamiento de variables como el capital y el trabajo y elaborar un comparativo donde se enmarque el antes y el después del impuesto y permita ver los principales efectos acarreados para la economía mexicana y el medio ambiente y finalmente analizar los efectos que un cambio tecnológico ejercería sobre la economía y el medio ambiente.

A raíz de la instauración de un impuesto a la contaminación de CO_2 inevitablemente aumentaría la cantidad de impuestos que recaerían sobre el contribuyente, para mitigar el impacto de un impuesto a las emisiones de CO_2 se puede aplicar la hipótesis del doble dividendo, con lo cual se fundamenta la teoría de que al momento de aumentar la carga al contribuyente se puede atenuar este aumento impositivo mediante la disminución de otros impuestos como lo son al capital y al trabajo. Así se podría equilibrar la carga al contribuyente, como medida complementaria y para poder medir los efectos de un impuesto aplicado no directamente sobre la producción, se establece un impuesto que induzca un cambio tecnológico, como una alternativa que permita alcanzar objetivos ambientales, a la par que gestiona mejoras en la economía al volver más eficiente el proceso de producción.

La pregunta de investigación queda planteada de la siguiente manera: ¿La imposición de un impuesto ambiental al CO_2 en México contribuye a alcanzar metas de reducción de la contaminación sin ejercer un efecto regresivo sobre el crecimiento económico?

La hipótesis que se utilizará en este trabajo es: la aplicación de un impuesto ambiental al CO_2 en México, aunado a un cambio tecnológico, permite disminuir la

contaminación y al mismo tiempo potenciar el crecimiento económico del país, alcanzando un doble dividendo positivo.

El procedimiento necesario para poder evaluar los efectos que tiene un impuesto ambiental sobre las principales variables económicas (capital y trabajo), se utiliza un modelo de insumo-producto y se analizan las afectaciones que se tendría en la economía ante diferentes situaciones, la primera que se plantea es una variación en las exportaciones de petróleo, posteriormente se establecen cuatro escenarios hipotéticos, donde el principal objetivo se basará en alcanzar un nivel de reducción de la contaminación mediante diferentes medidas de mitigación en los cuales se pueden apreciar las afectaciones económicas necesarias para lograr los objetivos ambientales y finalmente se simula un cambio tecnológico como resultado en el largo plazo del impuesto ambiental y se muestran los resultados.

Para lograr este análisis se utiliza información referente a la Matriz Insumo Producto (MIP), INEGI, 2008 y a los Inventarios Nacionales de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INEGEI) 1990-2010, SEMARNAT, los datos que se utilizan son los referentes al 2008, debido a la necesidad de establecer una relación entre los datos publicados por el INEGI y por la SEMARNAT y son para dicho año donde se dispone de la información pertinente para poder llevar a cabo el análisis.

Se considera una economía que consta de 20 sectores los cuales engloban el total de las 79 ramas de la Matriz Insumo-Producto del 2008. Los requerimientos técnicos de insumos y empleo, así como el producto de cada uno de los 20 sectores y las emisiones de CO_2. Se aplica la metodología de Leontief para calcular los coeficientes técnicos de trabajo, capital y contaminación.

Con la finalidad de cumplir el objetivo de la investigación y de poner a prueba la hipótesis, los resultados se exponen a lo largo de cuatro capítulos. El primer capítulo tiene como objetivo presentar el contexto del cambio climático, características y consecuencias, así como los principales rectores de la política nacional de cambio climático en México. Una vez presentado un contexto general del cambio climático en el capítulo dos se plantea lo concerniente al costo externo y se define de manera amplia el concepto de externalidad y la manera en que este término se ha aplicado a contextos ambientales, así como las herramientas económicas utilizadas para internalizar los costos externos.

En el capítulo tres se aborda la hipótesis del doble dividendo y las interacciones que se dan entre los impuestos y los objetivos ambientales, además se establece el planteamiento de la eco-innovación como un medio para alcanzar una reducción en la contaminación y un crecimiento económico; en el capítulo cuatro se describe la

metodología a utilizar en la investigación, se plantean los supuestos a utilizar, se llevan a cabo aplicaciones medioambientales del Modelo de Insumo-Producto y se exponen algunas recomendaciones de políticas a medida de conclusión.

1.- El cambio climático

1.1.-El cambio climático características y consecuencias

El tema del cambio climático es controversial debido a la cantidad de información referente al tema y a las múltiples interpretaciones que se le ha dado, en 1992 la Convención Marco de las Naciones Unidas (1992), definió el termino de cambio climático como una variación de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmosfera mundial y se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables.

El cambio climático simboliza un problema complejo para la economía, tanto por sus orígenes como por su desarrollo y principalmente por sus consecuencias: es el mayor ejemplo nunca visto de fallo del mercado, una externalidad negativa de índole mundial en la medida que las diferentes actividades económicas emiten a la atmosfera, sin costo económico alguno Gases de Efecto Invernadero (GEI), que ocasionan cambios negativos al medio ambiente y crean costos externos que no son absorbidos por el sistema económico y son trasladados a la sociedad en forma de efectos ocasionados por el cambio climático. Por tanto, el análisis económico orientado a las variaciones climáticas y sus efectos debe ser global, tratar horizontes temporales de largo plazo, tener en su núcleo de análisis el riesgo y la incertidumbre como piezas clave, y deben examinar la posibilidad de cambios mayores, no marginales (Stern 2007).

El cambio climático es un problema con características únicas, sus consecuencias son de tamaño mundial, sus impactos de mediano y largo plazo y afecta a todos los procesos existentes en el planeta llámense económicos, políticos, naturales y sociales. La amenaza de un cambio climático de magnitudes globales impone un gran desafío para los encargados de la elaboración de las políticas públicas.

El cambio climático es uno de los principales retos a nivel mundial del siglo XXI considerando las características globales y asimétricas que presentará. En el contexto mundial, las consecuencias de los cambios, la adaptación a nuevas condiciones y la implementación de los procesos de mitigación de los GEI necesitan la realización de esfuerzos de tal magnitud, que atribuirán la necesidad de redefinir el estilo de desarrollo en un nuevo marco de desarrollo sostenible (CEPAL 2015).

Uno de los problemas que genera es la incertidumbre al no tener la certeza de las afectaciones reales que ocasionará un aumento de la temperatura del planeta, los efectos variaran de región a región, por lo que las consecuencias serán diferentes en cada lugar del mundo. Esto provoca que la elaboración de políticas para proteger a la naturaleza y a los humanos se vuelva más compleja, más aún cuando se necesita la cooperación internacional para la elaboración e implementación de políticas y reglamentos en pro del medio ambiente.

El cambio climático tendrá consecuencias tanto positivas como negativas en los ecosistemas y en la economía, pero hay que tener en claro que cuando más veloces sean los cambios, más predominantes serán los efectos adversos que se presenten, ya que los procesos de adaptación no tendrán tiempo suficiente para hacer frente a los nuevos escenarios climáticos.

Dentro de algunas características del cambio climático está el aumento de la temperatura media global, precipitaciones y fenómenos hidrometeorológicos más frecuentes y de mayor amenaza, el deshielo de los glaciares que aumentara la cantidad de dióxido de carbono, lo cual acelerara el calentamiento global, aumento en las temperaturas oceánicas y elevación de la acidez del mar. Como se puede ver las afectaciones que están por venir son aterradoras y se necesita establecer acciones inmediatas de forma conjunta para que estas tengas repercusión de manera global.

Otros efectos que se presentarán son: la elevación del nivel del mar, periodos de sequias más prolongados e inundaciones más frecuentes, lo que va a generar desplazamientos de la población (refugiados climáticos), de igual forma el aumento de la temperatura extenderá el radio de influencia de las enfermedades que antes solo se daban en zonas tropicales o cálidas.

En cuanto a la fauna si se da un cambio brusco y no da tiempo para que las especies se adapten esto va a generar variaciones en la cadena trófica, el cambio de clima hará que muchas especies se tengan que desplazar y mucha fauna desaparecerá. Las alteraciones en los ecosistemas serán inconmensurables.

1.2.- Factores que aceleran el cambio climático

El cambio climático global puede parecer un proceso lento en la escala mundial, sin embargo en muchas partes de la tierra las actividades humanas sobre el medio ambiente pueden ser la causa del aceleramiento de los cambios bruscos e irreversibles de la temperatura global. Las causas antropogénicas causan que el

sistema climático de la tierra este presentando variaciones de la temperatura, que nunca antes vistas en tan corto periodo de tiempo (100 años).

El Panel Intergubernamental del Cambio climático (IPCC), ha declaro abiertamente que el calentamiento del planeta es inequívoco, desde la revolución industrial se han dado aumentos considerables en la temperatura, esto ocasionado por el aumento desmedido del uso de los derivados de los hidrocarburos.

En las últimas décadas se ha identificado un importante incremento en la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) que alteran la composición química atmosférica. Esta concentración prácticamente ha alcanzado las 400 partes por millón, colocándose 40% por encima de los valores medios registrados en el último medio millón de años. Lo anterior tiene como consecuencia el incremento en la temperatura promedio del planeta, la cual podría llegar a sobrepasar los 4°C hacia finales de siglo (Lüthi *et al*.: 2008).

El IPCC (2007) ha llegado a la conclusión que uno de los principales factores que está acelerando los cambios tan drásticos en la temperatura de la tierra son los Gases de Efecto Invernadero (GEI), que se inyectan de manera diaria a la atmósfera como resultado de las actividades cotidianas.

Los cambios en las concentraciones atmosféricas de aerosoles y de gases que generan el efecto invernadero, ocasionan variaciones en la cobertura vegetal y en las radiaciones solares, esto contribuye a alterar el equilibrio energético (variaciones en la temperatura) e impulsa el cambio climático. La mayor parte del calentamiento observado a lo largo de los últimos 50 años es probablemente debido al aumento de las concentraciones de gas con efecto invernadero.

Los científicos han llegado a un creciente consenso en el sentido de que el aumento de las concentraciones de dióxido de carbono (CO_2) y otros gases de efecto invernadero, que resultan de la combustión de combustibles fósiles, están calentando gradualmente el clima de la Tierra. La cantidad total de daños asociados con este calentamiento es aún incierta, pero hay algún riesgo de que pueda ser considerable y quizá, incluso, catastrófica. Reducir este riesgo requeriría disminuir el crecimiento de las emisiones de CO_2, lo que implicaría costes que también son inciertos pero que podrían ser sustanciales (Vergara 2009).

Hasta ahora queda claro que los seres humanos somos un elemento que con las actividades que realizamos para poder satisfacer las necesidades, contribuimos gravemente a emitir a la atmosfera gases que aceleran el efecto de la variación de la temperatura. El aumento de las emisiones de CO_2 provoca un incremento de la

concentración de este gas en la atmosfera, lo que a su vez ocasiona que la temperatura media del planeta y de la atmósfera aumente. Las moléculas de CO_2 retienen una parte de las radiaciones infrarrojas y, al crecer la concentración de CO_2, la temperatura del planeta aumenta.

Retomando lo anterior, es indispensable establecer acciones que ayuden a disminuir las emisiones de CO_2 que se emiten a la atmósfera, de lo contrario se estará contribuyendo a acelerar más el cambio climático y las consecuencias vendrán rápidamente. Las evidencias actuales advierten que no existen metas de mitigación comprometidas por los países que permitan controlar los GEI que ocasionan y aceleran el cambio climático y así poder limitar el aumento de la temperatura media a un rango que no sobrepase los 2°C.

Según la CEPAL en su informe para América Latina y el Caribe 2015, sería necesario como medida para estabilizar el clima a nivel mundial transitar de una producción per cápita de 7 toneladas de GEI hoy en día a 2 toneladas para el 2050. Este cambio tan importante necesita de un cambio profundo en la matriz energética y la infraestructura disponible, si se requiere alcanzar esta meta es indispensable transitar hacia tecnologías menos contaminantes y más amigables con el medio ambiente[1].

La estructura productiva en la actualidad es poco eficiente cuando se trata de medir las afectaciones ambientales que genera, la infraestructura específica en cada sector industrial es obsoleta para mitigar los GEI, el paradigma tecnológico dominante que existe en los países en desarrollo entre ellos México se caracteriza por presentar escasa innovación, los incentivos económicos y los subsidios a la producción en lugar de ser benéficos para fomentar una innovación tecnológica, parecen ser paliativos meramente para continuar con una producción ineficiente, todo esto en su conjunto establece una senda de baja sostenibilidad ambiental (CEPAL 2014a).

Se ha observado a nivel internacional que los efectos derivados del cambio climático son complejos y variados en función de distintas variables y condiciones socioeconómicas y tecnológicas de las unidades de producción de cada uno de los países donde se presentan las variaciones climáticas. Los efectos del cambio climático incidirán directamente en las tasas de crecimiento económico y a su vez esto afectara de manera directa la calidad de vida de la sociedad, impactando de manera negativa los índices de pobreza y las condiciones sociales.

[1] En 2011 a nivel global se emitieron 6.6 toneladas de GEI per cápita (medida en CO_2), mientras que en América Latina se alcanzaron las 7 toneladas (CEPAL 2015).

1.3.- Contexto internacional y nacional del Cambio Climático.

El cambio climático es un reto global que necesita acciones conjuntas de todos los países, para poder enfrentar este gran fenómeno que se ha ocasionado, es indispensable establecer estrategias desde el interior de cada nación donde se alineen a características que permitan integrar el contexto económico, político y social del entorno en un solo objetivo, que se enfoque en la mejora sustancial del medio ambiente.

Desde hace ya más de dos décadas, la respuesta que se ha tomado internacionalmente frente al cambio climático ha tenido eco, la convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático establece un conjunto de estrategias cuya finalidad es estabilizar las emisiones de GEI en la atmósfera de tal forma que permita poder alcanzar un desarrollo sustentable.

Desde 1962 se firmó en la cumbre de Río donde se celebró la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, un acuerdo de talla internacional en el cual los países desarrollados (aquellos que emitían más del 60% de las emisiones de bióxido de carbono) se comprometieron a reducir sus GEI a niveles que tenían antes de 1990.

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático establece una serie de mecanismos cuyo objetivo es estabilizar las concentraciones de GEI en la atmósfera de manera tal que permita el desarrollo sustentable.

Años más tarde en 1997 se elaboró el Protocolo de Kioto, que reforzaba las acciones acordadas en Río, donde este acuerdo internacional tiene por objetivo la reducción de 6 gases contaminantes que aceleran el calentamiento global, entre ellos figuran: el dióxido de carbono (CO_2), gas metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), hidrofluorocarbonados (HFC), perfluorocarbonados (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF_6), en un porcentaje al menos del 5% dentro del periodo del 2008 al 2012. Aunque este protocolo fue elaborado en 1997, entro en vigor hasta el 16 de febrero del 2005 (Naciones Unidas: 1998).

Como los objetivos de este protocolo no se alcanzaron en el plazo establecido en la décimo octava conferencia de las partes (COP18) sobre el cambio climático se ratificó un segundo periodo que abarca de enero del 2013 a diciembre del 2020. Entre los nuevos planteamientos está el reducir las emisiones un 20% menos comparado con las emisiones en 1990.

En el contexto nacional México es altamente vulnerable ante los efectos que el cambio climático pueda ocasionar, bajo esta problemática la adaptación debe de

ser una pieza clave de la estrategia nacional contra el cambio climático. Referente a las emisiones de CO_2, en el 2011 contribuyo con un 1.4% de las emisiones globales, México es el décimo segundo país con mayores emisiones en el mundo (Agencia Internacional de Energía 2012).

En México fue a partir de 1980 cuando se incorporó en la agenda política los temas ambientales, en el Plan Nacional de Desarrollo 1983-1988 correspondiente a Miguel de la Madrid se incluyó por primera vez el tema ecológico como un elemento clave para el desarrollo económico y social del país.

En 1987, se elevó a rango constitucional la obligación de conservar y preservar el equilibrio ecológico y se faculto al Congreso para expedir leyes que establecieran las obligaciones conjuntas de las autoridades federales, estatales y municipales en materia del medio ambiente y su cuidado. Se abrió así una importante etapa en el desarrollo de la política ambiental mexicana con la creación y en 1988, se publicó la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (Jordy 2002).

En 1987 el gobierno mexicano ratifico el protocolo de Montreal, para la protección de la capa de ozono y firmo el convenio de Basilea en 1989, para regular el transito transfronterizo de desechos peligrosos. En junio de 1992 México firmo la Convención Marco de las Naciones Unidas la cual fue ratificada ante la Organización de las Naciones Unidas en Marzo de 1993.

El protocolo de Kioto entro en vigor el 16 de Febrero del 2005 para aquellos países que lo han ratificado, entre ellos México, que corroboro el instrumento en el 2000 y como país no anexo 1 (países industrializados) no tiene obligaciones cuantitativas de reducción de emisiones de GEI. El protocolo plantea, una serie de instrumentos de mercado para facilitar el cumplimiento de los compromisos de mitigación de aquellos países desarrollados y promover un desarrollo sustentable.

México a pesar de contar dentro de su normatividad con políticas y leyes que avalan el establecimiento de medidas fiscales con el objetivo de proteger al medio ambiente, comparándolo con algunos países de la OECD, tiene un porcentaje negativo en cuanto a la cantidad de ingresos proveniente de impuestos ambientales. México es el país que menos recauda impuestos ambientales como porcentaje del PIB de los 34 países de la OCDE (Checar Anexo1).

1.4.-Principios rectores de la política nacional de Cambio climático

En México existen diversos mecanismos encaminados a la protección del medio ambiente entre las que destacan la Estrategia Nacional de Cambio Climático, que es el instrumento rector de la política nacional en el mediano y largo plazo para

enfrentar los efectos del cambio climático y transitar hacia una economía competitiva, sustentable y de bajas emisiones de carbono. Al ser el instrumento rector, éste describe los ejes estratégicos y líneas de acción a seguir con base en la información disponible del entorno presente y futuro, para así orientar las políticas de los tres órdenes de gobierno, al mismo tiempo que fomentar la corresponsabilidad con los diversos sectores de la sociedad (ENCC 2013).

Otro documento oficial fundamental para sustentar las estrategias nacionales de cambio climático en México es la Ley General de Cambio Climático (LGCC), es el principal instrumento de política con el que cuenta el país, este ordenamiento tiene como objetivo regular, fomentar y posibilitar la instrumentación de la política nacional de cambio climático e incorpora acciones de adaptación y mitigación con un enfoque de largo plazo, sistemático, descentralizado, participativo e integral.

Para lograr la coordinación efectiva de los distintos órdenes de gobierno y la concertación entre los sectores público, privado y social, la LGCC prevé la integración del Sistema Nacional de Cambio Climático (SINACC). Este sistema debe propiciar sinergias para enfrentar de manera conjunta la vulnerabilidad y los riesgos del país ante el fenómeno y establecer las acciones prioritarias de mitigación y adaptación (ENCC 2013).

Actualmente México cuenta con recursos limitados para poder establecer estrategias eficaces, lo cual obliga a plantear mecanismos más eficientes en la utilización de los recursos. Dentro de la ENCC (2013) se plantea puntualmente diferentes herramientas que marcaran las líneas de acción para mitigar los efectos del cambio climático entre las que destacan:

- Contar con políticas y acciones climáticas transversales, articuladas, coordinadas e incluyentes:

  La instrumentación eficaz de la política nacional de cambio climático requiere de una coordinación transversal entre sectores y actores, de la revisión del marco jurídico a fin de evitar contraposiciones y de la inclusión de todos los grupos sociales.

- Desarrollar políticas fiscales e instrumentos económicos y financieros con enfoque climático:

  Las acciones para combatir el cambio climático requieren del respaldo de recursos económicos accesibles, oportunos, constantes y suficientes para su efectivo cumplimiento. A la vez se requiere mandar señales económicas que reflejen el costo del daño ambiental de las emisiones de

gases y compuestos de efecto invernadero. México puede hacer un mayor uso de instrumentos económicos. El desarrollo de políticas fiscales e instrumentos económicos con enfoque climático impulsará la promoción de un desarrollo económico bajo en emisiones y elevará la competitividad.

Diseñar una política nacional de instrumentos económicos, fiscales, financieros y de mercado para incentivar las acciones de mitigación y adaptación. Esto incluye utilizar subsidios focalizados, eliminar o desacoplar subsidios ineficientes y crear instrumentos financieros públicos y privados.

- Implementar una plataforma de investigación, innovación, desarrollo y adecuación de tecnologías climáticas y fortalecimiento de capacidades institucionales.
- Promover el desarrollo de una cultura climática.
- Instrumentar mecanismos de Medición, Reporte, Verificación y Monitoreo y Evaluación.
- Fortalecer la cooperación estratégica y el liderazgo internacional.

Para lograr un desarrollo económico sustentable y sostenido que se caracterice por una baja emisión de carbono, la Ley General de Cambio Climático indica que los esfuerzos de mitigación deben iniciar con acciones de mayor potencial de reducción de emisiones al menor costo y que logren, al mismo tiempo, beneficios ambientales, sociales y económicos (ENCC: 2013).

Como plantea la CEPAL 2015, para poder encontrar una solución al cambio climático se necesita transformar el actual sistema económico, se deben de incluir diversos instrumentos e incentivos económicos, reglamentaciones y modificaciones institucionales, nuevas tecnologías, profundas transformaciones estructurales y la construcción de una sociedad más incluyente, donde el objetivo sea fortalecer las condiciones socioeconómicas de la población y a su vez mejorar las condiciones ambientales.

2.- Costo Externo

2.1.- Las externalidades consecuencias de la irracionalidad económica

Los problemas ambientales[2] en las ciudades del mundo moderno parecen multiplicarse cada vez más y su capacidad de afectar la calidad de vida y la salud, así como las fuentes naturales que proveen de sustento a los humanos se incrementan en la misma medida (Lezama 2008, p. 9). Los daños que se presentan en cada país son de diferente magnitud, en algunos las consecuencias están siendo desastrosas y necesitan acciones urgentes para tratar de revertir los efectos causados.

La contaminación y los problemas que ocasiona se aceleraron con la revolución industrial, en el momento en que la producción en serie y la entrada de los hidrocarburos en el proceso económico, acrecentaron los procesos industriales y con ello aumentó la utilización de recursos naturales y los desechos emitidos al ambiente. Las emisiones y descargas de los procesos industriales rebasaron la capacidad de carga del medio ambiente (agua, aire y suelo) ocasionando problemas de salud en los seres humanos y alterando los ecosistemas (*Reyes et al.* 2005, p. 438).

La economía tradicional neoclásica sostuvo durante mucho tiempo, en contraposición a la tradición ricardiana[3], que la tierra, los recursos naturales y el capital económico eran sustitutos, por lo que en el largo plazo no importaba la sobreexplotación o el agotamiento, ya que se plateaba que los avances tecnológicos crearían nuevos recursos sustitutos de aquellos que se fueran agotando, la escasez no impondría límites al crecimiento económico (Sen 1979)

El problema básico radica en cómo se pueden utilizar los bienes ambientales en el sistema económico imperante, para producir bienes económicos que satisfagan necesidades humanas y se busque a la vez sustentar, más que degradar, los bienes finitos de la Tierra, que son los que mantienen toda actividad económica (Miller 1994, p. 867), éste es el principal problema al que se ha enfrentado la humanidad, el poder encontrar un punto óptimo de contaminación, teniendo en cuenta que se están utilizando insumos que nos limitados y escasos.

---

[2] Los problemas ambientales son de carácter multidisciplinario, por tanto para su solución necesitan planteamientos complejos, una de las consecuencias de incluir varias dimensiones es la imposibilidad de maximizar todas las dimensiones al mismo tiempo (Falconi & Burbano 2004).

[3] El economista David Ricardo, en su libro *Principios de Economía Política y Tributación (*1817), enunció su teoría en la que expone que la primera dificultad para el desarrollo no es el aumento de la población, sino la distribución de los recursos, de los que depende su valor. Planteó lo que para él era una gran paradoja: la consecuencia del crecimiento económico es que se irían reduciendo los márgenes de ganancia de las empresas, hasta llegar a ser prácticamente cero. Aquí se produciría el fin del Crecimiento y se llegaría a un Estado estacionario. Por lo tanto, tarde o temprano, el crecimiento económico terminaría debido a la Escasez de Recursos Naturales.

Los problemas ambientales que se experimentan en el planeta y que son ocasionados principalmente por la contaminación antropogénica, se pueden considerar como variables económicas y por tanto pueden ser analizadas en términos económicos (Reyes et al. 2005, p. 436). La contaminación es resultado de una falla del mercado y por tanto se define de manera económica como una externalidad negativa que se deriva principalmente en los procesos de producción y consumo.

Los daños ambientales generalmente ocasionan un costo y en la mayoría de los casos, no es absorbido por el agente que lo origina y tiene que ser el afectado el que pague indirectamente las consecuencias derivadas de la contaminación y en muy pocas ocasiones es compensado por los problemas generados.

Cabe definir qué se entiende por contaminación, este término ha sido ampliamente descrito desde diversas índoles de investigación Odum (1986, p.472) definió la contaminación como un cambio perjudicial en las características físicas, químicas o biológicas del aire, el suelo y el agua, que puede afectar nocivamente la vida humana y la biodiversidad, los procesos industriales, las condiciones vitales del hombre y su acervo cultural, además de generar el deterioro y agotamiento de los recursos de la naturaleza. Desde el punto de vista de la física, y en función de las leyes de la termodinámica, la contaminación se define como entropía o energía no aprovechable generada en cualquier proceso (Coronado y Oropeza 1998, p. 183).

Según Reyes (2005, p. 440) como contaminación se entiende, cualquier cambio o alteración que se genere sobre el ambiente físico o biológico, siendo particularmente grave cuando excede la capacidad de recuperación de los ecosistemas, orillándolo a un punto de irreversibilidad en las afectaciones que se le ocasione.

2.2.- ¿Qué son las externalidades y/ costo externo?

Los crecientes problemas que se han presentado en la tierra, como lo son la contaminación de agua, aire, suelo, la degradación de la capa de ozono, el calentamiento global, el aumento de la población, la escasez de alimentos, etc. han llevado a los grandes investigadores y científicos a preocuparse por la salud y el estado crítico de la tierra. “La degradación ecológica del planeta aparece como la explosión de una verdad ontológica negada por la teoría económica” (Leff, 2004). La mayor parte de los efectos negativos que existen hoy en día son consecuencias directas de la manera en que el ser humano utiliza los recursos naturales y la forma en se lleva a cabo el proceso económico como lo son: la producción, la distribución y el consumo.

Según Martínez (2013), el detrimento del medio ambiente no es un tema recién o que no se haya analizado con anterioridad, desde la antigüedad los economistas clásicos afirmaban que las mismas interacciones del mercado llevarían al equilibrio que se deseaba, hace más de dos siglos, Adam Smith se refirió a "las fuerzas de mercado como una mano invisible que regulaba las actividades económicas, de manera que la búsqueda del propio interés por parte de los empresarios, trabajadores, consumidores…. llevaría a un resultado social deseable" (p. 131) , hoy en día gran parte de la teoría económica se sigue basando en esta idea, en donde asumiendo ciertos supuestos los mercados llevaran a un resultado eficiente

El concepto de externalidad tiene una larga trayectoria Marshall en 1890 dio una aproximación al término en su libro *Principles of Economics* y habló de economías externas y las externalidades generadas por el desarrollo industrial. Más tarde sería hasta 1920 cuando Pigou habló sobre dos caras de las externalidades una positiva y la otra negativa, afirmó que el sistema de precios no incluía los costes de la contaminación, en donde se estaba ocasionando un daño a la naturaleza que no se estaba tomado en cuenta y por lo que se tendría que asignar un valor. Se tenía que establecer un precio compensatorio a través de un impuesto que internalizara los costos externos.

El enfoque de la economía ambiental sigue teniendo rasgos muy marcados de la economía neoclásica con la diferenciación de que reconoce los efectos negativos que se producen en la naturaleza por el uso irracional de los recursos naturales, reconoce que estos deben de tener un manejo diferente al de los bienes que son producidos por el hombre, debido a que su utilización genera externalidades que se deberán de incorporar como parte del proceso económico. El principal objetivo es asignar un valor monetario a los impactos que tienen los procesos productivos en el medio ambiente.

En palabras de Naredo (2006) la economía ambiental "(…) canaliza todos sus esfuerzos a poner precios a las 'externalidades' para poder reducir los problemas a una única dimensión monetaria y aplicarles, al fin, el análisis coste-beneficio para llegar a soluciones pretendidamente objetivas" (p. 17).

El modelo económico[4] actual no va de la mano con la conservación y preservación del ecosistema, el mercado no da solución por si solo a los problemas ambientales, todo esto acarrea consecuencias en el medio ambiente y por tanto afectaciones a

[4] El reduccionismo de la economía tradicional presupone que los sistemas reales son simples y lineales, y que un sistema de precios recoge la intensidad de las preferencias de los individuos y que, por tanto, todo puede ser reducido a un mismo sistema de medida: el crematístico (Falconi & Burbano 2004).

la vida misma del ser humano. En el momento en el que una actividad cualquiera que sea afecta a una persona ajena a la actividad se puede considerar como efecto de una externalidad.

La externalidad se produce cuando hay una afectación a una tercera persona y ésta se da cuenta del problema, la teoría económica se refiere a las externalidades como una falla de mercado. Kapp (1983) indicó que las externalidades no son fallas de mercado, sino más bien deplorables éxitos en trasferir costos a otros (p. 137).

Los costos externos conocidos también como externalidades aunque representan un coste real para algunos miembros de la sociedad, las empresas no suelen tomarlos en consideración cuando fijan su nivel de producción. Son costos que desde el punto de vista de la empresa son externos, pero desde el punto de vista de la sociedad en su conjunto son internos[5] (Field y Field 2003, p. 78).

Existen dos tipos de externalidades las cuales pueden originarse en la producción o en el consumo, decimos que hay una externalidad en el consumo si a un consumidor le afecta directamente la producción o el consumo de otros. Por ejemplo a la gente no le da igual que cuando vaya a un restaurante en la mesa de al lado alguien éste fumando un cigarrillo, en este caso se está originando una externalidad negativa en el consumo, sin embargo si a una persona le causa satisfacción observar un jardín de algún vecino en este caso se está generando una externalidad positiva en el consumo (Varian 1999, p. 590).

Por otro lado también existen externalidades en la producción en el momento en que las decisiones de una empresa o de un consumidor influyen en las posibilidades de producción de otra empresa. Un ejemplo de ello es la que se origina en una lavandería ubicada junto a una planta de laminación del acero, esta empresa genera un aumento en los costos de la lavandería debido a toda la suciedad y el humo que ocasiona la fábrica de acero, aquí se está generando una externalidad negativa en la producción. Específicamente, supongamos que la tecnología de producción de la lavandería como plantea Kolstad (2000) está dada por:

$$L = f_L(x_1, \dots x_n, e)$$

$L = cantidad\ de\ ropa\ lavada$

[5] A costos externos también se les llama costes a “terceros”. En un intercambio de bienes o servicios, las dos primeras partes son, el productor y el consumidor, respectivamente. El costo a terceros es aquel en el que se le afecta a un apersona que no está involucrada directamente en las transacciones económicas que llevan a cabo compradores y vendedores. También se le denomina a este fenómeno como “efecto derrame” (Field y Field 2003, p.78).

$x_1, \dots x_n = n\ insumos\ diferentes\ para\ la\ producción\ de\ ropa\ limpia$

$e = representa\ las\ emisiones\ de\ humo\ de\ la\ fabricación\ de\ acero, que\ es\ decidida$

$por\ la\ acerería$

La acerería produce acero (A) y emisiones de humo (e) usando los insumos $z_1, \dots z_m$, según

$$A = f_a(z_1, \dots z_m)$$

$$e = f_e(z_1, \dots z_m)$$

Obsérvese que e es decidido por la acerería, pero e entra en la función de producción de la lavandería. La lavandería no tiene la oportunidad de opinar sobre el nivel como e entra en su función de producción, por tanto el humo es una externalidad (Kolstad 2000, p.105).

Por otro lado un ejemplo de una externalidad positiva en la producción es la de un apicultor ubicado cerca de un manzanar, donde sus abejas contribuyen a la polinización (Varian 1999, p. 590).

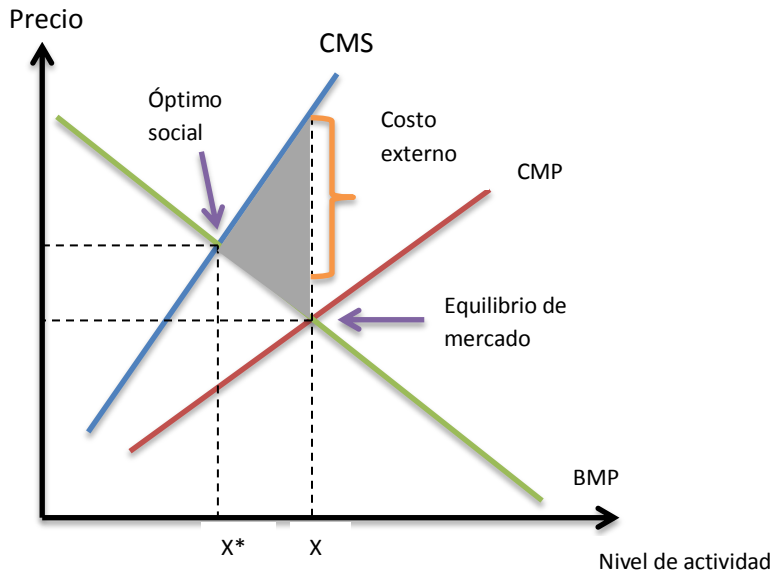
Un costo externo también se conoce como una externalidad negativa o una deseconomía externa. Si se considera una situación en la que un agente económico generase un nivel positivo de bienestar para un tercero, tendríamos un caso de un beneficio externo, externalidad positiva o economía externa (Pearce y Turner 1995, p.448; Azqueta 2000, p.299). Se llama costo externo al costo que tiene un proceso productivo sobre otros agentes económicos (es el costo de la externalidad). Está asociado con el daño ambiental que la externalidad causa a terceros.

Una externalidad ocurre cuando las acciones de una persona o empresa afecta a otras entidades sin su autorización, que nada tuvieron que ver en el proceso económico, las externalidades son los efectos de la producción y el consumo que no se reflejan directamente en el mercado. La presencia de los costos externos ocasiona que el mercado sea ineficiente debido a que los productores solo consideran el costo marginal privado (CMP) para determinar las cantidades de producción y dejan de lado el costo marginal social (CMS) que son precisamente las afectaciones generadas por el proceso productivo.

El no considerar el CMS ocasiona que la empresa produzca hasta el punto en donde su beneficio marginal sea igual a cero, es decir, hasta que el precio o valor marginal del producto iguale al costo marginal. A medida que el agente que contamina aumenta su producción, el agente económico afectado experimentará

un costo marginal social (CMS) creciente, lo cual implicará una pérdida del bienestar para la sociedad, esto se aprecia en la gráfica 1.1:

Gráfica 1.1.- Externalidad negativa



Fuente: Elaboración propia tomando como base Field y Field 2003)

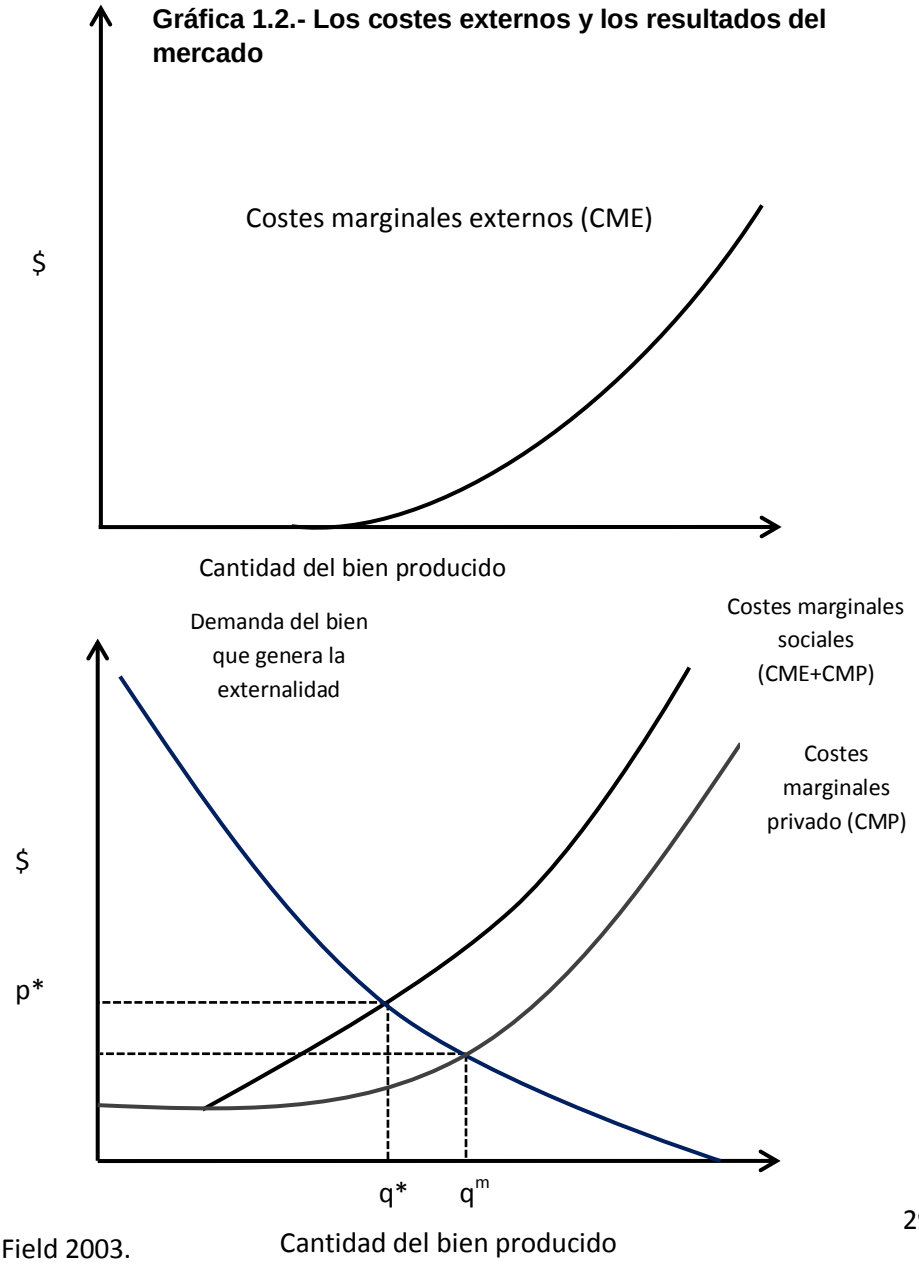
Cabe destacar que la diferencia que se presenta entre el CMS y el CMP es la pérdida de bienestar equivalente al costo externo (externalidad negativa). La empresa producirá hasta el punto en el que BMP=CMP lo que ocasiona que decida producir hasta el punto X, aquí es en donde maximiza sus beneficios aunque esto implica un aumento del costo marginal social (pérdida de bienestar), debido a que el nivel eficiente de producción que minimiza el CMS es X^*.

La presencia de una externalidad negativa significa que el CMS es superior al CMP, por lo que el equilibrio del mercado llevará a una sobreproducción del bien. La eficiencia en el mercado exige que el CMS = BMP, en este punto el nivel eficiente de producción es menor al equilibrio de mercado. Para que el nivel de producción de un bien sea eficiente considerando el punto de vista social, toda decisión respecto el uso de los recursos debe de considerar los costos de producción a los que incurre: los costos privados asociados a la producción de bienes y servicios y los costos externos que pueden surgir como consecuencia del deterioro del medio ambiente.

$$\boldsymbol{Costo\ Social = Costo\ Privado + Costo\ Externo\ (medioambiental)}$$

El gráfico 1.2 ejemplifica la idea mencionada. El panel superior muestra la relación entre el nivel de producción y la aparición de los costes externos. Se aprecia que los costos marginales externos van aumentando conforme crece la producción. El panel inferior muestra distintas cosas, entre ellas la demanda del bien producido y los costos marginales privados derivados de su producción. La intersección entre ambas curvas se da en p^m y en la cantidad q^m, que son los que resultarían en un mercado competitivo en el que los productores no presten atención a los costes sociales. Pero finalmente, los costos marginales que asume la sociedad son superiores, como se ve en el gráfico, debido a que incluye no solo los costes privados sino también los externos. De tal manera que el nivel de producción estrictamente eficiente desde el punto de vista social es q* y el precio correspondiente es p* (Fiel y Field 2003, p.79).

Gráfica 1.2.- Los costes externos y los resultados del mercado



Fuente: Field y Field 2003.

Si comparamos ambas cantidades y ambos precios, se observa que el nivel de producción del mercado es demasiado elevado en comparación con el que socialmente sería eficiente, mientras que el precio de mercado es demasiado bajo. La empresa al solo considerar sus costos privados, lo que hace es usar un factor de producción por el cual no paga y en donde no absorbe sus costes externos que genera la producción. La mayoría de los casos de la destrucción o afectación del medio ambiente se relacionan con los costes externos (Fiel y Field 2003, p.79).

2.3.- Implicaciones de las externalidades

Existen diferentes situaciones en las que se pueden generar las externalidades, pueden surgir en el momento de la producción o el consumo, se encuentran inmersas en el sistema económico. "Las decisiones de consumo y producción no toman en cuenta las consecuencias que pueden tener sobre terceros que nada tuvieron que ver con la toma de esas decisiones; tales efectos se conocen como externalidades" (Griffiths y Wall, 2004) las cuales pueden ser positivas o negativas.

Para que se pueda generar una externalidad es indispensable que se den determinadas condiciones: 1) Una actividad de un agente económico provoca una pérdida de bienestar a otro agente, y 2) la pérdida de bienestar no está compensada. Es decir, la externalidad aparece en el momento en que un agente (consumidor o empresa) afecta a un tercero que nada tuvo que ver en el proceso económico y su bienestar se vea alterado (Azqueta 2007, p. 237). Si la pérdida del bienestar se acompaña de una compensación entonces se da una internalización, en donde los costos ocasionados por la afectación se internalizan (Pearce y Turner 1995, p. 450).

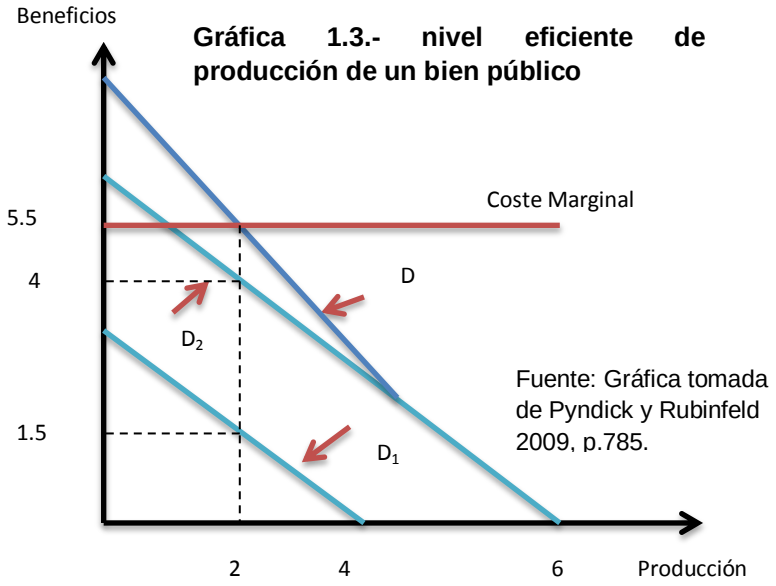
Al hablar de externalidades es necesario mencionar la existencia de los bienes públicos y la función que estos tienen, debido a que estos bienes principalmente resultan mayormente afectados por las actividades económicas, ya que en ellos se generan externalidades negativas, los bienes públicos son catalogados como un bien que está a disposición de todos y el uso de un individuo no limita el uso por otro; varias personas pueden hacer uso del mismo bien.

Los bienes públicos se encuentran frecuentemente bajo el régimen de libre acceso, en una eterna tragedia de los comunes, donde el beneficio de sobrexplotación y agotamiento es detentado por el ejecutor, mientras los costos (externalidades negativas o gastos de restauración) recaen en toda la sociedad (Hardin 1968). Ejemplos de bienes públicos pueden ser el aire, el agua, los pastos para ganado, los bosques, las vías públicas etc. son bienes de uso común, es importante distinguir estos recursos de los bienes libres, o comunes globales, como la capa de ozono y el clima (Labandeira et al., 2007, p.78).

La importancia de los bienes públicos, se deriva al considerar que la calidad ambiental es esencialmente en si misma un bien público, si se purifica el aire para una zona urbana, de manera automática se purifica para todos los de la zona. Determinar las cantidades óptimas o eficientes de la provisión de bienes públicos representa un enorme reto.

El nivel eficiente de provisión de un bien privado se averigua al comparar el beneficio marginal de una unidad adicional y el coste marginal de producirla. El nivel eficiente se alcanzará cuando el beneficio marginal y el coste marginal sean iguales. De esta misma manera se calcula para los bienes públicos, pero el análisis es distinto. Para los bienes privados el beneficio marginal se mide a través del beneficio que recibe el consumidor. Por el contrario para los bienes públicos debemos preguntar de manera individual cuando valora cada persona una unidad más de producción (Pyndick y Rubinfeld 2009, p.784).

El beneficio marginal se obtendrá sumando los valores que le asignan cada una de las personas que gozan del bien. Para saber el nivel eficiente de provisión del bien público debemos igualar la suma de los beneficios marginales y el coste marginal de producción. La gráfica 1.3 muestra el nivel eficiente de producción de un bien público.



Gráfica 1.3.- nivel eficiente de producción de un bien público

Fuente: Gráfica tomada de Pyndick y Rubinfeld 2009, p.785.

Cuando un bien es no rival[6], el beneficio social marginal del consumo, indicado por la curva de demanda D, se halla sumando verticalmente las curvas de demanda individuales del bien, D_1 y D_2. En el nivel de producción eficiente, las curvas de

[6] Bien cuyo coste marginal de provisión a un consumidor más es cero.

demanda y coste marginal se cortan. El bien público se otorga de manera eficiente cuando el beneficio social marginal es igual al coste marginal.

2.4.- Mecanismos de internalización de las externalidades

Queda claro que los agentes que producen los efectos negativos en la sociedad y en el medio ambiente no pagan totalmente los costos sociales que generan, las externalidades negativas quedan vistas como hechos impunes donde el agresor no cuenta con ningún incentivo para pagar al afectado.

Para tratar de dar solución a los problemas de las externalidades han surgido principalmente dos posturas enmarcadas desde la economía, una es la que estipula la intervención del Estado como ente regulador de las actividades económicas, con el objetivo de normar las actividades que generen externalidades y otra que plantea que el libre funcionamiento del mercado logrará generar un equilibrio entre el contaminador y el afectado mediante el establecimiento de los derechos de propiedad a través de la negociación.

Las medidas correctoras de las externalidades (impuestos ecológicos, tasas, estándares, etc.), tiene el objetivo de que los agentes que las generan internalicen los costos ocasionados por la afectación y en consecuencia modifiquen su comportamiento.

A diferencia de otros ámbitos en la economía, existe un consenso casi generalizado, de la intervención del gobierno en cuestiones medioambientales como eje regulador de estrategias y acciones. La característica que tiene el medio ambiente de bien público de bien escaso han generado este consenso, por tal razón ya existen una serie de instrumentos utilizados para enfrentar estos problemas.

Según Vegara (2009) existen principalmente dos herramientas para regular las afectaciones al medio ambiente, entre las que destacan los instrumentos de regulación y los instrumentos económicos o de mercado. Los primeros consisten en establecer normas de obligado cumplimiento; responden a mecanismos tradicionales y propios de la acción pública, y son los instrumentos dominantes en las políticas ambientales de todos los países, especialmente por lo que respecta a los problemas ambientales locales. Y los segundos son los que utilizan la reacción de consumidores y productores a las condiciones del mercado para influir en su comportamiento a fin de que sea favorable al medio ambiente.

Se basan en la capacidad del mercado de sintetizar información en relación con las condiciones agregadas de oferta y demanda y los precios resultantes. Los más utilizados son:

- **Impuestos ambientales:** (sobre productos o sobre emisiones): el gobierno fija un impuesto que modifica el precio final de un *input* o un bien de consumo y deja que productores y/o consumidores reaccionen tanto a corto plazo –decantándose hacia el producto relativamente más barato– como a largo plazo –buscando nuevas tecnologías menos contaminantes–.
- **Subvenciones:** actúan mediante una lógica similar a la de un impuesto, pero en sentido contrario. Un impuesto aumenta el precio o el coste relativo de un producto, mientras que una subvención lo disminuye.
- **Derechos de emisión o permisos negociables:** la autoridad fija una cantidad máxima de emisión de contaminantes y crea un mercado de derechos o permisos para que sean las empresas –comprando y vendiendo estos derechos de emisión entre ellas– las que finalmente fijen el precio final que hay que pagar.

Todos estos mecanismos tienen un común denominador de contribuir a alcanzar una asignación eficiente de los recursos económicos, desde el punto de vista del bienestar social.

Al contar con este conjunto de mecanismos se asegura con una correcta internalización de las externalidades. Los diferentes criterios para poder decidir qué tipo de instrumento utilizar dependerá del contexto en el que se desenvuelva la contaminación. Algunas de las consideraciones a utilizar son según Vegara (2009):

1. La efectividad en la reducción de la contaminación. Significa disponer de información para poder medir el impacto, con las cuestiones incorporadas de cómo resolver los problemas de medición, verificación y control.

2. Las necesidades de información para poder aplicar el instrumento en cuestión y los costes de obtener esta información.

3. Los costes de gestión, vigilancia y control, tanto para las administraciones públicas como para las empresas y particulares. Conlleva también el aparato judicial necesario para hacer cumplir las normas y actuar ante su incumplimiento.

4. Los costes económicos de su aplicación, entendidos como los costes de oportunidad de los recursos empleados: en qué medida los recursos empleados en la política ambiental podrían utilizarse en otras finalidades o en qué medida afectan al cumplimiento de otros objetivos.

5. Flexibilidad y efectos dinámicos: los instrumentos también se pueden valorar según su capacidad de adaptarse a cambios en la situación económica, a cambios

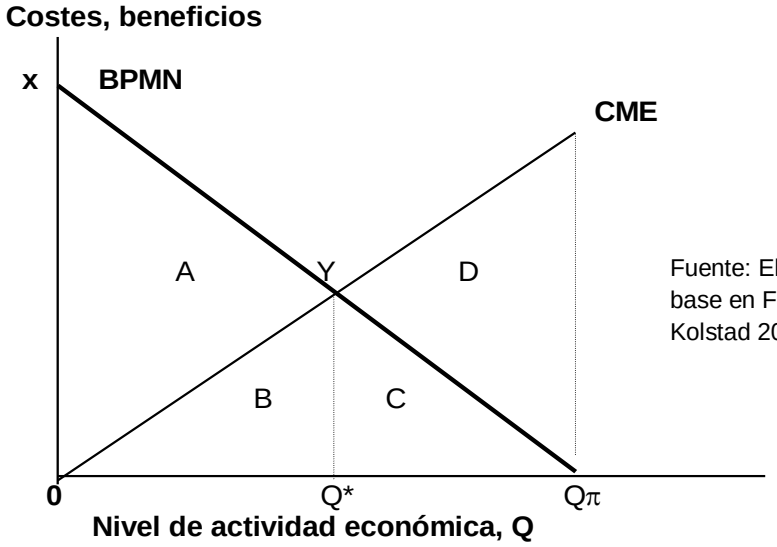
tecnológicos, o la capacidad de inducir los cambios tecnológicos y hábitos de consumo que favorecen al medio ambiente.

Una política ambiental basada en la operación de los mercados, y en general, en instrumentos económicos, parte de la premisa de que la mejor manera de contener y revertir los procesos de deterioro ecológico del planeta es dar a los individuos y a las empresas un interés permanente y claro sobre lo que se pretende lograr a través de su implementación (Yúnez 1994, p. 56). Una política ambiental basada en instrumentos económicos conduce a adoptar prioridades y a revelar las preferencias sociales y políticas sobre los distintos problemas ambientales.

El principal objetivo de los mecanismos económicos aplicados a la contaminación es tratar de internalizar las externalidades a través de una sanción, cuota, norma, impuesto, etc. que sea establecido para lograr alcanzar un nivel óptimo de contaminación. El nivel óptimo de contaminación se puede identificar la gráfica 1.4, este punto se encuentra donde el beneficio privado marginal neto (BPMN) y el costo marginal externo (CME) son iguales.

- Q*= el nivel óptimo de actividad económica.
- $Q\pi$= nivel de actividad económica que produce los máximos beneficios privados
- A= el nivel óptimo de beneficios sociales netos.
- B= representa el nivel óptimo de externalidad,
- C= el nivel de beneficios privados netos que no están garantizados socialmente
- A+B=es equivalente al nivel óptimo de beneficios privados para el contaminador.
- C+D = el nivel de externalidad no óptimo que necesita ser eliminado por algún tipo de regulación.

Gráfica 1.4.- Nivel óptimo de contaminación



Fuente: Elaboración propia con base en Field y Field 2003 y Kolstad 2001.

Cuando se presentan externalidades existe una diferencia entre el costo privado y el costo social, si no se implementa ningún tipo de mecanismo para corregir esta afectación, el contaminador seguirá produciendo hasta $Q\pi$, en donde se maximiza el beneficio privado (A+B+C). El nivel de externalidad C+D es importante desde el punto de vista paretiano, ya que si se elimina llevará a una mejora paretiana, es decir a una ganancia neta de beneficios sociales.

Para tener claro un ejemplo de falla del mercado consideraremos lo siguiente: suponemos una externalidad entre productores causada por emisiones contaminantes que determinan los niveles de calidad ambiental. Supongamos una empresa de fabricación de papel que realiza vertidos en un río en una zona cerca de una empresa acuícola. La empresa papelera también realiza emisiones al aire, que no afectan a la empresa de acuicultura, como plantea Labandeira (2007):

Su función de costos es la siguiente:

$$C_b(b, z_r, z_h)$$

Donde b es la producción de papel y z_r, z_h son los vertidos al rio y al aire respectivamente. La función de costes de la empresa de acuicultura es:

$$C_a(a, z_r)$$

Donde a es la producción de pescado. La externalidad en la producción viene dada porque los costes de la empresa acuícola dependen de la cantidad de contaminación de la empresa papelera. La contaminación eleva los costos de la producción de pescado y disminuye los costes de la producción de papel, debido a que no utiliza ninguna técnica para limpiar al agua antes de verterla al rio:

$$\frac{\partial C_a}{\partial Z_r} \geq 0; \frac{\partial C_b}{\partial Z_r} \leq 0; \frac{\partial C_b}{\partial Z_h} \leq 0$$

La empresa papelera elige su nivel de producción y contaminación, su maximización del beneficio queda planteado:

$$max\ p_a a - C_a(a, z_r)$$

La condición de máximo es:

$$p_a = \frac{\partial C_a}{\partial a}$$

Para la empresa papelera el punto máximo de beneficio se da donde el precio es igual al costo marginal de la producción y los costos marginales de la

contaminación sean nulos. A la empresa de acuicultura le importa la contaminación pero no tiene control sobre ella. La producción de papel no toma en cuenta el costo adicional que ocasiona a la acuicultura. Los supuestos de las externalidades negativas indican un impacto en las utilidades o bienestar de las personas:

$$\frac{\partial U}{\partial Z_r} < 0; \frac{\partial U}{\partial Z_h} < 0$$

2.5.- Impuestos Pigouvianos

En los últimos años en varias partes del mundo ha surgido un creciente interés en emplear mecanismos para fomentar la protección ambiental, pero estos intereses no son recientes, uno de los pioneros en los ámbitos relacionados en focalizar el pago por afectaciones a terceros fue el economista inglés Arthur Pigou, el problema de la contaminación surge por la posibilidad de que algunos agentes transfieran a otros, sin que exista una compensación de por medio, parte de los costos que sus actividades originan.

Pigou (1920) fue el primero en vislumbrar el término de externalidad, no como se conoce hoy en día, pero sí dio las bases para que este término fuera desarrollado posteriormente, definió la diferencia entre los productos netos marginales privados y sociales. En donde analizó que en la realidad hay diversos factores que hacen que estos dos productos marginales difieran, en donde vio que a los particulares no les interesaba el beneficio social y las afectaciones que estos generen.

El tema central derivado de los costos externos que son originados por la contaminación fueron detallados formalmente por Alfred C. Pigou (1877-1959), especificó formalmente la manera de como los costos y los beneficios que no están incluidos en los precios de mercado afectan la manera como la gente se relaciona con su medio ambiente.

Pigou (1920) propuso, corregir las distorsiones generadas en los sistemas de precios por la presencia de externalidades negativas con el cobro de un impuesto cuyo monto compensaría los daños causados. A este mecanismo se le denomina Impuesto Piguviano y es el origen de los denominados impuestos ambientales, cuya finalidad es lograr la internalización de las externalidades generadas a través del uso del sistema de precios. Específicamente el gobierno establecería como agente interventor impuestos, cuotas o límites a la contaminación que normaría las externalidades y así estas alcanzarían un nivel óptimo.

Lo que Pigou hizo fue explicar lo que sucede cuando no se incluyen los costos externos en la fabricación de un producto, por ejemplo los costos sociales o lo costos ambientales en donde el principal perjudicado por la producción sin restricciones es el medio ambiente. Los actuales precios del mercado en la mayoría

de los casos no recogen los costos externos de la producción de determinado producto, esto a la larga generara degradación ambiental y deterioro en la calidad de vida de los individuos.

En palabras de Constanza y Corbwell (1991) el impuesto pigouviano, se grava sobre cada nivel de actividad económica y es igual al costo marginal externo, lo que ocasiona que al momento de que el contaminador obtiene su utilidad ésta es obtenida una vez que se le restó el costo social ocasionado por la contaminación, este mecanismo de impuestos es una manera de internalizar los costos externos y hacer que el culpable de la contaminación tenga que pagar por las afectaciones que genere a terceras personas. La aplicación del principio precautorio del que contamina paga es usada para asegurar que el costo total de los productos finales de la economía se cargue al contaminador, de una forma que trate adecuadamente con la enorme incertidumbre acerca de los impactos de la contaminación y aliente la innovación tecnológica (p. 18).

Los impuestos piguvianos consisten en la fijación de una tasa impositiva sobre una cierta cantidad o volumen de algún contaminante, hacer que los impuestos sean equivalentes al valor social real de los recursos o de las externalidades generadas por alguna actividad. (Yúnez 1994, p.35).

El gobierno determinará el monto del impuesto, y los productores contaminarán hasta el punto en que los impuestos que estén pagando sean iguales a los costos marginales de control de sus emisiones. Los impuestos sobre las emisiones tienden a cambiar las conductas económicas, generan ingresos fiscales además de que promueven la innovación tecnológica al crear un estímulo para abatir las emisiones de contaminantes.

Una manera de corregir la pérdida de eficiencia de los efectos externos ocasionados es a través de la internalización mediante el establecimiento de un impuesto pigouviano. Un impuesto pigouviano es una exacción por unidad de contaminación que sea igual al coste marginal externo en el nivel óptimo de contaminación (Labandeira et. al. 2007, p. 87). Si este impuesto se le aplica a la empresa que causa la externalidad se alcanzará un comportamiento eficiente, debido a que la empresa además de los costos de abatimiento de la contaminación tendrá que incorporar a su función de costos el monto establecido por el impuesto ambiental.

El problema de la maximización del beneficio después del impuesto (t) quedaría:

$$max\ p_b b - c_b(b,z) - tz$$

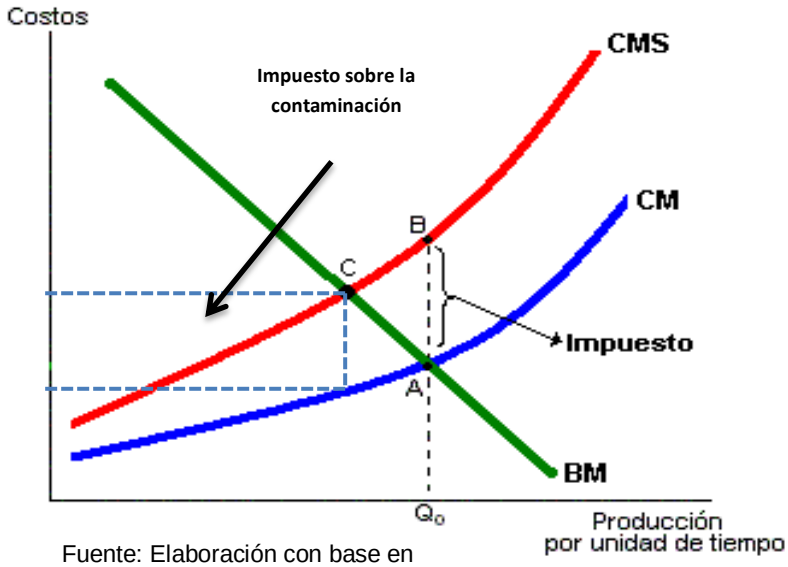
Lo cual arroja las siguientes condiciones:

$$t = \frac{\partial C_b}{\partial z};\ p_b - \frac{\partial C_b}{\partial b} = 0$$

Si

$$t = \frac{\partial C_b}{\partial z}$$

Gráfica 1. 5.- Impuestos Pigouvianos



Fuente: Elaboración con base en Pyndick, 2009

Entonces se alcanzará un comportamiento socialmente óptimo que conducirá a un nivel eficiente de contaminación. La empresa pagaría un precio positivo por el daño ambiental con lo que iguala el beneficio marginal a este coste (Labandeira *et. al*. 2007, p. 87).El monto del impuesto será equivalente a la diferencia entre el costo marginal social CMS y el consto marginal de la empresa CM. Al establecerse una tasa impositiva igual al igual al costo marginal externo, las empresas pueden verse obligadas a comportarse de la misma manera que si el costo de la externalidad recayera directamente sobre ellas. Lo anterior puede apreciarse en la gráfica 1.5.

2.6.- Teorema de Coase

En contraposición a la teoría planteada por Pigou encaminada a la intervención del Estado surgió la de Coase (1960), que especula que la intervención del gobierno es innecesaria, maneja que este agente debería de intervenir de forma más sutil, en donde la negociación entre los agentes involucrados ayudaría a alcanzar un equilibrio óptimo entre lo que la sociedad necesite y la contaminación inevitable que se genere por la actividad económica. Establece definir meramente los derechos de propiedad y en base a ellos delimitar responsabilidades.

Coase en 1960 publicó su escrito denominado “El problema del Costo Social”, en donde expone su famoso teorema, partiendo de una crítica al trabajo de Pigou. El propio razonamiento del autor lo lleva a descubrir que:

> “Para llevar a cabo las transacciones del mercado, en que los costos ambientales sean nulos (o sea repuestos o redimidos) es necesario, entre otras cosas, descubrir con quién deseamos transar, informar a la gente que deseamos intercambiar y en qué términos, conducir negociaciones que lleven a un convenio, redactar el contrato, llevar a cabo la inspección necesaria para asegurarnos de que los términos en el contrato se observan” (Coase, 1960).

En el argumento de Coase se afirma que bajo competencia perfecta los costos sociales y los privados son iguales, suponiendo que los costos de transacción son nulos (Coase 1988, p. 158).Coase niega el planteamiento de Pigou, el cual plantea la intervención del Estado, mediante el establecimiento de impuestos para igualar los costos sociales y privados.

Para Coase lo importante no es cobrar compensaciones por los daños ambientales que se generan, sino determinar si la compensación es mayor o menor que lo que deja de generar el contaminador como resultado del cobro de un impuesto (Yúnez 1994, p. 28). Plantea que el contaminar es hacer uso de un factor de producción; por lo tanto el contaminador está en condiciones de recibir pago que sea igual al costo de suspender el uso de alguno de los factores, de aquí deriva que la solución óptima no siempre es el cobro al contaminador, sino también el subsidio.

Los planteamientos coasianos promueven un arreglo entre el generador y el receptor de la externalidad y así ambos puedan llegar a una solución que implique un menor costo de mitigación. La crítica que finalmente establece Coase es que “el principio de que ‘el que contamina paga’ termina siendo la de que “el que paga contamina”, y seguramente la cuantía de este pago será mucho menor que el verdadero desgaste ambiental” (Abraham, 2004).

Es conveniente dejar en claro que el teorema de Coase sólo es válido cuando los derechos de propiedad están claramente definidos, sean ejercitables y enajenables, cuando los costos de transacción sean nulos, cuando sea posible identificar al contaminador y se esté en un mercado competitivo, para así poder iniciar el proceso de negociación.

Una conclusión del teorema de Coase es si las transacciones implican costes que impiden la redistribución de los derechos, habrá sólo una asignación inicial de los mismos que permitan la máxima eficiencia.

Se pueden dar tres interpretaciones del Teorema de Coase:

Tabla 1.1- Interpretaciones del Teorema de Coase.

Interpretación	Condición necesaria	Prescripción legal
Identificar con quien estableceremos el Intercambio Voluntario	Que el intercambio de los derechos de propiedad sea libre y voluntario y comunicárselo a la persona con la que estableceremos el acuerdo	Las leyes deben definir con claridad los derechos de propiedad y obligar al cumplimiento de los acuerdos
Costes de transacción	Que los costes de transacción sean nulos	Las leyes deben promover la reducción de los costes de transacción
Competencia perfecta	Que los mercados de los derechos de propiedad sean perfectamente competitivos	Las leyes deben promover la competencia perfecta, para que ninguna empresa o individuos tome ventaja

2.7.- Instrumentos de la política económica

Estas dos teorías (impuestos pigouvianos y teorema de Coase) abarcan lo que en la economía es conocido como internalizar las externalidades, en donde es tomado en cuenta las afectaciones ambientales que se producen en el ecosistema al mismo tiempo es puesto un precio a este afectación. Por medio de las externalidades incorpora al mercado aquello que se encuentra fuera del mismo.

Por tanto una solución que es planteada por la economía y bastantemente aceptada por la economía ambiental es la instauración de políticas fiscales basadas en impuestos ambientales, que regulen y penalicen las externalidades. "Los problemas ambientales forman parta de los problemas económicos globales" (Venkatachalam, 2007).

En las últimas décadas, la aplicación de los impuestos ambientales ha crecido en la escena mundial (Seroa da Motta, 2001), con diversos resultados y diversas orientaciones. En los archivos de la Organización Económica para la Cooperación y el Desarrollo se encuentran documentados más de 1046 casos de aplicación de impuestos ambientales (OECD, 2009).

Para esta organización, "son impuestos ambientales todos aquellos impuestos cuya base imponible se considere de especial relevancia para el medio ambiente" (Accuatella & Bárcena, 2005). En catorce países, en 1987 existían 150 casos de

instrumentos económicos ambientales, de los cuales 80 eran cargos o impuestos. Así, los impuestos ambientales han crecido en número y en importancia.

El uso e implementación de políticas fiscales en pro del medio ambiente debe de estar basado prácticamente en estos tres ejes principales:

1.- Según Constanza y Daly (1992) un impuesto amplio al agotamiento del capital natural para asegurar que los insumos de recursos del ambiente a la economía sean sustentables, mientras se otorgan incentivos poderosos para desarrollar nuevas tecnologías y procesos para minimizar los impactos (p. 226).

2.- Constanza y Corbwell (1991) afirman es necesaria la, aplicación del principio precautorio del que contamina paga para asegurar que el costo total de los productos finales de la economía se carguen al contaminador, de una forma que trate adecuadamente con la enorme incertidumbre acerca de los impactos de la contaminación y aliente la innovación tecnológica (p. 18).

3.- Un sistema de aranceles ecológicos como un medio (un tipo de acuerdos globales que son fáciles de negociar y sancionar) para permitir que los países implanten las primeras dos propuestas, sin colocarse a ellos mismos en una desventaja indebida (al menos en el lado del impacto) con relevancia a los países que todavía no las han implementado.

Estos mecanismos de corrección o minimización de las externalidades es fuertemente respaldado por la economía ambiental, pero criticado por los difundidores de la economía ecológica, ya que los ecologistas afirman que la economía ambiental trata de regular los problemas ambientales siempre y cuando el recurso afectado en cuestión sea capaz de generar alguna utilidad para el individuo (Venkatachalam, 2007).

El principio precautorio “de él que contamina pague” es una forma como la comunidad regulatoria ambiental ha comenzado a tratar con el problema de la incertidumbre verdadera. El principio estipula que en vez de esperar certidumbre, los reguladores deberían actuar en previsión de cualquier daño ambiental potencial con el fin de prevenirlo. El principio precautorio se invoca con tanta frecuencia en las resoluciones ambientales internacionales que muchas personas han llegado a verlo como un principio normativo básico de la ley ambiental internacional (Cameron y Abouchar, 1991).

Las reformas fiscales verdes significan una propuesta fiscal novedosa, que plantea nuevas herramientas para generar disposiciones que de manera directa controlen el uso irracional de ciertos recursos naturales o la emisión desmedida de

sustancias que dañan el medio ambiente; se trata de conjugar los intereses de la economía del medio ambiente y de la hacienda pública.

Hoy en día existen diversos fenómenos ambientales que amenazan el crecimiento económico de cualquier economía del mundo y uno de ellos es el efecto invernadero que no sólo afecta el funcionamiento de la economía sino también amenaza las condiciones de vida de muchos seres humanos en cualquier parte del mundo.

En el presente en México no hay medidas técnicas que permitan reducir las emisiones de CO_2 que se generan por la combustión de los insumos fósiles, en este plano y con economías totalmente dependientes de los hidrocarburos, una imposición sobre el carbono garantizaría una recaudación impositiva segura, que sería más o menos estables en el corto y mediano plazo, esto permitiría poder financiar una reforma fiscal verde.

2.8.- Historia de los impuestos y del gasto

Antes de continuar con la explicación de los impuestos ambientales es necesario hacer un paréntesis para hacer hincapié en las características de los impuestos fiscales y saber cuáles son algunos de los resultados que pueden generar en la economía. Un impuesto es una medida fiscal utilizada para hacer cumplir ciertos reglamentos entre nuestra sociedad.

Son una herramienta utilizada por el gobierno para poder extraer recursos de los hogares y de las empresas y transformar este recurso obtenido en consumo o inversión, el dinero recaudado a través de los impuestos es el vehículo mediante el cual se transfieren recursos reales de los bienes privados a los bienes colectivos. Los efectos de los impuestos afectan básicamente a dos sectores principales de la economía que son la distribución y la renta, generando en variadas ocasiones efectos negativos en la economía, una característica de los impuesto es que gravan los bienes – las actividades económicas como el trabajo, la inversión en capital, el ahorro o la asunción de riesgos- y, por lo tanto, reducen los incentivos para realizar estas actividades por lo que la eficiencia de un impuesto es un tema muy importante al momento de evaluar los resultados de un gravamen (Samuelson y Nordhaus: 1996).

Una nuevo enfoque que se ha estado fortaleciendo en los últimos años es gravar la contaminación y las externalidades negativas que se generan, estos impuestos se han denominado impuestos verdes porque tienen dos objetivos una es ayudar al medio ambiente y la otra es recaudar ingresos, que pueden servir para financiar actividades del gobierno o para que se reduzcan impuestos de otros tipos como los aplicados al capital o al ahorro.

Según Samuelson y Nordhaus (1996) los impuestos verdes son doblemente eficientes: el Estado recauda ingresos y el medio ambiente mejora debido a que los impuestos reducen los incentivos para producir externalidades negativas. De igual forma otra forma de ver que tan eficiente es un impuesto ambiental podrá apreciar en como este impuesto igualará el costo marginal social de la población con el costo marginal social de la empresa ya que el impuesto será equivalente a la brecha que haya existido entre estos dos sectores la economía.

2.9.- Características de los Impuestos ambientales y su impacto distributivo

Los retos ambientales que se presentan hoy en día son cada vez más complejos, esto genera una presión extra a los gobiernos y los obliga a establecer medidas de mitigación que respondan a los daños ambientales que se generan al medio ambiente, a través de la implementación de algún mecanismo que no afecte de manera significativa el crecimiento económico actual o futuro. La implementación de la herramienta adecuada en el momento oportuno contribuirá a conseguir los objetivos planteados.

En los últimos años la herramienta que se ha popularizados para tratar de resolver algunos problemas ambientales son los impuestos, que presentan características positivas, como la eficiencia económica, el rendimiento ambiental y aumenta los ingresos del gobierno (OCDE 2012, p.157). Para poder alcanzar las características antes mencionadas es necesario diseñar de manera correcta el impuesto y considerar las características políticas, económicas y sociales del territorio donde se aplicará.

De acuerdo al Banco Mundial (2009) la implementación de impuestos ambientales proporciona un incentivo para modificar conductas (A juzgar por los resultados de los programas aplicados en China, Colombia y Filipinas), muchos gerentes optan por tomar medidas para controlar la contaminación ante la perspectiva de tener que pagar impuestos excesivos y en forma regular por las emisiones generadas.

Lo recaudado por los impuestos ambientales debe enfocarse en dos aspectos: el Estado debe dirigir parte de lo recaudado hacia proyectos ambientales y otra parte que se recaude re direccionarse a empresas que generen externalidades y estén dispuestas a modificar sus procesos productivos (Mendezcarlo, Medina y Becerra: 2010).

El impuesto ambiental debe de cumplir con determinados aspectos para poder considerarse eficiente en palabras de Labandeira y Gago (1998), el primer aspecto es la eficacia ambiental es decir, la capacidad de alterar las conductas de los

agentes en sentido favorable para el medio ambiente y depende directamente del tipo de impuesto aplicado.

Otro aspecto importante que deben de cumplir es la efectividad fiscal, en complemento con la eficacia ambiental los impuestos ambientales deben de ser efectivo fiscalmente, tiene que ver con la capacidad de gestión administrativa. En este sentido, las ventajas de los impuestos ambientales sobre productos son evidentes y se asocian a procedimientos administrativos preexistentes y a costes de aplicación, control e inspección más reducidos.

La incidencia económica que tenga el impuesto es otra pieza clave para el buen funcionamiento de un impuesto, al estar tan estrechamente ligados a las actividades productivas y de consumo, podemos suponer que los impuestos ambientales tengan una incidencia compleja, muy relevante en términos económicos, y, por ello mismo, polémica en las discusiones de política tributaria.

1) Tratándose de impuestos sobre *inputs*, debemos ser conscientes de que con ellos afectamos a un determinado proceso productivo o a una tecnología de producción. En consecuencia, su eficacia ambiental dependerá de cómo sea sentido por las empresas el incentivo a descontaminar.

2) Por último, en el caso de los impuestos sobre *outputs*, será muy importante que conozcamos con antelación cómo son las elasticidades de demanda de los productos gravados y si existen o no bienes sustitutivos de características ambientales positivas.

Finalmente el efecto distributivo del impuesto evidenciará los efectos que el impuesto haya logrado en la economía. Dada su naturaleza de impuestos indirectos, podría esperarse que la distribución de su carga fuese regresiva. De una manera tan general, sin embargo, no es posible anticipar que eso sea lo que vaya a ocurrir siempre. Entre otras cosas, porque ello dependerá de la elasticidad de los consumos gravados y de la incidencia de las figuras tributarias sustituidas, si éste fuese el caso.

Los impuestos ambientales presentan principalmente dos beneficios económicos cuando se les compara con otros instrumentos ambientales. Según la OCDE (2012) los impuestos ambientales generan eficiencia estática (se implementan las medidas de reducción que presentan un menor costo) se logra alcanzar una meta ambiental especificada al menor costo posible para la sociedad. Por otro lado, se genera eficiencia dinámica, el incentivo de reducción se plantea para todos los niveles de emisiones, aun cuando se haya logrado alcanzar determinado nivel de reducción.

3.- Doble Dividendo

3.1.- El efecto del Doble Dividendo en una Política Fiscal Verde y el cambio climático

El crecimiento desmedido de la población y la necesidad de satisfacer las demandas de una sociedad creciente necesitan cada vez una mayor cantidad de recursos naturales para la elaboración de los bienes y servicios que se reclaman. Todo esto ocasiona un aumento en la presión sobre el uso irracional del ecosistema lo que pone en peligro el bienestar ambiental de los ciudadanos presentes y futuros.

Los problemas ambientales han saltado a la escena pública principalmente en las últimas décadas, donde se ha dado una correlación positiva entre el crecimiento económico y la degradación ambiental, esto ha ocasionado una preocupación cada vez mayor a nivel mundial. Los problemas ambientales parecen multiplicarse y el daño ambiental se presenta con diferentes grados de severidad en cada parte del mundo.

Desde que se publicó el libro de *Silent Spring* (Primavera Silenciosa) de Carson en 1962, se mostró y reconoció a nivel internacional el impacto y deterioro que las actividades antropogénica han generado sobre la naturaleza, en donde los sistemas de producción se han basado en la extracción desmedida de recursos naturales (Perevochtchikova 2014, p. 17). Esto ha puesto en la escena internacional la necesidad de establecer medidas que garanticen la sobrevivencia de la humanidad en el largo plazo y la premura por generar un cambio de paradigma de la gestión de los recursos naturales.

Debido al deterioro ambiental del mundo entero, desde hace más de cuatro décadas se han desarrollado un cúmulo de iniciativas a nivel internacional encaminadas hacia el desarrollo sustentable y la conservación ambiental, con el objetivo de asegurar la permanencia de los recursos naturales para las generaciones futuras.

Los efectos negativos que se relacionan con el cambio climático han puesto al desarrollo sostenible como una meta a la cual la mayor parte de los países quieren llegar, la interiorización de las externalidades ambientales negativas ha tomado mayor fuerza tanto para el gobierno, como para las empresas y la sociedad. El problema del cambio climático es un ejemplo evidente de la presencia de externalidades ambientales en las economías que cuentan con un libre mercado: el cambio climático representa para la economía la mayor externalidad negativa posible (Stern 2007).

Esta falla de mercado puede solucionarse con algunos arreglos institucionales o mediante la intervención pública (Labandeira*, et. al*., 2008, p. 32). La primera opción queda descartada por motivo de que son diversos agentes los que causan y sufren el problema, la segunda opción ha dado lugar a la aparición de políticas ambientales. Las medidas ambientales que han aparecido fundamentalmente son las de comando y control[7] y los instrumentos económicos y de mercado.

La preocupación por los efectos ocasionados por el cambio climático ha generado la aparición de nuevas políticas públicas encaminadas a mitigar y/o adaptarse a los efectos adversos ambientales de los cuales las actividades humanas han sido un factor importante en la aceleración de los cambios en el planeta tierra. Los instrumentos económicos se han convertido en una herramienta útil y frecuentemente utilizada por los tomadores de decisión para establecer mecanismos de regulación ambiental.

Los economistas han respaldado el uso de instrumentos económicos como herramienta para dar solución a los problemas ambientales. A diferencia de los instrumentos económicos de la economía ortodoxa estos mecanismos proporcionan flexibilidad a los contaminadores mediante la introducción de precios por contaminar, asignándole un valor a la afectación que ocasionan y de esta forma simulan un comportamiento de mercado, alcanzando diferentes niveles de contaminación ambiental con un mínimo costo. Igualmente, los precios influirán en el desarrollo de tecnologías más limpias que evitarán los pagos por contaminar en el futuro (Labandeira, et. al., 2008, p. 34).

Según Labandeira et. al (2008) entre los instrumentos económicos se encuentran los impuestos ambientales que, además de corregir las externalidades ambientales (primer dividendo o beneficio) hace posible que con lo recaudado se pueda disminuir la carga fiscal de otros impuestos (imposiciones sobre la renta o cotizaciones sociales) sin que la cantidad de ingresos del Estado se vea modificada (neutralidad recaudatoria). El resultado de la ganancia de bienestar que se origina con el cambio fiscal se conoce como segundo dividendo de la imposición ambiental.

Este tipo de modificaciones se conocen como Reformas Fiscales Verdes (RFV) y representan una propuesta fiscal novedosa que tiene el objetivo de conjugar intereses de la economía del medio ambiente y de la hacienda pública (Rodríguez

[7] Los instrumentos de comando y control son un tipo de regulación directa y consisten en la promulgación y obligatoriedad de leyes y normas que pretenden alcanzar objetivos ambientales y de manejo, conservación de los recursos naturales y cuidado del medio ambiente. Se basan en la coerción-sanción con la que norma el Estado y algunos acuerdos de carácter internacional, para ejercer un control normativo en los diferentes sectores de la sociedad (individuos, empresas y gobiernos). Para mayor información consúltese Field y Field (2003), Azqueta (2002) y Smith (2011).

2002, p.7). Básicamente este tipo de reformas verdes consisten en una reforma fiscal a través de la cual los impuestos ambientales que se recaudan son utilizados para financiar la reducción en otros impuestos que distorsionan al sistema económico, como pueden ser impuestos sobre el capital y el trabajo (Acuatella *et al*, 2005).

3.2.- ¿Qué es el doble dividendo?

La política ambiental puede ocasionar efectos positivos adicionales a la reducción de las emisiones. Existe un concepto llamado el "doble dividendo" (Pearce, 1991 y Oates, 1995) que hace referencia a dos posibles beneficios: la mejora del medio ambiente y la mejora económica que podrían obtenerse utilizando los ingresos de la fiscalidad ambiental para reducir otros impuestos tradicionales. La idea consiste en sustituir impuestos que gravan actividades "positivas", como por ejemplo el trabajo, el ISR, la inversión, etc. por impuestos que graven actividades negativas, como por ejemplo la generación de la contaminación ambiental.

La hipótesis del doble dividendo surge a mediados de los 80´s con la aparición del trabajo de Terkla (1984), en donde analiza la capacidad que tendría un impuesto ambiental para mejorar la eficiencia del sistema fiscal cuando lo que se obtiene se utiliza para reducir otros impuestos existentes. Otros autores como Tullock (1967), Kneese y Bower (1968) o Baumol y Oates (1979) ya habían analizado casos similares.

El concepto del doble dividendo consiste en que los impuestos ambientales tiene tienen un doble beneficio: El primer beneficio es la mejora del medio ambiente y el segundo es que puede reducir las distorsiones de los impuestos existentes. Sin embargo, el doble dividendo puede ser negativo en el segundo caso si los ingresos obtenidos por impuestos ambientales no se utilizan para reducir los gravámenes. El no reciclar impuestos crea un aumento en la distorsión del mercado (Pearce, 1991 y Oates, 1995).

Es importante destacar que estos instrumentos de gestión innovadora tienen propósitos ambientales, más que fiscales o recaudatorios, y teóricamente debiera realizarse bajo criterios de neutralidad fiscal (doble dividendo) que consiste en la sustitución parcial de impuestos existentes por impuestos ambientales de tal forma que, en términos netos, no implique una carga tributaria adicional con respecto al actual régimen impositivo, porque los nuevos impuestos introducidos se compensarían con rebajas equivalentes de los impuestos existentes (Acuatella *et al*, 2005).

La política fiscal tradicionalmente tiene 3 roles: asignación, distribución y estabilización (Musgrave y Musgrave, 1991). La fiscalidad ambiental añade a éstos

un objetivo más: la penalización (motivación) de ciertas conductas con el fin de coadyuvar a la política ambiental. El papel que tiene el impuesto en cuestiones ambientales marcará el punto de salida para establecer acciones que permitan alcanzar los objetivos ambientales. El principal objetivo de los impuestos ambientales es mejorar la calidad del medio ambiente y conservar la eficiencia fiscal, manteniendo el presupuesto público sin modificaciones (Acuatella *et al*, 2005).

3.3.- Tipos de doble dividendo

Las reformas fiscales verdes tratan de unir objetivos ambientales con objetivos socioeconómicos, como son un incremento en el empleo o una mejora en la eficiencia (Gago et al, 1999). El primer objetivo de una reforma fiscal verde es la regulación del medio ambiente contribuyendo a la reducción de las emisiones a través del cobro de una cuantía si los agentes contaminantes exceden determinado límite antes establecido.

Lo innovador que incorpora las reformas fiscales verdes es la manera en que relaciona los cambios fiscales y la regulación al medio ambiente en una propuesta que pone a la imposición ambiental en el principal eslabón de los cambios tributarios. Se plantea que los impuestos ambientales se utilicen para disminuir impuestos directos. En la práctica se puede aplicar de la siguiente manera como se refiere Gago et. al. (1999):

- Insistencia en los recortes de la imposición directa aplicados por el modelo extensivo, básicamente en los tipos marginales de impuestos sobre la renta.
- Suavización de la fiscalidad sobre el empleo, con propuestas de la reducción de las cotizaciones empresariales a la seguridad social aplicadas de manera discriminatoria a los segmentos o clases de desempleo de menor cualificación y de un carácter crónico más acusado.
- Compensaciones recaudatorias por medio de la imposición ambiental por una triple vía: adaptando las accisas tradicionales al argumento ambiental, incorporando nuevos impuestos ambientales “puros” (directamente calculados a partir de las emisiones de contaminantes), y corrigiendo la imposición directa tradicional para no incentivar comportamientos pocos respetuosos con el medio ambiente.

La manera en cómo se canalicen los recursos económicos recaudados o el manejo que se les dé a éstos, determinará los efectos que la RFV tendrá sobre la economía donde sea aplicada. Los resultados del doble dividendo pueden arrojar

un dividendo fuerte o uno débil, dependiendo de las características en las cuales fue elaborado el impuesto ambiental, según Goulder (1994):

- La forma de **doble dividendo "débil"** se refiere a que el reemplazar impuestos distorsionadores por un impuesto ambiental tiene menores costos asociados, que el caso de devolver la cantidad recaudada por el impuesto ambiental en una transferencia de tanto alzada. Por lo tanto al introducir un nuevo impuesto ambiental, se obtienen mayores beneficios al reducir otro impuesto distorsionante, lo cual genera un segundo dividendo.

Al utilizar los ingresos para financiar reducciones en las tasas marginales de otros impuestos distorsionadores se logra alcanzar un ahorro en costos relativos donde el ingreso del impuesto se devuelve al contribuyente, esto provocará un menor crecimiento económico y un menor bienestar social (Rodríguez 2002, p.14).

- Por otra parte el **doble dividendo "fuerte"** considera que al reemplazar un impuesto distorsionante por otro ambiental se obtiene un segundo dividendo en términos de una reducción en los costos tributarios. Lo que aquí se plantea es que la introducción de un impuesto "verde", al reemplazar otro impuesto distorsionante, tiene costos netos menores que cero. Es decir, al realizar la reforma tributaria se corrigen distorsiones presentes en el sistema disminuyendo los costos de los impuestos.

El reciclaje de impuestos ambientales a través de la reducción de cotizaciones sociales a cargo de los empresarios, es una de las aplicaciones más utilizadas, una RFV con estas características arrojara un doble dividendo principalmente sobre el empleo (Rodríguez 2002, p.14).

Con los planteamientos de Goulder (1994) se puede discernir entre un doble dividendo fuerte y uno débil, marcando las características principales de cada uno y definiendo claramente cuando se dan queda establecido que un doble dividendo débil se obtiene cuando los ingresos ambientales son reutilizados para disminuir otros impuestos distorsionante y así contraer los efectos sobre el bienestar, en comparación con la opción de devolver los beneficios mediante transferencias, y el doble dividendo fuerte se daría cuando los costes de bienestar no ambientales creados por una reforma fiscal son nulos. Es decir, cuando la suma de los costes primarios y el efecto interacción fiscal son compensados por los beneficios proporcionados por el efecto reciclaje. (Rodríguez, 2005).

Repetto et. al. (1992) muestran que las reformas impositivas "verdes" pueden mejorar el bienestar de la economía si se recicla los ingresos para reducir otros

impuestos más distorsionadores. Goulder (1994) enumera las condiciones generales para que los costes de una reforma fiscal verde sean lo más reducido posible. Para ello deberá ocurrir lo siguiente:

1. En la economía existan diferencias significativas en los excesos de gravamen creados por el sistema fiscal.
2. El exceso de gravamen del impuesto ambiental debe incidir sobre el bien o factor productivo que soporta un menor exceso de gravamen global.
3. La base impositiva del impuesto ambiental debe ser amplia, minimizando las distorsiones creadas en los mercados.
4. La recaudación del impuesto ambiental debe financiar una reducción de los tipos impositivos que gravan el bien o factor productivo que soporta un mayor exceso de gravamen marginal.

Las tres primeras condiciones minimizan el efecto interacción fiscal (los costes de eficiencia de la imposición ambiental), mientras la cuarta y última tendría por objetivo asegurar un efecto reciclaje lo más intenso posible.

3.4.- Beneficios de un doble dividendo

Terkla (1984) encontró dos beneficios que se traerían con la introducción de un impuesto ambiental de manera neutral en términos recaudatorio, es decir, manteniendo el presupuesto público inalterado. En primer lugar, el encareciendo de las actividades productivas y de consumo provocadas por un impuesto ambiental, sobre aquellas que generan una externalidad negativa, representa un desincentivo que permitirá reducir su incidencia negativa en el bienestar social. En segundo lugar, en la medida en que los impuestos ambientales son capaces de generar ingresos públicos, como cualquier otro impuesto, podrían ayudar a la consecución de objetivos puramente económico-fiscales.

Reafirmando lo anterior los beneficios de un doble dividendo pueden arrojar resultados positivos tanto para el medio ambiente como para la sociedad, al gravar actividades contaminantes se desincentiva a los generadores de las externalidades a continuar con sus procesos productivos tan contaminantes, haciendo que estos **busquen nuevos procesos productivos** menos dañinos para el medio ambiente y por otro lado se **busca la disminución de otro tipo de impuestos directos** que distorsionan el funcionamiento económico y de esta forma se incentive un crecimiento en la economía. Los argumentos que plantea Terkla (1984) son muy similares a los que llegaría más tarde Pearce (1991) para enunciar la hipótesis del doble dividendo.

3.5.- Interacciones entre un impuesto ambiental y las distorsiones creadas por el sistema

Las reformas fiscales en los países de la OCDE han tenido una característica básicamente general la mayor parte de ellos son neutrales en la recaudación. En términos generales, su instrumentación consiste en la introducción de nuevos cargos o impuestos ambientales y la eliminación o disminución de otros impuestos. En algunos casos a cambio de la creación de impuestos ambientales se han disminuido impuestos sobre la renta o sobre el trabajo. En otros países estos recursos se canalizan a la inversión en ahorro energético o a la disminución de impuestos que afectan a la industria (Barde, 2002).

En los últimos años se despertó un gran interés por la aplicación de un impuesto ambiental neutral (véase, por ejemplo, Von Weizsäcker y Jesinghaus, 1992), que consiste en que los cargos derivados de la contaminación se complementa con la reducción de otros cargos fiscales que tiene por objetivo disminuir los impactos recesivos ocasionados por la reducción de la demanda. De esta forma, el cobro a los sectores más contaminantes es compensado por la reducción de la carga fiscal de otros impuestos, específicamente por los impuestos directos e indirectos.

Este tipo de políticas ambientales beneficia a los sectores poco contaminantes, para los que la reducción de la carga fiscal de los impuestos directos e indirectos, representa un beneficio que los hace producir más, en cambio los sectores más contaminantes tienen que soportar una mayor carga fiscal derivada de las externalidades que generan, esto estimulará la adopción de nuevas tecnologías en el proceso productivo, en todo caso una reducción en la producción de estos sectores.

Los resultados que se esperan obtener de la imposición de un impuesto ambiental es que el sistema de precios en el mercado se modifique de tal forma que refleje los costos reales del producto incorporando las externalidades que se generan, de esta forma se elevarán los precios de los bienes y servicios, en la medida en que sean contaminantes, según Fernández (1999), se pretenden dos objetivos específicos con una reforma fiscal verde:

a) A corto plazo, reducir la producción, consumo o utilización de los bienes y servicios que impliquen mayor daño al ambiente.

b) A mediano y largo plazo, inducir un cambio tecnológico generalizado encaminado a la adopción de tecnologías más limpias y favorables al

ambiente, que posibiliten el crecimiento económico conjuntamente con una reducción del daño ecológico.

Los resultados esperados son visualizados a largo plazo en donde se logre dar una reconversión de los métodos y técnicas de producción volviéndolas más eficientes y menos contaminantes. El impuesto ambiental debe de influir directamente en el comportamiento de los agentes económicos, por lo que es necesario que se vincule el impuesto directamente al problema.

En este sentido platea Rivadeneira *et. al*. (2011) es necesario instaurar mecanismos económicos para el control de la contaminación que apoyen de forma complementaria a la regulación ambiental ya existente, sin que esto implique que los mecanismos de regulación vigentes deban desaparecer o ser sustituidos por los instrumentos económicos. Por el contrario, se trata de diseñar una política complementaria. Como señalan Jofra y Puig (2014), lo aconsejable es la utilización simultánea de instrumentos económicos y no económicos para combatir la degradación ambiental.

Para poder aplicar un impuesto ambiental y que este sea exitoso es necesario que se cuente con el respaldo de la sociedad, por lo que el impuesto debe de tener un propósito claro y difundirse entre la población. La implementación de los impuestos debe ser gradual y con información suficiente, de esta forma se podrá asegurar un respaldo por parte de la sociedad (Barde 2002).

3.6.- El Doble Dividendo y los impuestos ambientales sobre el CO_2

En palabras de Rodríguez (2001) el impuesto más significativo en la literatura que aborda el doble dividendo de la imposición ambiental es un impuesto sobre las emisiones de bióxido de carbono (CO_2). Y ello es así por dos motivos: (i) su objetivo es reducir las emisiones de un gas que representa aproximadamente el ochenta por ciento de los gases causantes del efecto invernadero del planeta; (ii) es capaz de generar importantes ingresos fiscales estables a corto y medio plazo.

Hoy en día no se han formulado medidas técnicas que sean capaces de reducir las emisiones de CO_2 que se originan mayormente durante la combustión de hidrocarburos. Si introducimos un impuesto al CO_2 al mismo tiempo que reducimos otros impuestos, probablemente alcanzaremos un “doble dividendo”, debido a que combinará políticas encaminadas a las reducciones de emisiones de carbono y al mismo tiempo al disminuir los impuestos directos aumentará el empleo (Zhang y Zhang 2013, p.124).

Los cargos por contaminación, como los impuestos igualan las reglas del juego para todas la fabricas, fijando el mismo precio para cada unidad de contaminación. Conforme a este sistema, las empresas tienen libertad para ajustar sus operaciones hasta minimizar los costos relacionados con (cargos más el costo de disminuirla). Este sistema minimiza los costos globales de reducción de la contaminación e incentiva a las empresas a emplear procesos de producción más inocuos para el medio ambiente, introduciendo tecnología más limpia y menos contaminante para el medio ambiente (Banco Mundial 2002).

El impuesto sobre el CO_2 reflejará el principio de “quien contamina paga” donde el principal objetivo de este impuesto será reducir las emisiones; los ingresos obtenidos de este impuesto se puede distribuir ya sea disminuyendo impuestos distorsionantes directos o devolviendo lo recaudado R(x) a los ciudadanos mediante transferencias sociales, lo cual no producirá ninguna mejora social. El cargo por contaminación no solo reduce las emisiones sino que también genera ingresos públicos (Banco Mundial 2002, p. 32).

En los años 70´s, los economistas William Baumol y Wallace Oates escribieron una obra, convertida en un clásico, en la que explican cómo adaptar los cargos por contaminación, a políticas reales. Recomendaron un método que consta de cuatro etapas:

1. Establecer objetivos de calidad ambiental
2. Calcular la reducción de la contaminación necesaria para alcanzar estos objetivos
3. Estimar el costo marginal de reducción de la contaminación hasta el nivel deseado
4. Fijar un cargo por contaminación igual al costo marginal estimado.

Si el cálculo es correcto, la contaminación debería descender hasta el nivel deseado; de resultar erróneo, el cargo puede aumentarse si la disminución de la contaminación es muy poca y reducirse si es demasiada.

El beneficio que se produciría por una mejora en la eficiencia económica derivada de la sustitución de impuestos se puede representar por E[R(x)], esta función cumple las siguientes propiedades: E´(R)> 0, E´´(R)< 0. Los cambios en el bienestar social (dW) generados por la RFV equivaldrían a la suma del valor de la eficiencia de la recaudación más el valor social de la mejora ambiental:

$$dW = \int_{x}^{c} \lfloor BMPN(n) - CME(n) \rfloor dn + E\lfloor R(f(x)) \rfloor$$

$BMP(x)$=Beneficio Marginal Privado (diferencia entre los beneficios del consumidor y productor y los costos de producción en los que incurre la empresa.

CME(x)= Costo Marginal Externo producto de la contaminación.

Si se devuelve a la sociedad lo recaudado a través de transferencias, el único objetivo del impuesto habrá sido corregir la externalidad negativa. Aquí los cambios en el bienestar social (dW) generados por la RFV sería igual al valor de la mejora ambiental, el valor de la eficiencia de lo recaudado E[R(x)] sería nulo.

La introducción de un impuesto sobre el carbono según Zhang y Zhang (2013) se traducirá en un aumento de los precios de los recursos utilizados en el proceso productivo, así como un aumento en los costos de mitigación por parte de la empresa, en donde esto en el largo plazo incidirá en un cambio en la capacidad instalada y en una mejora en el proceso productivo con el objetivo de reducir al mínimo los costos.

Al elevarse los precios se tiende a disminuir la intensidad de la contaminación de la industria en general, porque los sectores que procesan materias primas pesadas (y generan la mayor contaminación) disminuyen el consumo de aquellos bienes que han aumentado sus precios o por otro lado también se induce a la sustitución de tecnología y se deja de lado los procesos que requieren mayor cantidad de insumos e inversión en capital. (Banco Mundial 2002, p. 36).

Un impuesto sobre CO_2 presenta una base impositiva relativamente amplia debido a que la mayor parte de las actividades económicas utilizan como insumo combustibles fósiles. Los ingresos que se obtengan mediante este impuesto serán estables a corto y mediano plazo, debido a que inducir un cambio tecnológico de manera rápida con el objetivo de sustituir el uso de combustible fósil no es una opción que se lleve a cabo de manera inmediata y tampoco existen medios técnicos que reduzcan de manera significativa las emisiones durante el proceso productivo (Rodríguez 2001, p.12). Por tanto la imposición de un eco impuesto al CO_2 se plantea como una medida viable que puede contribuir a la mitigación de los efectos del cambio climático, ya que incentivará al sector productivo a generar una disminución de la cantidad de emisiones que arrojan al medio ambiente con el objetivo de disminuir sus costos de mitigación.

Las reformas fiscales verdes con disminuciones en las cotizaciones sociales pagadas por los empresarios podrían proporcionar dividendos positivos tanto en función del medioambiente, como en el empleo y el PIB. Para que una RFV

produzca un doble dividendo es necesario que la mejora ambiental, la disminución de la externalidad negativa sobre la producción de la economía, sea lo suficientemente intensa para contrarrestar el efecto adverso sobre el nivel de actividad.

Hay que tener claro que una RFV va más allá de evitar los incrementos fiscales, debido a que el reciclaje de los ingresos de los impuestos ambientales permite generar ganancias, aumentando el empleo principalmente. Una reforma fiscal verde puede representar una forma indirecta de acometer una reforma fiscal necesaria, capaz de resolver la oposición social y política, frente a una reforma tributaria acometida de manera directa y explícita.

Para que una RFV tenga efectos positivos sobre la economía y se cumpla la hipótesis del doble dividendo, tiene que ir acompañada de un conjunto de acciones previamente establecidas como son: la concientización de los beneficios de la mejora ambiental y el establecimiento anticipado de las acciones que se llevarán a cabo con el dinero recaudado y por supuesto darlo a conocer entre aquellos entes económicos que serán los que absorberán este impuesto ambiental.

La fiscalidad ecológica es un buen instrumento para proteger y mejorar el medio ambiente, pero tiene que tenerse presente que algunos efectos de los impuestos ecológicos tiene consecuencias negativas sobre la economía, para lo cual se debe de tener una estrategia que permita hacer frente a los problemas económico, políticos y sociales que se puedan derivar de ello.

3.7.- La eco-innovación, las externalidades y el doble dividendo

Los impuestos ambientales tienen un efecto positivo hacia la innovación, ya que incrementa los costos de la contaminación y plantea un incentivo para el desarrollo de nuevas tecnologías que respondan a la mitigación de los principales contaminantes para lo cual se planteó el impuesto. El desarrollar y usar estas nuevas tecnologías generaran una reducción del costo social al disminuir las externalidades y a su vez responder a los retos ambientales.

La innovación tecnológica tiene un papel importante como un mecanismo que permita alcanzar un desarrollo sustentable, es indispensable que esta sea promovida en el sector industrial debido a los beneficios económicos y ambientales que acarrea. Al llevar la eco-innovación a la práctica esta genera de manera automática un aumento del valor añadido debido a que el producto generara un menor impacto ambiental (Del Rio, *et al* 2010). Debido a que se innovan procesos/productos/servicios con menores afectaciones al ambiente.

Cada vez es mayormente aceptado a nivel internacional la proliferación de mecanismos innovadores para tratar de reducir las emisiones, esto ha originado un nuevo modelo de lucha contra la contaminación. La eco-innovación tiene por objetivo, alcanzar un desarrollo sostenible, utilizando a la innovación como elemento clave para lograrlo.

La justificación de una intervención pública para promover la eco-innovación se fundamenta en la internalización de las externalidades ambientales. Este enunciado proviene de considerar que los problemas ambientales son, derivados de una falla de mercado al no internalizar los costos asociados a la contaminación en los precios.

La propuesta política que se plantea es la internalización de las externalidades a través del uso de instrumentos de mercado (impuestos o permisos de contaminación) que ocasionan costos extras para las empresas debido al uso de tecnología convencional que no contribuye a reducir las emisiones. Este incremento en los costos de producción de las empresas conducirá a la sustitución de tecnología obsoleta por eco-innovaciones (Del Rio, *et al* 2010). Los cargos por contaminación dan buenos resultados porque proporcionan incentivos económicos para estimular el empleo de procedimientos más inocuos para el medio ambiente y al mismo tiempo otorga máxima flexibilidad a los gerentes de la planta (Banco Mundial 2002, p.33).

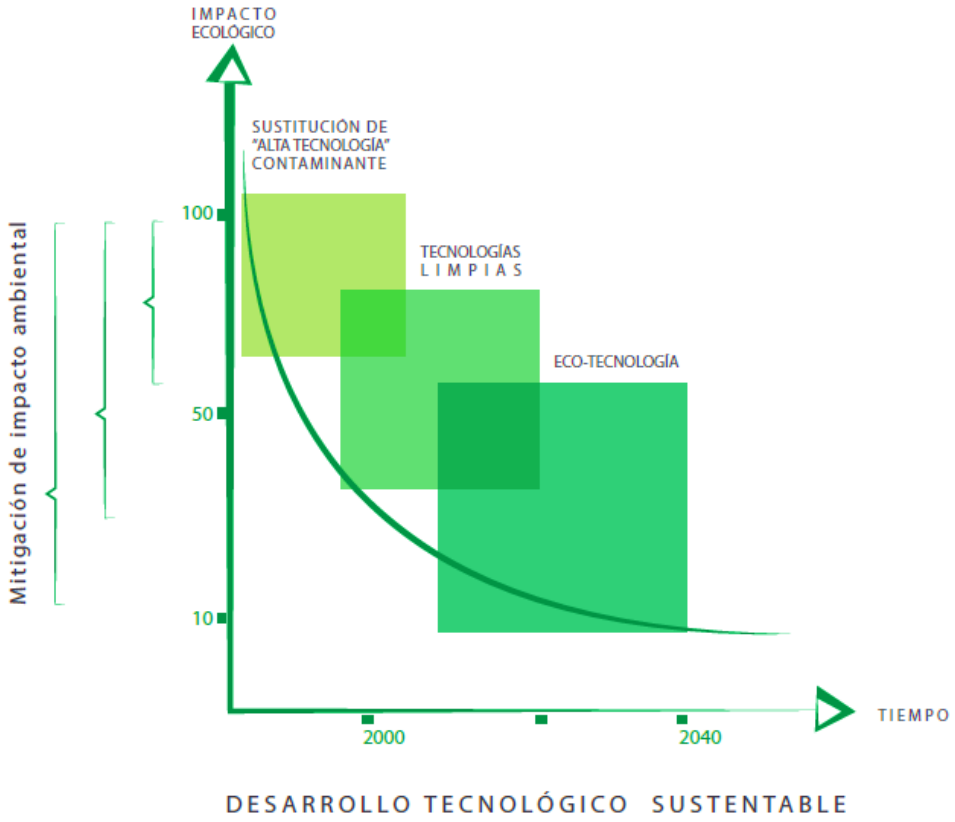
La eco-innovación se postula como un elemento central de la competitividad en un futuro de las empresas y la economía además que permite responder a las exigencias crecientes en materia de desarrollo sostenible y a la vez que ayuda a mejorar la competitividad de las empresas. Así la eco- innovación se puede considerar como un elemento central para convertir al medio ambiente en un vector de innovación aplicado tanto a bienes como a servicios, contemplando de manera integral el ciclo de vida y las afectaciones de los mismos. Algunos de los beneficios potenciales que se pueden alcanzar mediante la eco-innovación según la revista Ecodiseño 2011 son:

- Reducir los costes de fabricación y distribución
- Facilitar la creación de nuevas oportunidades de mercado
- Refuerzo de la marca y de la imagen debido a la sensibilización por temas ambientales.
- Cumplimiento de las normativas ambientales.
- Mejora en la calidad de los productos mediante el incremento de su durabilidad y funcionalidad haciéndolos más fácil de reparar y reciclar.
- Mayor valor añadido de sus productos.
- Acceso a los mercados de compras ambientales.

- Acceso a los sistemas de eco-etiquetado.
- Ampliación del conocimiento del producto y procesos involucrados.

A través de la eco-innovación se pretende potenciar el desarrollo de enfoques y tecnologías que generen cambios estructurales en la productividad empresarial, donde los resultados seas palpables en el largo plazo. Moser 1966, afirmó que las eco tecnologías sustituirán a la alta tecnología que son derrochadoras de energía y altamente contaminantes y las tecnologías limpias serian una posibilidad de mediano plazo para poder llegar a llevar a cabo esta transición (Ver Gráfica 1.6).

Gráfica 1.6.- Transición tecnológica propuesta por Moser (1966)



Fuente: Ortiz, *et al. 2014.* La eco-tecnología en México. México: Imagia.

Como platea Leff 2005, la innovación tecnológica se orienta hacia la producción de tecnoestructuras[8] sustentables y altamente productivas, en las que el uso de

[8] La tecnoestructura está formada por la valoración cultural de los recursos del ecosistema y por las condiciones socioeconómicas de la organización productiva que determinan la factibilidad de aplicar diversas opciones tecnológicas (p. 247)

materiales limitados responda a un aumento real de la productividad social; así, evita la multiplicación de medios de producción y bienes de consumo que generan los procesos de "creación destructiva" y de obsolescencia planificada, determinados por las condiciones de recirculación y reproducción del capital (p.221-222).

La coacción de los impuestos ambientales, impulsará al sector industrial a convertir sus procesos productivos en acciones más amigables con el medio ambiente. Al contar con tecnologías más eficientes los complejos industriales reducirán sus costos, específicamente de insumos necesarios para la producción y de la energía utiliza en su proceso, esto en el mediano plazo incidirá directamente tanto en el medio ambiente como en la economía, fomentando el origen de un doble dividendo positivo como resultado de los impuestos ambientales.

4.- Aplicaciones medioambientales del Modelo Insumo Producto

4.1.- Modelo Insumo-Producto vs Modelo de Equilibrio General

En los últimos años, las corrientes económicas han elaborado una cantidad inmensa de modelos económicos multisectoriales, que permiten llevar a cabo diferentes análisis sobre efectos de factores externos en la economía que pueden ocasionar variaciones en el sistema económico. Muchos de estos modelos se inspiran en el trabajo elaborado por Leontief (fix-price model)[9].

Cuando se analizan los modelos elaborados se discuten diferentes argumentos a favor o en contra de cada uno, así como las ventajas y desventajas que plantean. Entre los modelos mayormente utilizados se encuentran los Modelos de Equilibrio General Aplicados (MEGA) y los Modelos de Insumo-Producto (MIP). Uno de los argumentos más comunes es que los MEGA son superiores, debido a que incorporan diversos supuestos que los hace más apegados a la realidad y en conclusión, se evidencia que en los MEGA los precios de los bienes se determinan de manera conjunta por la interacción entre la oferta y la demanda en el mercado, mientras que en los MIP los precios se determinan sólo por el lado de la oferta (Sobarzo 2011, p.238).

Por otro lado cabe destacar que los MIP por su parte mantienen la ventaja en la facilidad para poder interpretar los resultados que arroja el modelo, debido a que no están sujetos al juicio del modelador al adoptar supuestos diversos, que la mayor parte del tiempo dependen de valores de parámetros que no son muchas veces confiables como sucede en los MEGA. La MIP permite simulaciones flexibles y

[9] Para mayor información consultar Leontief 1986.

puntuales, al mismo tiempo que mantiene la sencillez y la trasparencia en el uso y manejo de los datos.

Sin embargo hay que tener en mente que un MIP en parte en un MEGA con un conjunto de supuestos específicos (Sobarzo 2011, p.238). La MIP representa una radiografía de las transacciones intersectoriales que realizan las unidades económicas, el consumo intermedio (nacional e importado) del sector industrial más lo que contribuyen los sectores de producción (valor agregado) por el lado de la oferta y por el lado de la demanda la suma de la demanda intermedia más la demanda final (que realizan los sectores: privado, público, inversión y exportaciones) (Bouchain y Vite 1999).

Otra característica importante es la cantidad de información requerida para poder elaborar un MEGA o una MIP. Para construir un MEGC es necesario contar con un volumen de información importante. Pero no sólo la cantidad de datos es lo que importa sino que también es crucial su consistencia. Esta información es indispensable para poder encontrar los parámetros del modelo, proceso conocido como calibración. Los MEGA necesitan información muy precisa para poder ser corridos, como son los índices de intensidad de contaminación sectorial y los acervos de capital, que por desgracia ese tipo de información no es elaborada en México de manera periódica. Por tal razón se eligió la elaboración del MIP para poder llevar a cabo esta investigación y poder evaluar los efectos de la instauración de un impuesto ambiental al CO_2, debido a que la información necesaria para elaborar el modelo está disponible en el INEGI y en la SEMARNAT.

4.2.- Efectos de la aplicación de un impuesto ambiental al CO_2 en México: Análisis mediante un Modelo de Insumo-Producto

Frecuentemente se han utilizado las Tablas de Insumo- Producto como un instrumento para conocer las interrelaciones existentes en el sistema productivo de la economía, debido a que ofrece un panorama cuantitativo de la interdepencia que existe entre los sectores del sistema económico. La dependencia entre los sectores es un elemento primordial que sirve para ver la afectación que se daría en la economía en su conjunto como resultado de algún cambio previsto en la economía.

En este trabajo se analiza mediante la Matriz de Insumo-Producto (MIP) de México de 2008 publicada en el 2013 por INEGI, el posible impacto que tendría en la economía y en las emisiones de bióxido de carbono la imposición de un impuesto ecológico. Se estudia a través de la MIP los cambios que significarían en las cantidades de producción (demanda) y en los precios (valor agregado) de cada una de las ramas económicas que la integran, el tener que absorber los costos de un impuesto ambiental.

Esta MIP de 2008 cuenta con la clasificación del Sistema Industrial de América del Norte (INEGI, 2002) en sustitución del anterior sistema que se utilizaba de Cuentas Nacionales de México que se basaba en la Clasificación Internacional Única (CIIU). Se desagrega en dos niveles de agregación: 20 sectores y 79 ramas o subsectores, que varía con las 73 ramas de la clasificación anterior. En este trabajo se utilizó la Matriz Simétrica Total de Insumo-Producto (Industria por Industria) por Subsector De Actividad.

El estudio comprende en primera instancia la clasificación de las 79 ramas de la Matriz Insumo-Producto en 20 sectores, los cuales fueron agrupados acorde a sus características de producción, de igual manera se utiliza como una fuente directa de información para poder elaborar este análisis los datos correspondientes a las emisiones de CO_2 para el año 2008 contenidos en el Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INEGEI) 1990-2010, publicado por la SEMARNAT en el 2013, donde a cada uno de los 20 sectores clasificados de la MIP se le asigna el total de las emisiones contenidas en el INEGEI.

Los cálculos de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que aparecen el INEGEI son para cinco de las seis categorías de emisiones definidas por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés): energía; procesos industriales; agricultura; uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura (USCUSS), y desechos, no se da información de solventes, que solo emite gases precursores de ozono, para lo efectos de esta investigación la falta de esta información no representa obstáculo para el análisis.

Se analiza cómo alcanzar una reducción de la contaminación a través de la disminución de la producción planteándose 4 escenarios hipotéticos, donde cada uno ocasiona efectos distintos para la economía y finalmente se procede a analizar una reducción de la contaminación ahora manteniendo constante la producción y tomando como supuesto una mejora tecnológica en los sectores más contaminantes de la economía mexicana.

El instaurar un impuesto relacionado con el medio ambiente puede distorsionar la economía del lugar donde sea aplicado, por ejemplo logra variaciones en la oferta laboral, debido a reducciones de la producción como resultado de la contracción de la demanda, ocasionada por variaciones en los precios. Como resultado de estos cambios se puede generar un efecto regresivo en el crecimiento económico. A fin de que el impuesto no se vuelva retroactivo se puede utilizar parte de sus ingresos recaudados para disminuir dichas distorsiones, por ejemplo reducir las tarifas fiscales de otros impuestos que afecten directamente las utilidades de las empresas (impuestos sobre la renta), esto puede ayudar a compensar algunos de los efectos no deseados del impuesto ambiental dentro del sistema económico.

Al buscar proteger al medio ambiente, los impuestos ambientales están predestinados, por naturaleza, a generar distorsiones en las decisiones de producción de los sectores industriales y tienen un impacto desproporcionado sobre los contaminadores (OCDE 2012, p.168).

4.3.- Modelo Insumo Producto

La Matriz de Insumo-Producto es el más venerable y útil instrumento de análisis empírico en economía. Uno de sus principales atributos es la capacidad para integrar en un esquema contable, las relaciones que definen la estructura productiva, lo cual ha permitido a los economistas, de todas partes, durante un largo periodo de tiempo, hacer frente a la planeación, evaluación y reordenamiento de diversas políticas económicas (Callicó *et. al*. 2000, p.5).

En palabras de Voskovic 1973, el modelo ilustra la naturaleza de la interrelación que existe entre los diversos sectores de la economía, en la que difícilmente se conciben modificaciones de alguna actividad que no exijan, de una manera directa o indirecta, variaciones de otras actividades. Por ejemplo se plantea la necesidad de incrementar la producción de un artículo manufacturado cualquiera, a fin de satisfacer una mayor demanda del mismo. No bastará en tal caso aumentar dicha producción en esa magnitud, pues la industria afectada necesitará, también aumentar sus compras de aquellas materias primas y productos intermedios que son necesarios para esa mayor producción.

Se define a la Matriz de Insumo Producto (MIP) como un esquema contable en el cual se describe el flujo de los bienes y servicios entre los diferentes agentes que participan en la actividad económica, ya sea como productor de bienes y servicios o como consumidor. En ella se centran los principales agregados que caracterizan a una economía, así como los sectores que la componen. Su base estadística se obtiene de la matriz intersectorial de México (Fuentes, 2005).

La idea original del desarrollo de la contabilidad de la interdependencia industrial es más vieja que el modelo de Leontief, ésta fue planteada por François Quesnay en 1758 y 1759[10] , donde publicó la tabla económica que era una representación esquemática de como los gastos pueden ser rastreados a través de un sistema económico. El trabajo de Quesnay fue el precursor del análisis insumo-producto de las transacciones interindustriales, que más tarde en 1930 desarrollaría Leontief (Miller & Blair 1985).

El cuadro básico de insumo-producto es un instrumento de peculiar importancia para poder integrar y organizar los sistemas nacionales de información estadística, este cuadro es también conocido como cuadro de transacciones, en este se

[10] Véase Kuczynski, Marguerite y R.L. Meek (introducción y comentarios) 1972.

asientan los diferentes valores de los flujos económicos que existen en la economía en un año específico.

El objetivo fundamental del cuadro es explicar las magnitudes de las corrientes interindustriales en función de los niveles de producción de cada sector. La MIP registra principalmente las transacciones de bienes y servicios que llevan a cabo los agentes económicos de un país en un periodo determinado (Uriarte, 2013).

El cuadro está diseñado como una matriz de doble entrada en la que a cada sector que se eligió se le es asignado un vector fila y un vector columna. En el vector fila se registra el destino de la producción y tipo de la mercancía producida, en el vector columna se mide la producción según el origen de los costos. A su vez cada una de las partes está subdividida horizontalmente en dos secciones para distinguir entre lo que se llama insumos primarios e insumos intermedios.

Específicamente para México, la MIP se ha estimado desde 1950, posteriormente se hizo una segunda estimación en 1960 y se desagregaron 45 sectores, en 1977 se generó un cambio en el Sistema de Cuentas Nacionales (SCN) y se hizo una MIP para 1970 pero en esta ocasión se desagregaron 72 ramas productivas, con la nueva información obtenida y en unidades corrientes. Más tarde en 1980 y en 1985 se actualizaron nuevamente las matrices incorporando nuevos métodos novedosos y la matriz de 1985 se actualizó en 1993.

Una matriz de insumo-producto presenta información en forma matricial de un equilibrio sectorial entre la oferta y la utilización de bienes y servicios en una economía de un lugar determinado. La matriz insumo-producto representa esquemáticamente (Cuadro 1.2) tres grandes áreas de información, donde se plantean tres matrices[11]:

1. La matriz (I) de transacciones intersectoriales (demanda intermedia), que muestra las relaciones de producción existentes entre las diferentes actividades económicas en que se encuentran clasificados los agentes productivos (flujos de compras y ventas entre sectores).
2. La matriz (II) de demanda final por sectores económicos de origen de la producción, muestra las transacciones del uso sectorial, se especifica el consumo de los hogares y el público, la inversión (Formación Bruta de Capital más la variación de existencias) y las exportaciones netas.
3. La matriz (III) de distribución del ingreso (valor agregado) según factores clasificados por sectores económicos que lo utiliza, se muestran los pagos al

[11] Para mayor información consultar Hernández, G 2012. Matrices Insumo – Producto y análisis de multiplicadores: una aplicación para Colombia. Revista de Economía Institucional, Vol. 14, No. 26, pp. 203- 211.

capital y al trabajo que contribuyen a transformar los insumos en productos, también se añade los impuestos menos los subsidios aplicados a la producción.

Tabla 1.2- Representación de una Matriz Insumo- Producto

Compras / Ventas	Demanda Intermedia					Demanda Final	Valor Bruto de la Producción
	Sectores						
	1	2	…	n	Total		
1.- 1	X_{11}	X_{12}	…	X_{1n}	Σx_{1j}	Y_1	X_1
2.- 2	X_{21}	X_{22}	…	X_{2n}	Σx_{2j}	Y_2	X_2
.	…	…	…	…	…	…	…
.	…	…	…	…	…	…	…
.	…	…	…	…	…	…	…
3.- n	X_{n1}	X_{n2}	…	X_{nn}	Σx_{nj}	Y_n	X_n
4.- Total de Insumos (1+2+n)	Σx_{i1}	Σx_{i2}	…	Σx_{in}	Σx_{ij}	ΣY_i	
5.-Valor Agregado	VA_1	VA_2	…	VA_n	ΣVA_j	$\Sigma VA_i = \Sigma Y_i$	
6.-Valor Bruto de la Producción (4+5)	X_1	X_2	…	X_n			$\Sigma x_j = \Sigma x_i$

Fuente: Elaboración propia con base en el libro, Chenery y Clark 1963. Economía Interindustrial: Insumo producto y programación lineal. Fondo de Cultura Económico: México.

4.4.- Algunos supuestos del modelo

Entre los principales supuestos que funciona este modelo de insumo-producto según Hollis Paul (1964) y destacan los siguientes:

- La actividad productiva de un país puede repartirse entre un número finito de sectores.
- Un sector ideal produce un producto homogéneo, cada empresa es isotecnológica.
- La agregación a sectores puede llevar a agregados perfectos si hay similitud de estructuras y si hay proporciones fijas.
- Existe un método único de producción y ausencia de coproductos.
- Los insumos comprados por cada sector son función lineal del nivel producto de ese sector.
- La producción es homogénea y lineal, sin externalidad, es decir, todos los insumos correspondientes a cada uno de los sectores tendrán que variar en la misma proporción en que se modifique la producción bruta de ese sector.

$$\boldsymbol{x_{ij} = a_{ij} X_j} \qquad \textbf{(1)}$$

Es decir, que las que compras que una industria cualquiera j debe efectuar de productos intermedios provenientes de un sector cualquiera i son iguales a la producción bruta de la industria j multiplicada por un cierto coeficiente que se supone constante.

- La función de producción es de forma:

$$\boldsymbol{X_j \leq \left(X_{1j}/a_{1j,\ldots,}X_{nj}/a_{nj}\right)} \qquad \textbf{(2)}$$

Que expresa que se necesita una cantidad mínima de cada insumo para una producción dada y depende de la disponibilidad del insumo (primario o producido) más escaso.

- Empíricamente los coeficientes son estables.

Donde n son filas y j son columnas:

- X_j: valor bruto de la producción de la rama j
- a_{1j} : valor de producción de la rama j
- X_{1j} /a_{1j}: coeficiente técnico de producción de la rama j

El más importante de los supuestos como se mencionó anteriormente es que una determinada producción requiere proporciones específicas de insumos; en otras palabras, se suponen que no ocurrirán cambios tecnológicos que afecten la estructura productiva de los diversos sectores, tales como la sustitución de ciertos insumos por otros diferentes

4.5.- Estructura de la Matriz Insumo- Producto

La matriz contiene cuatro cuadrantes el primer cuadrante muestra los flujos de bienes y servicios que son producidos y consumidos en el proceso de producción actual (flujos inter-industriales o de demanda intermedia). El segundo cuadrante se localiza los diferentes elementos de la demanda final para el producto de cada sector productivo. En el tercer cuadrante están los insumos primarios de los sectores productivos, son el resultado de la producción total. Y finalmente el cuarto cuadrante se ubican los insumos primarios que van directamente a los sectores de la Demanda final.

4.6.- Modelo Insumo-Producto de Leontief

El análisis insumo-producto es el nombre dado a un marco analítico desarrollado por el profesor Wassily Leontief en 1930, premio nobel de economía en 1973. Leontief publicó en 1936 un artículo referente a las relaciones insumo-producto y en 1941 escribió un libro sobre la estructura económica de Estados Unidos con

cuadros de insumo-producto para los años de 1919 y 1929[12]; el propósito fundamental es analizar la interdependencia de la industria en la economía. En su forma más básica consiste en un sistema de ecuaciones lineales con n incógnitas, por lo que se utiliza la notación matricial, donde cada una describe la distribución de una industria en toda la economía (Miller & Blair 1985).

El modelo de Leontief es una aplicación del análisis del equilibrio general walrasiano. Leontief señala la limitada utilidad operativa de los modelos de equilibrio general, atribuyéndolo a su grado de abstracción. De igual manera, atribuye los problemas implícitos en la determinación estadística de las funciones de oferta y demanda a la inestabilidad de las relaciones entre el precio y la cantidad que resulta de la interdependencia que hay entre todas las variables del sistema walrasiano[13].

Teniendo estos problemas para resolver el sistema a partir de las especificaciones de las relaciones estructurales básicas de la economía; Leontief platea un camino diferente: derivar de manera deductiva las condiciones del equilibrio general a partir de las pruebas empíricas de dichas relaciones estructurales. En la lógica del modelo de Leontief los ajustes de los mercados ante variaciones en la demanda se dan a través de ajustes en el volumen de producción y no por medio de variaciones en los precios (Mariña 1992, pp.17-40).

El modelo de insumo-producto de Leontief se utiliza para elaborar simulaciones de escenarios que miden los impactos de distintos shocks externos para una economía, planteando distintos escenarios. En el modelo de Leontief las empresas se agrupan en sectores, todos los sectores se consideran como productivos en la medida en que utilizan los servicios de los factores de producción (capital y trabajo) para ofrecer algún bien o servicio (Mariña 1992, p. 39).

4.7.- Coeficientes Técnicos de Leontief

Una vez teniendo la información empírica pueden calcularse las proporciones entre cada insumo utilizado y la cantidad producida (I_i), por un lado y por otro el producto que contribuye a generar (Q_j). Estas proporciones descritas por Leontief se definen como coeficientes técnicos (I_i / Q_j), señalan los requerimientos de insumos por unidad de producto asociados a la tecnología existente en el momento de producción:

[12] "Quantitative input and output relations in the economic system of the United State" Review of Economic Statistic 18(3), 1936, pp. 105- 125; Structure of American Economy, primera edición (1919-1929), Harvard University Press, Cambridge, 1941; segunda edición (1919-1939), Oxford University Press, New York, 1951. Las referencias bibliográficas se tomaron de Stone, R 1979, p.4.

[13] Consúltese Leontief W 1954, pp. 13-16.

$$Q_j = f(\frac{I_1}{Q_j}, \frac{I_2}{Q_j} \dots \frac{I_n}{Q_j}) \quad \textbf{(3)}$$

Los coeficientes técnicos de Leontief son elaborados a diferencia de los coeficientes de producción walrasianos, asumiendo el supuesto de que cada bien absorbe una proporción fija de cada uno de los insumos, independientemente de la escala de producción. Se plantea la existencia de una proporción entre insumos y productos, es decir la no sustitución de entre insumos por un lado, y por el otro, rendimientos contantes a escala. Por lo tanto las funciones de producción que se encuentran en el modelo son lineales, homogéneas y de primer grado, a tal grado que la forma en que se combinan los insumos no es afectada por los precios de los mismos y menos de los productos.

Los "coeficientes técnicos de insumo-producto" no son otra cosa que un reflejo de la estructura de costos de cada industria, es decir, indican la magnitud de las compras de materias primas que son necesarias para producir una unidad de un bien determinado, es decir, si se quiere satisfacer un aumento de la demanda de un producto cualquiera, los coeficientes de insumo-producto permitirían determinar en cuanto tendría que aumentar la producción no sólo de la industria correspondiente, sino también de todos los otros sectores de la economía que le proporcionan los bienes o servicios que requiere para desplegar su actividad productiva (Voskovic 1973). Con esos coeficientes podemos apreciar la interdependencia que existe entre el sistema industrial.

Los coeficientes técnicos se obtienen como cocientes entre cada insumo intermedio (x_{ij}) y el valor bruto de la producción (X_j) de cada respectivo sector. Un coeficiente técnico representa el monto de las compras de productos intermedios que tiene que efectuar un sector y que provengan de otro sector determinado, para producir una unidad. Esta condición puede resumirse en la expresión:

$$a_{ij} = \frac{x_{ij}}{X_j} \quad \textbf{(4)}$$

Con estos coeficientes se puede apreciar la estructura de costos de cada industria, que a su vez dependen de los insumos y de la producción bruta de cada uno de los sectores.

4.8.- Modelos ambientales de Insumo-Producto

A partir de los trabajos que realizo Leontief sobre la limpieza del medio ambiente precisamente en un análisis de insumo-producto (Leontief 1970, 1973) se han desarrollado diferentes modelos derivados de ellos. Entre algunos trabajos destacan modelos aplicados a regiones o países e inclusive a sectores económicos algunos ejemplos son Duchin y Lange (1992, 1994), Idenburg y Wilting (2004),

Brink e Indenburg (2007) y algunos otros que trataron temas relacionados con la calidad ambiental como los que realizaron Lowe (1979) y Arrous (1994).

El trabajo realizado por Leontief se convirtió en un modelo estándar y principalmente en un marco conceptual muy importante para la elaboración de diferentes trabajos relacionados con cuestiones económicas y medioambientales. El planteamiento realizado por Leontief contiene diversos supuestos que han ocasionado problemas con la aplicación del modelo de insumo-producto enfocado para analizar políticas ambientales (Ruiz 2013, p. 34).

Entre los más importantes destacan dos supuestos que se aplican en este análisis, uno de ellos planteado en el modelo es que *la contaminación puede eliminarse cuando se libera al medio ambiente*, esto se puede aplicar para casos como la basura, pero para contaminación como la atmosférica, específicamente la relacionada con los GEI, es muy complejo y prácticamente imposible eliminarla una vez emitida (Lager 1998).

En estos casos la contaminación debe ser reducida a través de la fuente primaria que la ocasiona, es decir, mediante el proceso productivo, con la utilización de tecnología menos contaminante, mediante la inducción de un cambio tecnológico que vuelva más eficiente el proceso productivo. Esto conlleva como platea Ruíz (2014):

1. Las actividades de abatimiento de las emisiones se relacionan directamente a la contaminación en sus diferentes fuentes específicas y
2. Pueden existir en estas fuentes diferentes tecnologías correctivas o sustitutas, lo que ocasiona que los costos en cada sector económico sea diferente y la cantidad de reducción sea diferente en cada caso.

El segundo supuesto plantea que en el modelo de Insumo-Producto la proporción de contaminación que se elimina es exógena al modelo. La proporción de emisiones que se reduce es la misma para cada una de las ramas. Esto podría ser verídico *cuando el abatimiento de la contaminación se da una vez que los contaminantes son emitidos al entorno*, ya que en ese caso el costo de abatimiento o reducción por unidad de contaminante va a ser igual independientemente de la fuente responsable.

Con este supuesto se asume que el costo de abatimiento se distribuirá entre los sectores o ramas de acuerdo con su contribución relativa a la contaminación total. Pero en el caso de que se aplique una reducción de contaminación específica para cada sector económico, este criterio distaría mucho de ser eficiente ya que aquí se plantearía el uso de una misma tecnología para todas las industrias.

4.9.- La construcción de matrices de insumo- producto

La elaboración de las matrices de insumo- producto coincide con la información contenida en las cuentas nacionales. Los componentes del sistema de cuentas nacionales que coinciden directamente con las cuentas de la matriz de insumo-producto según Mariña (1992) son:

1. Las cuentas de producción, que equivale a la producción bruta (VBP), equivale a los insumos necesarios para su elaboración. Incluye el consumo de insumos intermedios nacionales e importados (CI), es decir, aquellos bienes que son producidos y consumidos en el año en curso, y también se incluye el consumo de insumos no intermedios[14], llamados insumos de valor agregado (VAB). Esta información sirve de base para calcular el primer (X) y tercer cuadrante (Z).

$$VBP = CI + VAB \quad \textbf{(5)}$$

2. Las cuentas de oferta y utilización, que representan la producción bruta (VBP) desde el punto de vista del destino y manera de utilización, sean utilizados para satisfacer la demanda de bienes intermedios (DI) o finales (DF). Estas cuentas se utilizan para estimar del primer (X) y segundo (Y) cuadrante.

$$VBP = DI + DF \quad \textbf{(6)}$$

3. Las cuentas interindustriales, contienen información desagregada de los flujos intersectoriales de bienes y servicios. Estos flujos se originan de la necesidad de consumo de insumos intermedios por parte de los productores (CI), escasez que es satisfecha por la oferta con destino intermedio que elaboran los mismo productores (DI). Estas cuentas satisfacen al primer cuadrante (X).

$$CI = DI \quad \textbf{(7)}$$

Así las cuentas de producción y los cuadros de oferta y utilización registran la demanda y oferta de toda la economía desde el punto de vista del valor bruto de la producción y no del valor agregado. La demanda intermedia consiente igualar la oferta global (VBP y las importaciones), con la demanda total (DI + DF). Las tres cuentas mencionadas anteriormente, como se aprecia en el Tabla 1.3, constituyen la información del sistema de insumo producto y se elaboran con datos censales.

[14] Los insumos no intermedios se conocen también como insumos primarios o no producidos, o bien no son producidos el mismo año en que se consumen, como lo son los bienes de capital, o no son resultado directo del proceso de producción, como el trabajo.

Tabla 1.3.- Matriz de Insumo-Producto y Cuentas Nacionales			
Demanda			Total
	Intermedia	Final	
Oferta de Bienes y Servicios	Cuadrante I (X): Transacciones interindustriales (CI=DI)	Cuadrante II(Y): Compra-Venta de bienes finales (DF)	VBP
Oferta de Insumos no Intermedios	Cuadrante III(Z): Compra- Venta de insumos no intermedios (VAB)	Cuadrante IV (W): Compra-Venta de servicios no productivos	
Total	VBP		

Fuente: Mariña, A 1992. Insumo-Producto: aplicaciones básicas al análisis económico estructural, Universidad Autónoma Metropolitana: México, p. 45.

4.10.- Modelo de Insumo-Producto con aplicaciones al Medio Ambiente para México

Para poder interpretar los fenómenos económicos y tener efectos de manera puntual en su desarrollo, es indispensable determinar las relaciones de causalidad entre las diferentes variables implicadas en los mismos. El sistema contable de insumo-producto, proporcional la base para poder interpretar las raciones económicas productivas en el momento en que se presente algún evento exógeno que pueda alterar el funcionamiento y a su vez plantear distintos escenarios.

El propósito de este estudio es evaluar por medio de la Matriz de Insumo-Producto de México de 2008 el efecto de la imposición de un impuesto con el objetivo de reducir las emisiones de $CO_{2,}$ se evalúa el efecto en los precios y en las cantidades de producción de cada una de las ramas económicas que la integran. Así es posible inferir el costo que tendría la reducción del CO_2 en la economía en su conjunto. Se establece el costo asociado (producción y empleo) a la aplicación de un impuesto ambiental ligado a la aplicación de la política de mitigación.

Para lo cual el orden de elaboración del análisis es el siguiente: primero se elabora una agrupación de las ramas económicas agrupándolas en 20 sectores, acorde a su actividad productiva, posteriormente se midieron las emisiones de $CO_{2,}$ por rama económica con base en la información contenida en el INEGEI y se identifican cuales son aquellos sectores más contaminantes, posteriormente se realizó la agrupación económica con la información contenida en la MIP y tercero se evalúan 4 escenarios en donde se plantean diferentes mecanismos de reducción de la contaminación y finalmente se plantea aplicar un cambio

tecnológico en las ramas de la economía más contaminantes con el objetivo de reducir las emisiones de CO_2 y se proyectan cuáles serían los efectos en la economía, la idea es ver en qué medida el uso de tecnología más eficiente (aplicada a sectores clave) hace viable una reducción de la contaminación teniendo distintos escenarios de crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB).

4.11.- Identificación de ramas contaminantes de CO_2

Por su nivel de generación de impactos que afectan el ambiente, los sectores productivos se consideran como uno de los principales causantes de la contaminación ambiental. El grado de afectación depende principalmente de las características de las actividades, los productos y procesos que generan o emplean las empresas, de su ubicación geográfica y de la capacidad de controlar, mitigar o prevenir los impactos ambientales, reflejo de la gestión ambiental empresarial (Van *et. al.* 2008,p.3).

Según Ruíz (2011) la identificación de ramas contaminantes, es este caso las principales emisoras de CO_2, es indispensable para estimar las afectaciones de la contaminación con los diferentes modelos de insumo-producto[15]. Sin una política ambiental, existe poca motivación financiera para rastrear y contabilizar los contaminantes. Por lo tanto, la aplicación del impuesto sobre la contaminación proporciona información al gobierno sobre los principales contaminadores que antes se desconocía (OCDE 2012, p.130).

Para continuar con el análisis fue necesario establecer una agrupación sectorial basada en los 79 sectores que se manejan en la MIP de 2008, estos fueron agrupados en 20 sectores productivos, como se observa en la Tabla 1.4, cada uno de los 20 grupos sectoriales son considerados como los más relevantes del sistema económico y en estos sectores seleccionados están contenidos el total de ramas del sistema de cuentas nacionales contenidas en la MIP, se elabora esta agrupación con el objetivo de hacer más manejable la información, en cuanto a la cantidad y la dimensión de las bases de datos, por lo que cabe aclarar que esta desagregación sectorial se encuentra el total de la actividad productiva de México para el año mencionado.

[15] Para mayor información consúltese Leontief, 1970; Aroche, 2000.

Tabla 1. 4.- Matriz Simétrica Total de Insumo-Producto (Industria por Industria) Por Subsector de actividad.

	Agrupación sectorial	Ramas del Sistema de Cuentas Nacionales MIP	Inventario GEI
1	Agricultura, silvicultura, ganadería y pesca	1, 2, 3, 4, 5	1.4.3, 3, 4.2-4.4
2	Petróleo	6, 23	1.5.6, 1.5.8
3	Minería	7, 8	1.5.1 - 1.5.5, 2.1.2.-2.1.5
4	Electricidad, gas y agua	9,10	1.1, 1.1.1, 1.1.2, 1.5.7, 5.4
5	Construcción	11, 12, 13	1.2.6,
6	Alimentos, bebidas y tabaco	14, 15	1.2.5,
7	Textiles, prendas de vestir, cuero y calzado	16, 17, 18, 19	
8	Madera	20	4.1,
9	Papel	21, 22	1.2.4,
10	Industrias química, del plástico y del hule	24, 25	1.2.3, 2.2.1- 2.2.5
11	Minerales no metálicos	26	1.2.2,
12	Metálica básica, maquinaria y equipo	27, 28, 29	1.2.1, 2.3.1- 2.3.4, 2.4, 2.5
13	Industria eléctrica y electrónica	30, 31	
14	Equipo de transporte	32	
15	Otras industrias manufactureras	33, 34	5.1 - 5.3, 5.4.2
16	Comercio, restaurantes y hoteles	35, 73, 74	4.5, 5.4.1
17	Transporte, comunicación e información	36-53	1.3.1, 1.3.2, 1.3.3, 1.3.4, 6.1, 6.2
18	Servicios financieros, seguros y bienes inmuebles	54, 55, 56, 57, 58	
19	Otros servicios	59-72, 75, 76, 77	1.4.2,
20	Instituciones	78, 79	1.4.1,

Fuente: Elaboración propia con datos del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero del INECC (SEMARNAT 2013) y las Ramas del Sistema de Cuentas Nacionales (INEGI 2008).

En la columna de las Ramas del Sistema de Cuentas Nacionales MIP se encuentra especificado que subsector se considera dentro de cada agrupación sectorial con el objetivo de evidenciar que el total de los subsectores de la MIP se encuentran considerados en este análisis. Con lo que respecta a la columna de Inventario GEI, se detalla que rubros del INEGEI fueron asignados como el total de las emisiones de cada agrupación sectorial.

Se realizó la agrupación sectorial de los 79 sectores a 20 sectores productivos tanto de la MIP como del INEGEI, con base en las similitudes de las actividades productivas y considerando algunos ejemplos de agrupaciones sectoriales elaboradas previamente en otras investigaciones como la de Ruíz 2011, Sobarzo 2011, Fernández 1999 y Fuentes y Cárdenas 2010. Se compatibilizaron las categorías para identificar a los sectores económicos con emisiones más altas de

CO_2 y se estimó en términos absolutos las emisiones por ramas económica tomando como base el INEGEI, al igual que con la MIP, los datos contenidos en el INEGEI fueron analizados de manera meticulosa para poderle asignar a cada grupo de los sectores industriales conformados, la cantidad de CO_2 que emitían a la atmósfera como consecuencia de su actividad productiva, dando como resultado las emisiones de CO_2 por cada sector como se aprecia en la Tabla 1.5.

Tabla 1. 5.- Emisiones de CO_2 en términos absolutos por rama en México, 2008 (miles de toneladas)

Rama	CO_2	% del Total
Transporte, comunicación e información	166,496.59	32.82%
Electricidad, gas y agua	153,800.83	30.32%
Agricultura, silvicultura, ganadería y pesca	49,589.96	9.78%
Construcción	36,441.82	7.18%
Minería	36,014.53	7.10%
Otros servicios	20,377.65	4.02%
Metálica básica, maquinaria y equipo	13,915.92	2.74%
Industrias química, del plástico y del hule	12,179.23	2.40%
Madera	8,189.54	1.61%
Instituciones	4,635.63	0.91%
Papel	2,521.79	0.50%
Alimentos, bebidas y tabaco	2,475.01	0.49%
Otras industrias manufactureras	551.34	0.11%
Minerales no metálicos	68.54	0.01%
Petróleo	0.00	0.00%
Textiles, prendas de vestir, cuero y calzado	0.00	0.00%
Industria eléctrica y electrónica	0.00	0.00%
Equipo de transporte	0.00	0.00%
Comercio, restaurantes y hoteles	0.00	0.00%
Servicios financieros, seguros y bienes inmuebles	0.00	0.00%
Total	507,258.38	100.00%

Fuente: Elaboración propia con datos del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero del INECC (SEMARNAT 2013)

En términos absolutos los sectores que más contaminación emiten son el transporte comunicación e información, electricidad, gas y agua y agricultura, silvicultura, ganadería y pesca; en conjunto estos tres sectores emiten el 72.92% de las emisiones totales de CO_2 en México.

Por otro lado también se calculó el vector de los coeficientes de emisiones por rama, normalizando los valores respecto al VBP de 2008, utilizando la siguiente formula:

$$e_i = {}^{G_i}/_{P_i} \qquad \textbf{(8)}$$

Donde e_i= Coeficiente anual de emisión de la rama i; G_i = gigagramos anuales de CO_2 de la rama i; P_i= Valor Bruto de la Producción anual de la rama i en millones de pesos. Con esta fórmula se calcula el índice de la intensidad de contaminación por cada uno de los sectores, es decir, permite averiguar qué cantidad de contaminantes son emitidos a la atmosfera por cada uno de los sectores, al dividir el volumen de contaminantes entre la producción de cada uno de ellos. Los resultados obtenidos se enlistan en la tabla 1.6:

Tabla 1.6.- Coeficientes de emisión por rama económica en México, 2008.

Rama	**Emisiones de CO_2**	**VBP**	**Coeficiente anual de CO_2**
Electricidad, gas y agua	153,800.83	459,044.71	33.50%
Madera	8,189.54	47,170.15	17.36%
Minería	36,014.53	265,559.10	13.56%
Transporte, comunicación e información	166,496.59	1,686,671.88	9.87%
Agricultura, silvicultura, ganadería y pesca	49,589.96	610,192.72	8.13%
Construcción	36,441.82	1,881,163.64	1.94%
Metálica básica, maquinaria y equipo	13,915.92	860,239.19	1.62%
Papel	2,521.79	183,388.68	1.38%
Industrias química, del plástico y del hule	12,179.23	1,056,499.27	1.15%
Otros servicios	20,377.65	2,381,690.56	0.86%
Instituciones	4,635.63	658,147.85	0.70%
Otras industrias manufactureras	551.34	214,450.19	0.26%
Alimentos, bebidas y tabaco	2,475.01	1,442,891.07	0.17%
Minerales no metálicos	68.54	223,288.59	0.03%
Petróleo	0.00	1,738,837.02	0.00%
Textiles, prendas de vestir, cuero y calzado	0.00	253,792.14	0.00%
Industria eléctrica y electrónica	0.00	1,002,126.29	0.00%
Equipo de transporte	0.00	968,294.23	0.00%
Comercio, restaurantes y hoteles	0.00	2,628,325.40	0.00%
Servicios financieros, seguros y bienes inmuebles	0.00	2,129,659.50	0.00%

Fuente: Elaboración propia con datos del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero del INECC (SEMARNAT 2013)

Utilizando el factor de producción como un elemento importante para ver la relación que existe entre la cantidad de VBP y las emisiones de CO_2, se puede ver que en este caso las ramas con mayores coeficientes de contaminación corresponden a la electricidad, gas y agua, madera y minería, en conjunto esos tres sectores productivos generan el 64.43% de las emisiones de CO_2.

4.12.- Metodología de insumo-producto: el modelo y sus escenarios

Una vez identificadas las ramas emisoras de contaminantes, se procedió a la elaboración de la matriz de insumo-producto utilizando la agregación sectorial. Una primera etapa consiste en la preparación y elaboración de los antecedentes básicos:

a) La construcción –sobre un periodo para el que se disponga la información estadística necesaria- de las relaciones interindustriales, en este caso se trabajó con la MIP del 2008.
b) El computo de los coeficientes técnicos de insumo-producto.
c) La inversión de la matriz que conduce al cuadro de coeficientes de requisición directos e indirectos por unidad de demanda final.

La segunda etapa comprende la utilización del modelo y los cálculos que habría que efectuarse que dependen de las finalidades específicas de cada análisis (en este caso se simulan diferentes escenarios con la finalidad de analizar las repercusiones que tendría en la economía la imposición de un impuesto ambiental, también se simula el efecto que tendría en la economía la variación de las exportaciones del sector petrolero, etc.). Voskovic 1973, platea 3 pasos para llevar a cabo este análisis:

a) precisar los nuevos valores de la demanda final para cada uno de los sectores, utilizando los criterios objetivos que corresponden (coeficientes de elasticidad-ingreso, relaciones producto-capital, etc.)
b) utilizar esos nuevos valores de la demanda final y el cuadro de coeficientes de requisitos directos e indirectos por unidad de demanda final para determinar el valor bruto de la producción de cada sector; y el
c) utilizar los nuevos valores brutos de la producción por sectores ye l cuadro de coeficientes técnicos de insumo-producto para determinar el monto de todas y cada una de las transacciones intersectoriales que tendrían que tener lugar para que existiera la necesaria compatibilidad con los nuevos niveles y composición de la producción bruta y demanda final.

4.13.- Metodología

Se considera una economía que consta de 20 sectores los cuales engloban el total de las 79 ramas de la Matriz Insumo-Producto del 2008. Los requerimientos técnicos de insumos y empleo, así como el producto de cada uno de los 20 sectores y las emisiones de CO_2 se resumen en la Tabla 1.7.

Tabla 1.7.- Matriz 20x20 que representa el esquema de la producción de la economía mexicana, 2008

AGRUPACIÓN SECTORIAL	Agricultura, silvicultura, ganadería y pesca	Petróleo	Minería	Electricidad, gas y agua	Construcción	Alimentos, bebidas y tabaco	Textiles, prendas de vestir, cuero y calzado	Madera	Papel	Industrias química, del plático y del hule	Minerales no metálicos	Metálica básica, maquinaria y equipo	Industria eléctrica y electrónica	Equipo de transporte	Otras industrias manufactureras	Comercio, restaurantes y hoteles	Transporte, comunicación e información	Servicios financieros, seguros y bienes inmuebles	Otros servicios	Instituciones	DEMANDA INTERMEDIA	TOTAL DEMANDA FINAL	Consumo Total (Consumo Privado+Consumo Gobierno)	Inversión (Formación Bruta de Capital+Variación de existencia)	Exportaciones NETAS	VALOR BRUTO DE LA PRODUCCIÓN= demanda intermedia + demanda final (TOTAL DE LA ECONOMÍA)
Agricultura, silvicultura, ganadería y pesca	58,030.60	0.44	0.13	0.36	659.09	345,524.88	8,689.41	12,139.57	22.49	5,202.86	0.34	30.32	0.31	11.59	858.58	8.87	1.60	0.82	35.13	0.10	431,217.47	178,975.25	139,395.71	89,679.27	-50,099.73	610,192.72
Petróleo	11,589	636,844	7,762.48	60,207.36	31,434.78	17,289.77	1,721.32	1,244.25	3,354.72	126,818.01	12,273.11	10,252.91	2,682.70	1,248.85	1,529.08	16,035.43	242,456.16	16,852.40	15,886.72	18,233.08	1,235,716.01	503,121.01	261,966.43	-18,655.50	259,810.08	1,738,837.02
Minería	1,061	372	6,065.41	6,820.99	20,382.40	540.51	15.82	1.58	338.42	10,892.53	16,180.42	66,294.30	171.88	185.53	201.76	231.46	274.20	111.23	110.69	0.12	130,252.92	135,306.18	0.00	140,129.69	-4,823.51	266,921.99
Electricidad, gas y agua	10,399	2,523	8,264.41	3,984.29	8,470.60	25,142.98	5,328.95	830.52	6,683.06	14,704.05	9,430.16	25,624.75	4,245.11	6,484.93	1,817.08	57,412.95	13,704.42	22,192.50	52,161.24	15,571.42	294,975.89	164,068.81	161,426.68	0.00	2,642.13	459,044.71
Construcción	1,151	9	4,104.46	1,064.37	120,514.59	473.41	143.50	22.11	58.75	187.70	13.43	353.58	1,148.63	84.48	182.75	2,724.50	1,799.66	259.67	7,712.11	2,198.29	144,205.46	1,736,958.18	69.25	1,736,888.93	0.00	1,881,137.98
Alimentos, bebidas y tabaco	47,188	94	50.93	191.19	469.99	181,339.83	4,517.29	13.06	894.17	6,974.50	144.83	265.98	63.49	328.19	148.23	42,254.20	680.29	1,183.62	2,102.54	3,548.31	292,452.35	1,150,438.71	1,194,414.72	29,522.92	-73,498.93	1,442,028.84
Textiles, prendas de vestir, cuero y calzado	959	526	87.85	541.26	1,438.23	1,583.08	64,525.88	252.14	4,804.87	3,940.72	186.11	969.00	1,127.92	20,091.21	8,966.91	6,115.04	1,331.70	261.10	8,732.94	1,772.47	128,213.12	125,579.02	157,026.53	3,737.08	-35,184.60	253,792.14
Madera	563	296	1,754.75	6.18	17,727.63	2,214.82	147.11	5,611.15	654.85	660.83	744.79	1,336.87	2,332.07	1,237.46	11,712.39	7,822.11	608.69	53.30	129.27	11.32	55,624.59	-8,454.45	5,205.99	607.60	-14,268.03	47,170.15
Papel	1,534	290	110.93	471.77	2,798.03	13,246.67	3,185.40	83.11	59,544.94	10,698.10	4,669.28	2,987.23	12,584.76	3,858.76	5,688.09	25,180.42	3,243.07	16,193.64	22,041.50	8,782.21	197,191.78	-13,803.09	43,203.88	7,131.35	-64,138.32	183,388.68
Industrias química, del plático y del hule	40,223	43,610	7,865.50	90,365.59	53,199.20	58,431.93	19,270.51	2,269.80	13,758.19	378,210.42	13,938.40	27,174.18	44,172.52	73,907.26	26,431.74	43,112.80	15,196.39	6,088.08	44,273.18	19,958.62	1,021,457.40	35,041.87	401,389.03	33,357.57	-399,705.14	1,058,368.39
Minerales no metálicos	1,178	401	2,966.26	468.00	109,923.55	14,848.21	83.04	194.62	41.07	1,098.31	15,989.48	2,574.20	5,289.42	4,960.56	2,191.84	5,420.18	430.07	832.36	893.79	20.41	169,804.79	53,483.80	48,855.76	3,021.30	1,606.74	223,595.29
Metálica básica, maquinaria y equipo	3,213	10,804	21,058.43	1,385.33	192,333.78	13,409.50	2,919.45	577.81	1,449.87	12,444.58	4,271.41	283,024.58	152,417.24	165,231.24	25,800.42	19,603.50	23,262.29	2,548.22	2,581.48	2,079.38	940,415.39	-80,176.20	47,191.61	330,417.10	-457,784.90	848,441.08
Industria eléctrica y electrónica	176	848	334.37	9,810.22	43,333.68	1,043.27	2,997.20	6.34	591.60	3,751.82	307.01	14,298.04	505,269.65	85,784.23	16,577.05	7,176.24	45,864.69	2,510.64	7,394.78	3,768.58	751,843.49	250,282.80	115,456.94	122,437.02	12,388.84	1,000,347.16
Equipo de transporte	509	65	1,443.07	541.04	4,904.35	5,212.73	432.91	38.66	200.96	1,374.85	973.97	5,331.60	4,383.76	206,903.06	2,711.72	23,857.29	52,422.39	1,195.24	895.69	945.31	314,342.09	653,952.14	188,068.09	262,152.33	203,731.71	968,294.23
Otras industrias manufactureras	46	524	129.89	990.03	6,562.06	824.68	2,504.04	34.58	351.13	1,453.02	441.71	1,444.60	25,489.52	2,577.89	14,393.99	5,754.85	1,375.03	982.89	12,847.76	2,127.92	80,854.71	133,595.47	92,227.57	25,403.58	15,964.33	214,450.19
Comercio, restaurantes y hoteles	30,115	22,953	11,467.04	30,009.34	109,205.90	113,310.91	17,405.69	3,108.68	18,805.25	78,504.73	13,962.30	72,654.41	25,839.01	82,629.05	8,367.20	56,141.88	77,348.07	15,251.08	39,800.01	23,982.80	850,861.89	1,777,463.51	1,268,118.06	290,377.96	218,967.48	2,629,448.75
Transporte, comunicación e información	5,122	10,701	3,282.97	9,069.13	31,448.02	24,751.93	4,275.97	736.18	3,555.21	23,461.90	3,706.84	16,561.67	15,199.93	20,875.69	3,253.58	37,251.02	76,412.60	82,679.79	42,221.16	31,210.77	445,777.27	1,240,894.61	1,071,599.00	97,839.89	71,455.71	1,689,384.89
Servicios financieros, seguros y bienes inmuebles	6,503	6,790	8,706.22	2,604.75	50,935.36	14,599.76	3,547.43	490.31	3,326.21	10,807.82	4,702.17	9,210.68	10,546.32	9,362.79	3,082.59	98,464.17	55,917.09	82,713.53	64,321.50	28,508.41	475,139.45	1,654,520.05	1,668,067.47	0.00	-13,547.42	2,126,993.50
Otros servicios	1,444	22,594	21,972.79	9,415.44	52,822.39	49,967.66	9,749.76	746.09	9,110.83	46,794.91	12,402.49	27,529.98	32,221.66	25,042.48	7,666.38	177,608.16	114,709.74	93,089.01	181,723.30	44,232.95	940,843.98	1,440,846.58	1,425,504.44	22,627.49	-7,285.35	2,382,580.80
Instituciones	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	254.04	0.00	0.00	0.00	0.00	254.04	657,893.80	657,893.80	0.00	0.00	658,147.85
Emisiones de CO2	49,589.96	0.00	36,014.53	153,800.83	36,441.82	2,475.01	0.00	8,189.54	2,521.79	12,179.23	68.54	13,915.92	0.00	0.00	551.34	0.00	166,496.59	0.00	20,377.65	4,635.63	8,901,444.11	11,789,988.03	8,947,080.97	3,176,675.96	-333,768.90	20,682,566.32
TOTAL DE INSUMOS	221,004.75	760,242.08	107,427.87	227,946.63	858,563.64	883,756.53	151,460.67	28,400.56	127,546.55	737,981.66	114,338.25	567,918.86	845,185.89	710,805.25	141,581.36	632,429.09	727,038.17	344,999.11	505,864.76	206,952.45						
Total de Remuneración de asalariados	62,689.94	39,118.21	37,171.84	49,031.44	463,146.83	82,126.61	31,249.91	7,195.48	16,022.33	63,257.03	22,010.56	50,540.95	58,562.70	56,757.68	28,959.53	396,534.46	302,624.53	128,905.57	1,063,912.37	451,478.05						
Impuestos Totales	-2,330.71	5,165.05	-2,072.78	-19,641.13	-1,303.97	6,242.89	484.68	-364.13	-729.87	550.93	-3,679.28	1,102.78	848.04	2,306.32	176.78	1,542.44	-85,042.32	5,493.76	3,897.10	-2,832.46						
Excedente Bruto de Operación (GANANCIAS)	328,828.75	934,311.68	124,395.06	201,707.76	560,731.49	469,902.82	70,596.88	11,938.24	40,549.67	256,578.77	90,925.75	228,878.49	95,750.53	198,424.98	43,732.51	1,598,942.75	744,764.51	1,647,595.06	808,906.57	2,549.81						
Empleo	6,668,835	84,052	246,808	235,055	6,471,747	1,863,883	615,156	144,109	208,647	457,202	363,573	568,853	545,906	478,410	412,647	12,070,970	2,369,255	805,956	10,585,174	2,242,856						
Valor agregado	389,187.98	978,594.94	159,494.12	231,098.08	1,022,574.34	558,272.31	102,331.47	18,769.59	55,842.14	320,386.73	109,257.04	280,522.22	155,161.27	257,488.98	72,868.83	1,997,019.65	962,346.72	1,781,994.39	1,876,716.04	451,195.39						
Valor Bruto de la Producción	610,192.72	1,738,837.02	266,921.99	459,044.71	1,881,137.98	1,442,028.84	253,792.14	47,170.15	183,388.68	1,058,368.39	223,595.29	848,441.08	1,000,347.16	968,294.23	214,450.19	2,629,448.75	1,689,384.89	2,126,993.50	2,382,580.80	658,147.85						

Fuente: Elaboración propia con datos de la Matriz Insumo-Producto, 2008. INEGI

Posteriormente se calculan las matrices que formarán nuestro esquema productivo

$$\{\boldsymbol{A}, < L|\} \rightarrow \boldsymbol{B} \qquad \textbf{(9)}$$

Donde **A** representa la matriz de demanda intermedia de 20x20 de cada uno de los sectores productivos, <L| representa una matriz renglón que contiene la información referente al empleo y **B** es una matriz de 20x20 que equivale a la matriz del producto[16].

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1\,20} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2\,20} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{20\,1} & a_{20\,2} & \dots & a_{20\,20} \end{bmatrix}; |A >= \begin{bmatrix} \Sigma a_{11;} a_{1\,20} \\ \Sigma a_{22}, a_{2\,20} \\ \dots \\ \Sigma_{1\,20}, a_{20\,20} \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} b_{11} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & b_{22} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & b_{20\,20} \end{bmatrix}; |B >= \begin{bmatrix} b_{11} \\ b_{22} \\ \dots \\ b_{20\,20} \end{bmatrix}$$

$$< L| = [l_{11} \quad l_{12} \quad \dots \quad l_{20\,20}]$$

El esquema productivo puede representarse de la siguiente manera:

{A, <L|} → B

Lo que expresa que con los recursos que representan a los insumos **A** y el empleo <L| obtenemos el producto **B**.

Con lo que respecta al Producto Interno éste es equivalente al excedente económico:

$$|Y > = |B > - |A > \qquad \textbf{(10)}$$

Donde |Y>= Demanda Final:

$$|Y > = |C > + |I > + |X > \qquad \textbf{(11)}$$

$|C >= Consumo$

$|I > = Inversión$

$|X > = Exportaciones\ netas\ (exportaciones - importaciones)$

El modelo por seguir para el cálculo está basado en la matriz de coeficientes técnicos, conocida como matriz de Leontief y permite conocer en qué porcentaje

[16] Las matrices de nxn se representan con letras en negritas, por ejemplo **A;** a los vectores renglón se les representa (1xn) con una letra en la forma <x|, y a los vectores columna (nx1) con una letra en forma |y>.

disminuye la producción y en qué porcentaje se incrementan los costos, como resultado de los efectos de la externalidad negativa que es la contaminación (Ruíz 2011, p.180).

Análisis de las variaciones en Y

4.14.- Aplicación de la Tecnología de Leontief

En el modelo de Leontief parte de los denominados modelos multisectoriales de precios fijos que implican que los precios (unitarios) no varían con el nivel de actividad, lo que plantea rendimientos a escala constantes. Los precios de los factores, salarios y tasa de interés van a variar solo en respuesta a la productividad y no como variación de los cambios en los costos marginales (Sobarzo 2011, p. 248).

$$a = \left(\frac{A_{jk}}{B_k}\right) = Matriz\ de\ Insumos\ por\ unidad\ de\ producto \qquad \textbf{(12)}$$

Se obtiene cuánto se necesita de cada sector para generar una unidad de producto. Los coeficientes directos de empleo registran los requerimientos directos de mano de obra por unidad de producto en cada sector.

$$\boldsymbol{A} = \boldsymbol{aB}; \qquad |A> = \boldsymbol{a}|B>$$

$$< l| = \left({L_K}/{B_K}\right) = Matriz\ de\ empleo\ por\ unidad\ de\ producto \qquad \textbf{(13)}$$

Por consiguiente:

$$|Y> = |B> - |A> = |B> - \boldsymbol{a}|B> = (\boldsymbol{I} - \boldsymbol{a})|B>$$

$$\therefore |B> = (\boldsymbol{I} - \boldsymbol{a})^{-1}|Y> \qquad \textbf{(14)}$$

Considerando |Y>, es factible calcular el producto |B> y con este el empleo L.

4.15.- Aplicaciones

4.15.1.- EJEMPLO 1: Variación en las exportaciones en el sector petrolero

El aumento de la producción de los otros sectores destinada a proporcionar las materias primas y servicios que requiere la industria afectada, exige a su vez el abastecimiento de una variedad de materias primas y productos intermedios que forman los insumos de estos sectores, lo que de nuevo repercutirá sobre las necesidades de producción.

La interdependencia existente entre las distintas actividades económicas da origen a una cadena de reacciones, que cada vez puede ir comprometiendo nuevos

sectores, si bien la magnitud misma de los efectos va siendo progresivamente más débil. He aquí la esencia del problema: como poder cuantificar ya no sólo los efectos directos, sino también todos los efectos indirectos que puede tener el incremento en la actividad de un sector determinado. O, planteándose de otra forma, en qué medida tendría que aumentar la producción de todos y cada uno de los sectores de la economía para que pueda tener lugar una expansión de cierta magnitud en una industria determinada (Voskovic 1973).

Ahora para fines prácticos se planteará un ejercicio basado en la MIP de 2008, donde se establece un cambio en las exportaciones netas |X> del 5% en el sector petrolero en la demanda final, se analizará las variaciones que este aumento generará en la producción, el salario y la contaminación. El aumento de la producción de un sector ejerce un efecto domino sobre el resto de los sectores del cual necesita materias primas y productos intermedios para poder llevar a cabo su producción y así abastecer su nueva demanda.

Siguiendo las formulas anteriores tenemos como resultados lo siguiente:

Supóngase un cambio en las exportaciones |E>→|E´>

$$\therefore |Y' > = |C > + |I > + |X' > \qquad \textbf{(15)}$$

Aplicando las formulas anteriores tenemos como resultados los siguientes:

	Escenario Original	Variación en las exportaciones
Y	$ 11,789,988.03	$ 11,802,978.54
L	47,439,094.00	47,445,050.60
e	507,258.38	507,327.36
ΔY/Y		0.11%
ΔL/L		0.01%
Δe/e		0.01%

Si el sector petrolero incrementará un 5% sus exportaciones debido a una mayor demanda, el PIB aumentaría en un 0.11% como resultado del incremento productivo del sector y a su vez del aumento de los insumos necesarios para el sector petrolero que requiere de otros sectores, el empleo también aumentaría en un 0.01% derivado del aumento de la producción. Pero a su vez este aumento en la producción presentaría consecuencias negativas para el medio ambiente incrementando las emisiones de CO_2 en un 0.01%. Con los resultados anteriores se puede apreciar el efecto domino que se da en el resto de la economía al

presentarse una variación en las exportaciones en uno de los 20 sectores, debido a la interrelación que existe en la economía en su conjunto.

Tratamiento de la contaminación

Análisis de las variaciones en e (contaminación):

Leontief en los años 70´s presenta un modelo que integra en su análisis tradicional de insumo-producto cuestiones ambientales. La incorporación de los contaminantes en el modelo de Leontief queda planteada:

$$< \varepsilon| = \left({e_k}/{B_k}\right) = Matriz\ de\ contaminantes\ por\ unidad\ de\ producto \qquad \textbf{(16)}$$

Con lo que:

$$< e| = < \varepsilon|\boldsymbol{B} = Vector\ de\ contaminación \qquad \textbf{(17)}$$

Tenemos

$$e = < \varepsilon|B > = Total\ de\ contaminación \qquad \textbf{(18)}$$

Para cada uno de los escenarios hipotéticos se calculan los impactos ambientales y económicos, que acarrearía el plantearse una disminución de la contaminación en un 5%, mediante la instauración de un impuesto ecológico con objetivos ambientales. Se fija una meta de reducción del 5% de manera exógena al modelo, es decir, se considera como un planteamiento el poder alcanzar los objetivos de reducción de la contaminación que en sus inicios se planeaba en el protocolo de kyoto que era disminuir la contaminación de CO_2 en un 5% en el periodo de 2008-2012 en comparación con las emisiones de 1990. Pero en conclusión esta meta de reducción fue establecida como un indicador para poder alcanzar y no fue calculado como un punto óptimo al cual se deba de llegar para lograr algún fin específico.

El impuesto ambiental debe de gravar el contaminante o la acción que dañe al medio ambiente, de la manera más directa posible, debido a que estimulará la reducción de los contaminantes. Esto se dará a través de la incorporación de procesos de producción más limpios, volviendo más eficiente el proceso productivo, por ejemplo utilizando menos combustible por unidad de producción y a su vez reduciendo las emisiones por unidad de combustible, todas estas medidas con la finalidad de disminuir la cantidad de contaminantes que se emitan al medio ambiente.

La política ambiental afecta la reducción de la contaminación según la OCDE (2012) a través de dos procesos: respuestas conductuales y estructurales. Las

respuestas conductuales suelen presentarse en el corto plazo, como respuesta directa a variaciones en los precios y otros estímulos. Por ejemplo las industrias pueden reducir su contaminación mediante una disminución de la producción o en su defecto establecer medidas de producción menos contaminantes. Por otro lado las respuestas estructurales, se plantean más a mediano y largo plazo, estas acciones requieren un análisis más profundo y la inversión en nuevos equipos de producción. Invertir en tecnologías y actualizar los procesos productivos, utilizar energía menos contaminante, son parte de los efectos de los impuestos ambientales.

4.15.2.- EJEMPLO 2: Disminución de la contaminación

Se desea disminuir la contaminación total en un 5%; para poder lograr la reducción se han planteado 4 escenarios, esta meta se pretende alcanzar mediante una reducción en la producción. Los escenarios planteados en este estudio deben tratarse con rigor y precaución. Se tratan de simulaciones que tienen por objetivo dar una idea de los posibles efectos ante la aplicación de un impuesto ambiental y permiten analizar el comportamiento de determinadas variables seleccionadas, pero en ningún momento deben de considerarse como predicciones deterministas, sino como posibles efectos que podría arrojar una reforma fiscal verde considerando los supuestos del modelo.

En la mayoría de los casos se busca que el impuesto ambiental contribuya a incorporar los costos de los daños asociados a la producción que son ocasionados al medio ambiente, con el impuesto sobre la producción, el sistema de precios se modifican de manera que se reflejan los costos externos, elevando los precios de los bienes y servicios, en la medida en que su producción, consumo, distribución y utilización dañan al medio ambiente. Aquí la aplicación del impuesto se lleva a cabo de manera sectorial, cuyo monto se establece dependiendo los supuestos de cada escenario, pero es proporcional al volumen de contaminación que producen (toneladas anuales de contaminante). Específicamente en estos cuatro escenarios que se plantean se pretende alcanzar dos objetivos:

1.- En el corto plazo, reducir la producción, consumo o utilización de los bienes y servicios que incidan en la generación de CO_2 y generen daños al ambiente.

2.- A mediano y largo plazo, inducir un cambio tecnológico encaminado a la adopción de tecnologías más limpias, que vuelvan más eficiente el sistema productivo, que permitan alcanzar un crecimiento económico en conjunto con una disminución de la contaminación y de esta manera se puede llevar a alcanzar un doble dividendo.

Para alcanzar estos objetivos es necesario que se aplique el principio pigouviano de “quien contamina paga”. En sus inicios estos costos representaran para los contaminadores cargos adicionales que afectarán sus utilidades, pero posteriormente el contaminador encontrará la manera de transferir estos costos a los consumidores, lo que ocasionará una disminución de la demanda al verse aumentado los precios (Fernández 2004).

Se plantean cuatros escenarios diferentes, que se pueden aplicar para alcanzar la reducción de la contaminación en un 5%, se considera que la afectación al sistema económico varía dependiendo de la manera en que sea aplicado el impuesto a los sectores productivos. La tarifa fiscal del impuesto se debe de establecer de tal manera que refleje el valor del daño social ocasionando a la población como consecuencia de la contaminación.

Se considerará la aplicación del impuesto ecológico sectorial y la manera en que se aplicará dependerá de diversos factores, tomando en consideración principalmente el volumen de la contaminación producida (toneladas anuales de contaminante) por cada uno de los sectores. Los escenarios que se plantean son casos hipotéticos de cuatro posibles maneras en que podría aplicar un impuesto ambiental al CO_2 y fueron elegidos de manera arbitraria, con la finalidad de poder analizar distintas reacciones del sistema económico ante una variación en los precios ocasionado por el impuesto y así poder simular distintos resultados y ver cuál sería el que afectaría en menor medida al sistema económico y con base en ello poder sugerir que escenario sería el más viable para aplicar un eco-impuesto.

Se pretende que con los cuatro escenarios planteados, se pueda contemplar la mayoría de las posibles maneras en que se pueda aplicar un impuesto ambiental, con el objetivo de poder anticipar los efectos regresivos del impuesto y de esta manera establecer políticas complementarias que ayuden a mitigar dichos efectos. Los escenarios que se plantean son los siguientes:

Escenario A) **Se disminuye la producción del sector más contaminante.** Se aplica el factor de disminución de la contaminación específicamente a aquel sector que emite un mayor volumen de emisiones de CO_2 al ambiente. En este escenario se toma como referencia al sector que emite una mayor cantidad de CO_2 al medio ambiente como aquel sobre el que recaerá el impuesto, y se analizan sus efectos.

$$B'_1 = B_1 - \lambda B_1, \quad B'_2 = B_2, \qquad B'_3 = B_3 \tag{19}$$

$$\lambda = Factor\ de\ disminución\ (por\ determinar)$$

El factor de disminución es una variable que determina el nivel de afectación del impuesto ambiental sobre la producción, refleja la manera en que el impuesto contribuye a disminuir la contaminación mediante una contracción de la producción, que afecta a aquel o aquellos sectores sobre el cual se plantee la aplicación del impuesto. En otras palabras, λ indica que porcentaje de reducción de la producción se tiene que dar en aquel sector donde se aplique el impuesto para poder alcanzar la meta de reducción de la contaminación (*e*) que se establezca.

$$|B' > = \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \\ B_5 \\ B_6 \\ B_7 \\ B_8 \\ B_9 \\ B_{10} \\ B_{11} \\ B_{12} \\ B_{13} \\ B_{14} \\ B_{15} \\ B_{16} \\ (1-\lambda)B_{17} \\ B_{18} \\ B_{19} \\ B_{20} \end{bmatrix} \qquad \textbf{(20)}$$

En términos absolutos el sector que más contamina es el Transporte, comunicación e información, por tanto sobre este sector recaería el total de la reducción de la contaminación.

$$\boldsymbol{e}' =< \boldsymbol{\varepsilon}|\boldsymbol{B}' > con\ esta\ formula\ se\ calcula\ el\ impacto\ ambiental$$

$$e' = \varepsilon_1 B_1 + \varepsilon_2 B_2 + \varepsilon_3 B_3 + \varepsilon_4 B_4 + \varepsilon_5 B_5 + \varepsilon_6 B_6 + \varepsilon_7 B_7 + \varepsilon_8 B_8 + \varepsilon_9 B_9 + \varepsilon_{10} B_{10} + \varepsilon_{11} B_{11} + \varepsilon_{12} B_{12} + \varepsilon_{13} B_{13} + \varepsilon_{14} B_{14} + \varepsilon_{15} B_{15} + \varepsilon_{16} B_{16} + (1-\lambda)\varepsilon_{17} B_{17} + \varepsilon_{18} B_{18} + \varepsilon_{19} B_{19} + \varepsilon_{20} B_{20} \qquad \textbf{(21)}$$

$$Con\ estas\ formulas\ se\ calcula\ el\ impacto\ economico\ de\ la\ reducción\ de\ la\ producción\ del\ sector\ más\ contaminante$$

$$|Y' \geq (\boldsymbol{I} - \boldsymbol{a})|B' > \qquad \textbf{(22)}$$

$$< L'| = < l|\boldsymbol{B}' > \quad \textbf{(23)}$$

La producción de la contaminación se concentra en ciertas ramas económicas, por lo que en este escenario se plantea aplicar el impuesto solamente al sector que más contamina en términos absolutos, dejando recaer el impuesto sobre los bienes y servicios que este sector otorga, con el objetivo de lograr una diminución de las emisiones de CO_2 que se generan como resultado de su actividad económica. Como la economía está interrelacionada y todos los sectores necesitan insumos de otros sectores los efectos de la aplicación directa del impuesto ecológico sobre el sector más contaminante se deja sentir en el resto de la economía.

Escenario B) **Se disminuye la producción de los sectores en la misma proporción**. Aquí la disminución de la producción con el objetivo de alcanzar los estándares ambientales se aplica de manera igualitaria a todos los sectores de la economía, en este caso es aplicada a los 20 sectores.

$$\lambda = Factor\ de\ disminución\ (por\ determinar)$$

$$|B' > = \begin{bmatrix} (1-\lambda)B_1 \\ (1-\lambda)B_2 \\ (1-\lambda)B_3 \\ (1-\lambda)B_4 \\ (1-\lambda)B_5 \\ (1-\lambda)B_6 \\ (1-\lambda)B_7 \\ (1-\lambda)B_8 \\ (1-\lambda)B_9 \\ (1-\lambda)B_{10} \\ (1-\lambda)B_{11} \\ (1-\lambda)B_{12} \\ (1-\lambda)B_{13} \\ (1-\lambda)B_{14} \\ (1-\lambda)B_{15} \\ (1-\lambda)B_{16} \\ (1-\lambda)B_{17} \\ (1-\lambda)B_{18} \\ (1-\lambda)B_{19} \\ (1-\lambda)B_{20} \end{bmatrix} \quad \textbf{(24)}$$

$$\boldsymbol{e}' = < \boldsymbol{\varepsilon}|\boldsymbol{B}' >$$

$$\begin{aligned} e' = {} & (1-\lambda)\,\varepsilon_1 B_1 + (1-\lambda)\varepsilon_2 B_2 + (1-\lambda)\varepsilon_3 B_3 + (1-\lambda)\varepsilon_4 B_4 + (1-\lambda)\varepsilon_5 B_5 + \\ & (1-\lambda)\varepsilon_6 B_6 + (1-\lambda)\varepsilon_7 B_7 + (1-\lambda)\varepsilon_8 B_8 + (1-\lambda)\varepsilon_9 B_9 + (1-\lambda)\varepsilon_{10} B_{10} + \\ & (1-\lambda)\varepsilon_{11} B_{11} + (1-\lambda)\varepsilon_{12} B_{12} + (1-\lambda)\varepsilon_{13} B_{13} + (1-\lambda)\varepsilon_{14} B_{14} + (1-\lambda)\varepsilon_{15} B_{15} + \\ & (1-\lambda)\varepsilon_{16} B_{16} + (1-\lambda)\varepsilon_{17} B_{17} + (1-\lambda)\varepsilon_{18} B_{18} + (1-\lambda)\varepsilon_{19} B_{19} + (1-\lambda)\varepsilon_{20} B_{20} \end{aligned} \quad \textbf{(25)}$$

$$|Y' \geq (\boldsymbol{I} - \boldsymbol{a})|B' >$$

$$< L'| = < l|\boldsymbol{B}' >$$

En este escenario el monto del impuesto es distribuido de forma equitativa en todos los sectores, es decir, no se considera cuales sectores contaminan más o cuales menos, sino que se aplica a todos por igual, aquí la contracción de los sectores productivos ejercerá un efecto en la economía en su conjunto debido a la variación en los precios que contraerá la demanda y por tanto a la producción afectando de manera directa al empleo. Se aplica el mismo nivel de factor de diminución al total de los sectores productivos, los efectos del impuesto son distribuidos en el total de la economía, este escenario es el más inequitativo debido a que afecta de igual manera a los sectores grandes y con utilidades mayores, que a aquellos con producciones menores y ganancias pequeñas. Por tanto se espera que los resultados en las variaciones en la producción y el empleo sean fuertemente afectados.

Escenario C) **Se disminuye la producción de los sectores en función de su intensidad de contaminación.** La intensidad de emisiones de CO_2 de un sector económico, es la emisión total de CO_2 por unidad de producción de dicho sector. Aquí la cantidad de reducción de contaminación dependerá de la cantidad de CO_2 que emita así como del valor bruto de la producción.

$$\lambda = Factor\ de\ disminución\ (por\ determinar)$$

$$|B' >= \begin{bmatrix} (1-\lambda\varepsilon_1)B_1 \\ (1-\lambda\varepsilon_2)B_2 \\ (1-\lambda\varepsilon_3)B_3 \\ (1-\lambda\varepsilon_4)B_4 \\ (1-\lambda\varepsilon_5)B_5 \\ (1-\lambda\varepsilon_6)B_6 \\ (1-\lambda\varepsilon_7)B_7 \\ (1-\lambda\varepsilon_8)B_8 \\ (1-\lambda\varepsilon_9)B_9 \\ (1-\lambda\varepsilon_{10})B_{10} \\ (1-\lambda\varepsilon_{11})B_{11} \\ (1-\lambda\varepsilon_{12})B_{12} \\ (1-\lambda\varepsilon_{13})B_{13} \\ (1-\lambda\varepsilon_{14})B_{14} \\ (1-\lambda\varepsilon_{15})B_{15} \\ (1-\lambda\varepsilon_{16})B_{16} \\ (1-\lambda\varepsilon_{17})B_{17} \\ (1-\lambda\varepsilon_{18})B_{18} \\ (1-\lambda\varepsilon_{19})B_{19} \\ (1-\lambda\varepsilon_{20})B_{20} \end{bmatrix} \qquad \textbf{(26)}$$

$$\boldsymbol{e}' =< \boldsymbol{\varepsilon}|\boldsymbol{B}' >$$

$$e' = (1-\lambda\varepsilon_1)\,\varepsilon_1 B_1 + (1-\lambda\varepsilon_2)\varepsilon_2 B_2 + (1-\lambda\varepsilon_3)\varepsilon_3 B_3 + (1-\lambda\varepsilon_4)\varepsilon_4 B_4 + (1-\lambda\varepsilon_5)\varepsilon_5 B_5 + (1-\lambda\varepsilon_6)\varepsilon_6 B_6 + (1-\lambda\varepsilon_7)\varepsilon_7 B_7 + (1-\lambda\varepsilon_8)\varepsilon_8 B_8 + (1-\lambda\varepsilon_9)\varepsilon_9 B_9 + (1-\lambda\varepsilon_{10})\varepsilon_{10} B_{1O} + (1-\lambda\varepsilon_{11})\varepsilon_{11} B_{11} + (1-\lambda\varepsilon_{12})\varepsilon_{12} B_{12} + (1-\lambda\varepsilon_{13})\varepsilon_{13} B_{13} + (1-\lambda\varepsilon_{14})\varepsilon_{14} B_{14} + (1-\lambda\varepsilon_{15})\varepsilon_{15} B_{15} + (1-\lambda\varepsilon_{16})\varepsilon_{16} B_{16} + (1-\lambda\varepsilon_{17})\varepsilon_{17} B_{17} + (1-\lambda\varepsilon_{18})\varepsilon_{18} B_{18} + (1-\lambda\varepsilon_{19})\varepsilon_{19} B_{19} + (1-\lambda\varepsilon_{20})\varepsilon_{20} B_{20} \quad \textbf{(27)}$$

$$|Y' \geq (\boldsymbol{I} - \boldsymbol{a})|B' >$$

$$< L'| =< l|\boldsymbol{B}' >$$

Este escenario no solo considera el volumen de contaminación de aquellos sectores más contaminantes o la aplicación del impuesto a todos los sectores aplicando el mismo factor de disminución, aquí se toma en cuenta la cantidad de contaminación considerando la proporción de producción que estos tienen.

Es decir, el monto del impuesto aplicado a cada sector estará basado en la productividad que estos tengan como resultado de su contaminación producida por unidad de producto, de esta manera se busca que el impuesto sea más equitativo y sea aplicado con mayor nivel de recaudación sobre aquellos sectores económicos que disponen de mayores utilidades para absorber el impuesto y en menor proporción a aquellos con menor capacidad de respuesta al impuesto. Se espera que los resultados de este escenario sean de menor afectación para la economía en su conjunto.

Escenario D) **Se disminuye la producción de los sectores en función de su volumen de contaminación.** Aquellos sectores que emitan una mayor cantidad de CO_2 serán los que absorban la mayor parte del impuesto.

$$\lambda = Factor\ de\ disminución\ (por\ determinar)$$

$$|B'>=\begin{bmatrix}(1-\lambda e_1)B_1\\(1-\lambda e_2)B_2\\(1-\lambda e_3)B_3\\(1-\lambda e_4)B_4\\(1-\lambda e_5)B_5\\(1-\lambda e_6)B_6\\(1-\lambda e_7)B_7\\(1-\lambda e_8)B_8\\(1-\lambda e_9)B_9\\(1-\lambda e_{10})B_{10}\\(1-\lambda e_{11})B_{11}\\(1-\lambda e_{12})B_{12}\\(1-\lambda e_{13})B_{13}\\(1-\lambda e_{14})B_{14}\\(1-\lambda e_{15})B_{15}\\(1-\lambda e_{16})B_{16}\\(1-\lambda e_{17})B_{17}\\(1-\lambda e_{18})B_{18}\\(1-\lambda e_{19})B_{19}\\(1-\lambda e_{20})B_{20}\end{bmatrix} \quad \textbf{(28)}$$

$$\boldsymbol{e}' =< \boldsymbol{\varepsilon}|\boldsymbol{B}' >$$

$$\begin{aligned} e' = (1-\lambda e_1)\,\varepsilon_1 B_1 &+ (1-\lambda e_2)\varepsilon_2 B_2 + (1-\lambda e_3)\varepsilon_3 B_3 + (1-\lambda e)\varepsilon_4 B_4 + (1-\lambda e_5)\varepsilon_5 B_5 \\ &+ (1-\lambda e_6)\varepsilon_6 B_6 + (1-\lambda e_7)\varepsilon_7 B_7 + (1-\lambda e)\varepsilon_8 B_8 + (1-\lambda e_9)\varepsilon_9 B_9 \\ &+ (1-\lambda e_{10})\varepsilon_{10} B_{10} + (1-\lambda e_{11})\varepsilon_{11} B_{11} + (1-\lambda e_{12})\varepsilon_{12} B_{12} + (1-\lambda e_{13})\varepsilon_{13} B_{13} \\ &+ (1-\lambda e_{14})\varepsilon_{14} B_{14} + (1-\lambda e_{15})\varepsilon_{15} B_{15} + (1-\lambda e_{16})\varepsilon_{16} B_{16} + (1-\lambda e_{17})\varepsilon_{17} B_{17} \\ &+ (1-\lambda e_{18})\varepsilon_{18} B_{18} + (1-\lambda e_{19})\varepsilon_{19} B_{19} + (1-\lambda e_{20})\varepsilon_{20} B_{20} \end{aligned} \quad \textbf{(29)}$$

$$|Y' \geq (\boldsymbol{I}-\boldsymbol{a})|B'>$$
$$< L'|=< l|\boldsymbol{B}' >$$

En este escenario se aplica el impuesto conforme a la cantidad de emisiones que arrojan al ambiente cada uno de los sectores, es decir, aquí se aplica el principio de quien contamina paga, unos sectores pagarán más directamente debido a la cantidad de CO_2 que arrojan y otros de manera indirecta al utilizar o consumir productos elaborados por los sectores contaminantes. El impuesto se va a distribuir a medida que el sector productivo que más contamine sea aquel que pagará un impuesto más alto.

Resultados del Modelo

Tabla 1.8.-Reducción de la Contaminación					
	Escenario Original	**Escenario (a)**	**Escenario (b)**	**Escenario (c)**	**Escenario (d)**
Y	$ 11,789,988.03	$ 11,643,804.19	$ 11,200,488.63	$ 11,701,471.64	$ 11,653,891.88
L	47,439,094.00 u.e.	47,078,178.38 u.e.	45,067,139.30 u.e.	47,067,496.52 u.e.	46,885,000.34 u.e.
e	507,258.38	481,895.46	481,895.46	481,895.46	481,895.46
ΔY/Y		-1.240%	-5.000%	-0.75%	-1.15%
ΔL/L		-0.761%	-5.000%	-0.78%	-1.17%
Δe/e		-5.000%	-5.000%	-5.00%	-5.00%

Como se puede apreciar en la Tabla 1.8, no existe un escenario totalmente ganador, en las 4 opciones que se plantean se da una disminución de la producción (PIB) y del empleo, es decir, la imposición de un impuesto ambiental con el objetivo de alcanzar una disminución de la contaminación mediante la reducción de la producción afectaría de manera negativa a la economía. La producción se reduce principalmente, por el alza de los precios, la baja de la producción y la disminución de las ganancias. En los cuatros escenarios la contaminación presenta una reducción significativa. Sin embargo, esto se da acompañado de una contracción de los sectores productivos. Por tanto el escenario que afecta menos a la economía seria el escenario C, donde se disminuye la producción de los 20 sectores en función de su intensidad de contaminación, sería el escenario más equitativo y que afectaría en menor medida.

Esto se debe principalmente a que el impuesto será aplicado en función de lo que contamine, como proporción de su Valor Bruto de la Producción, con este escenario se pretende no afectar a un solo sector en específico, sino distribuir en el total de la economía la carga impositiva de impuesto ambiental.

Análisis del Valor Agregado

La matriz insumo-producto también puede ser analizada por renglones:

Producto interno= Valor agregado

$$< Y| = < B| - < A| \quad \textbf{(30)}$$

Distribución de <Y|= Valor bruto de la producción:

$$< Y| = < S| + < G| + < T| \quad \textbf{(31)}$$

$< S| = Remuneración\ de\ asalariados\ (Sueldos\ y\ Salarios)$

$< G| = Superávit\ de\ operación\ (Gancias)$

$< T| = Impuestos\ netos\ de\ subsidios$

En la distribución de <Y|, <S| es la parte del PIB que les toca a los trabajadores, <G| la que va a los empresarios y <T| la que corresponde al gobierno.

Obsérvese que la matriz de insumo-producto es simétrica (las cifras del producto son las mismas, vistas en la fila última y en el inicio de la última columna. Esto se debe a lo siguiente: sean C, I y E las matrices cuadradas correspondientes al consumo, la inversión y las exportaciones netas, y S, G y T las asociadas a los salarios, las ganancias y los impuestos netos. Puesto que el producto interno bruto Y es el mismo independientemente de que se vea por destino de los bienes o por su distribución:

$$Y = C + I + E = S + G + T \quad \textbf{(32)}$$

El producto B se puede escribir como:

$$B = A + Y = A + C + I + E = A + S + G + T \quad \textbf{(33)}$$

Y como B es una matriz diagonal, la suma de sus elementos por columnas es la misma que la suma de sus elementos por renglones. De aquí que, en las sumas por columnas de B:

$$< B| = < A| + < S| + < G| + < T| \quad \textbf{(34)}$$

Tabla 1.9.- Matriz Insumo-Producto

AGRUPACIÓN SECTORIAL	Agricultura, silvicultura, ganadería y pesca	Petróleo	Minería	Electricidad, gas y agua	Construcción	Alimentos, bebidas y tabaco	Textiles, prendas de vestir, cuero y calzado	Madera	Papel	Industrias química, del plástico y del hule	Minerales no metálicos	Metálica básica, maquinaria y equipo	Industria eléctrica y electrónica	Equipo de transporte	Otras industrias manufactureras	Comercio, restaurantes y hoteles	Transporte, comunicación e información	Servicios financieros, seguros y bienes inmuebles	Otros servicios	Instituciones	DEMANDA INTERMEDIA	TOTAL DEMANDA FINAL	Consumo Total (Consumo Privado+Consumo Gobierno)	Inversión (Formación Bruta de Capital+Variación de existencia)	Exportaciones NETAS	VALOR BRUTO DE LA PRODUCCIÓN = demanda intermedia + demanda final (PRODUCTO) B
Agricultura, silvicultura, ganadería y pesca	58,030.60	0.44	0.13	0.36	659.08	345,524.68	8,689.41	12,139.57	22.49	5,202.86	0.34	30.32	0.31	11.59	858.58	8.87	1.60	0.82	35.13	0.10	431,217.47	178,975.25	139,395.71	89,679.27	-50,099.73	610,192.72
Petróleo	11,589.08	636,843.81	7,762.48	60,207.36	31,434.78	17,289.77	1,721.32	1,244.25	3,354.72	126,018.01	12,273.11	10,252.91	2,602.70	1,240.85	1,529.08	16,035.43	242,456.16	16,832.40	15,886.72	18,233.08	1,235,716.01	503,121.01	261,966.43	-18,655.50	259,810.08	1,738,837.02
Minería	1,061.47	372.22	6,065.41	6,820.99	20,382.40	540.51	15.82	1.58	338.42	10,892.53	16,180.42	66,294.30	171.88	185.53	201.76	231.46	274.20	111.23	110.69	0.12	130,252.92	135,306.18	0.00	140,129.69	-4,823.51	265,559.10
Electricidad, gas y agua	10,399.16	2,523.33	8,264.41	3,984.29	8,470.68	25,142.98	5,328.95	830.52	6,683.06	14,704.65	9,430.16	25,624.75	4,245.11	6,484.93	1,817.08	57,412.95	13,704.42	22,192.50	52,161.24	15,571.42	294,575.89	164,068.81	161,426.68	0.00	2,642.13	459,044.71
Construcción	1,150.94	8.54	4,104.46	1,064.37	120,514.59	473.41	143.50	22.11	58.75	187.70	13.43	353.58	1,148.63	84.48	182.75	2,724.50	1,799.66	259.67	7,712.11	2,198.29	144,205.46	1,786,958.18	69.25	1,736,888.93	0.00	1,881,163.64
Alimentos, bebidas y tabaco	47,187.73	93.99	50.93	191.19	469.99	181,339.83	4,517.29	13.06	894.17	6,974.50	144.83	265.98	63.49	308.19	148.23	42,254.20	680.29	1,183.62	2,102.54	3,548.31	292,452.35	1,150,438.71	1,194,414.72	29,522.92	-73,498.93	1,442,891.07
Textiles, prendas de vestir, cuero y calzado	958.62	526.08	87.85	541.26	1,438.23	1,583.08	64,525.88	252.14	4,804.87	3,940.72	186.11	989.00	1,127.92	20,091.21	8,966.91	6,115.04	1,331.70	261.10	8,732.94	1,772.47	128,213.12	125,579.02	157,026.53	3,797.08	-35,184.60	253,792.14
Madera	563.11	295.88	1,754.75	6.18	17,727.63	2,214.02	147.11	5,611.15	654.85	660.83	744.79	1,336.87	2,332.07	1,237.46	11,712.39	7,822.11	608.69	53.30	129.27	11.32	55,624.53	-9,454.45	5,205.99	607.60	-14,268.03	47,170.15
Papel	1,533.88	290.00	110.93	471.77	2,790.03	13,246.67	3,165.40	83.11	59,544.94	10,698.10	4,669.28	2,987.23	12,584.76	3,658.76	5,688.09	25,180.42	3,243.07	16,193.64	22,041.50	8,702.21	197,191.78	-13,803.09	43,203.88	7,131.35	-64,138.32	183,388.68
Industrias química, del plástico y del hule	40,223.27	43,609.84	7,865.50	90,365.59	53,199.20	58,431.93	19,270.51	2,269.80	13,758.19	378,210.42	13,938.40	27,174.18	44,172.52	73,907.26	26,431.74	43,112.80	15,196.39	6,088.08	44,273.10	19,958.62	1,021,457.40	35,041.87	401,385.03	33,357.97	-399,705.14	1,056,499.27
Minerales no metálicos	1,178.45	400.54	2,966.26	460.00	109,923.55	14,948.21	83.04	194.62	41.07	1,088.31	15,989.48	2,574.20	5,289.42	4,980.56	2,191.84	5,420.18	430.07	832.36	893.79	20.41	169,804.79	53,483.80	48,853.76	3,021.30	1,606.74	223,288.59
Metálica básica, maquinaria y equipo	3,213.15	10,803.73	21,058.43	1,385.33	192,333.78	13,409.50	2,919.45	577.81	1,449.87	12,444.58	4,271.41	283,024.58	152,417.24	165,231.24	25,800.42	19,603.50	23,262.29	2,548.22	2,581.48	2,079.38	940,415.39	-80,176.20	47,191.61	330,417.10	-457,784.90	860,239.19
Industria eléctrica y electrónica	176.37	847.72	334.37	9,810.22	43,333.68	1,043.27	2,997.20	6.34	591.60	3,751.82	307.01	14,298.04	505,269.65	85,704.23	16,577.05	7,176.24	45,864.69	2,510.64	7,394.78	3,788.58	751,843.49	250,282.80	115,456.94	122,437.02	12,388.84	1,002,126.29
Equipo de transporte	508.84	64.68	1,443.07	541.04	4,904.35	5,212.73	432.91	38.66	200.96	1,374.65	973.97	5,331.60	4,383.76	206,903.06	2,711.72	23,657.29	52,422.39	1,195.24	895.69	945.31	314,242.09	653,952.14	188,068.09	262,152.33	203,731.71	968,294.23
Otras industrias manufactureras	45.61	523.52	129.89	990.03	6,562.06	824.68	2,504.04	34.58	351.13	1,453.02	441.71	1,444.60	25,488.52	2,577.89	14,393.99	5,794.85	1,375.03	980.89	12,847.76	2,127.92	80,854.71	133,595.47	92,227.57	25,403.58	15,964.33	214,450.19
Comercio, restaurantes y hoteles	30,115.27	22,953.28	11,467.04	30,009.34	109,205.90	113,310.91	17,405.69	3,108.68	18,805.25	76,504.75	13,962.30	72,654.41	25,839.01	82,629.05	8,367.20	56,141.88	77,348.07	15,251.08	39,800.01	23,902.80	850,861.89	1,777,463.51	1,268,118.06	290,377.96	218,967.48	2,628,325.40
Transporte, comunicación e información	5,121.95	10,700.96	3,282.97	9,069.13	31,448.02	24,751.93	4,275.97	736.18	3,555.21	23,461.90	3,706.84	16,561.67	15,199.93	20,875.69	3,253.58	37,253.02	76,412.80	82,673.79	42,221.16	31,210.77	445,777.27	1,240,894.61	1,071,599.00	97,839.89	71,455.71	1,686,671.88
Servicios financieros, seguros y bienes inmuebles	6,502.81	6,789.54	8,706.22	2,604.75	50,935.36	14,599.76	3,547.43	490.31	3,326.21	10,807.82	4,702.17	9,210.68	10,546.32	9,362.79	3,082.59	98,494.17	55,917.09	82,713.53	64,321.50	28,508.41	475,139.45	1,654,520.05	1,668,067.47	0.00	-13,547.42	2,129,659.50
Otros servicios	1,444.40	22,593.60	21,972.79	9,415.44	52,822.39	49,967.66	9,749.76	746.09	9,110.83	46,794.91	12,402.49	27,529.98	32,221.66	25,042.48	7,666.38	177,608.16	114,709.74	93,089.01	181,723.30	44,232.95	940,043.98	1,440,846.58	1,425,504.44	22,637.49	-7,285.35	2,381,690.56
Instituciones	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	254.04	0.00	0.00	0.00	0.00	254.04	657,893.80	657,893.80	0.00	0.00	658,147.85
Total de Insumos (Insumos Nacionales+Importaciones)	221,005	760,242	107,428	227,947	858,564	883,757	151,461	28,404	127,547	737,982	114,338	567,919	845,106	710,805	141,501	632,429	727,028	344,999	505,865	206,952						
Total de Remuneración de asalariados <S>	62,689.94	39,118.21	37,171.84	49,031.44	463,146.03	82,126.61	31,249.91	7,195.48	16,022.33	63,257.03	22,010.56	50,340.95	58,562.70	56,757.68	28,959.53	396,534.46	302,624.53	128,905.57	1,063,912.37	451,478.05						
IMPUESTOS Totales <T>	-2,330.71	5,165.05	-2,072.78	-19,641.13	-1,303.57	6,242.89	484.68	-364.13	-729.87	550.93	-3,679.28	1,102.78	848.04	2,306.32	176.78	1,542.44	-85,042.32	5,493.76	3,897.10	-2,832.46						
Excedente Bruto de Operación GANANCIAS <G>	328,829	934,312	123,032	201,708	560,757	470,765	70,587	11,538	40,550	254,710	90,619	240,677	97,530	198,425	43,733	1,597,819	742,651	1,650,291	808,016	2,550						

Análisis de Variaciones en Y:

El producto interno bruto, visto como valor agregado, es:

$$< Y| = < B| - < A| \qquad \textbf{(35)}$$

Como todas las cantidades que intervienen están expresadas en unidades monetarias, sea ahora Y la matriz correspondiente al producto interno bruto, pero expresado en unidades físicas. Si <p| es el vector de precios entonces:

$$< p|Y = < Y| \qquad \textbf{(36)}$$

Escojamos como unidades físicas de los bienes aquéllas para las que la unidad física de cada bien es la cantidad cuyo precio es $1. En este caso Y= Y (la matriz original), y se tendrá:

$$< p|Y = < Y|$$

donde el precio de cada bien es $1, <p|= (1 1 … 1). Supongamos ahora que <Y| cambia a <Y´|, visto como valor agregado. Si entonces se supone que no hay cambios en las cantidades físicas de los bienes que participan en la economía, y que el ajuste se da sólo en los precios, la matriz de cantidades Y=Y se mantendrá constante, pero <p| cambiará a <p´|:

$$< p´|Y = < Y´| \qquad \textbf{(37)}$$

de manera que el nuevo vector de precios es:

$$< p´| = < Y´|Y^{-1} \qquad \textbf{(38)}$$

Como todo el esquema se maneja en términos de bienes cuyo precio inicial era $1, el cambio de precios se refiere al cambio proporcional (a partir de <p|= <e|) de los precios originales.

4.15.3.- EJEMPLO 3: Aplicación de un impuesto ecológico

Supóngase la adición de un impuesto ecológico del 5% a los impuestos <T|, aplicado al volumen de contaminación por CO_2 de cada sector, la adición del impuesto es determinado de manera exógena, no se elaboraron cálculos para saber que impuesto sería el óptimo para poder alcanzar la reducción de la contaminación deseada. En la situación original se tenía la siguiente contaminación en cada uno de los 20 sectores:

<e= (49,589.96 0.00 36,014.53 153,800.83 36,441.82 2,475.01 0.00
8,189.54 2,521.79 12,179.23 68.54 13,915.92 0.00 0.00 551.34
0.00 166,496.59 0.00 20,377.65 4,635.63)

El monto a pagar por concepto de impuesto con base en la cantidad de esmiones de CO_2 será:

$$< T_{ecol} = 5\% \ (\$2{,}479.50 \ \ \$0.00 \ \ \$1{,}800.73 \ \ \$7{,}690.04 \ \ \$1{,}822.09 \ \ \$123.75 \ \ \$0.00 \ \ \$409.48$$

$$\$126.09 \ \ \$608.96 \ \ \$3.43 \ \ \$695.80 \ \ \$0.00 \ \ \$0.00 \ \ \$27.57 \ \ \$0.00 \ \ \$8{,}324.83 \ \ \$0.00 \ \ \$1{,}018.88 \ \ \$231.78)$$

Por lo que los impuestos originales <T| se incrementarán a <T´|:

$$< T = (-\$2{,}330.71 \ \ \$5{,}165.05 \ \ -\$2{,}072.78 \ \ -\$19{,}641.13 - \$1{,}303.97 \ \ \$6{,}242.89 \$484.68$$
$$-\$364.13 \ \ -\$729.87 \ \ \$550.93$$
$$-\$3{,}679.28 \ \ \$1{,}102.78 \ \ \$848.04 \ \ \$2{,}306.32 \ \ \$176.78 \ \ \$1{,}542.44$$
$$-\$85{,}042.32 \ \ \$5{,}493.76 \ \ \$3{,}897.10 \ \ -\$2{,}832.46)$$

$$< T' = \$148.79 \ \ \$5{,}165.05 \ \ -\$272.05 \ \ -\$11{,}951.08 \ \ \$518.12 \ \ \$6{,}366.64 \ \ \$484.68 \ \ \$45.35$$
$$-\$603.78 \ \ \$1{,}159.89$$
$$-\$3{,}675.85 \ \ \$1{,}798.58 \ \ \$848.04 \ \ \$2{,}306.32 \ \ \$204.35 \ \ \$1{,}542.44$$
$$-\$76{,}717.49 \ \ \$5{,}493.76 \ \ \$4{,}915.98 \ \ -\$2{,}600.68$$

$$< Y'| = < S| + < G| + < T'|$$
$$= \$391{,}667.47 \ \ \$978{,}594.94 \ \ \$159{,}931.96 \ \ \$238{,}788.12 \ \ \$1{,}024{,}422.09 \ \ \$559{,}258.29 \ \ \$102{,}331.47$$

$$\$19{,}179.07 \ \ \$55{,}968.23 \ \ \$319{,}126.57 \ \ \$108{,}953.76 \ \ \$293{,}016.13 \ \ \$156{,}940.40 \ \ \$257{,}488.98$$

$$\$72{,}896.40 \ \ \$1{,}995{,}896.31 \ \ \$967{,}958.54 \ \ \$1{,}784{,}660.39 \ \ \$1{,}876{,}844.68 \ \ \$451{,}427.17$$

El PIB parece haber aumentado de $11,789,988.033 a $11,806,681.23; sin embargo, bajo los supuestos de que las cantidades de bienes no se alteran, este cambio es nominal, ya que los que han aumentado son los precios.

Obtenemos:

Tabla 1.10.- Efecto de un impuesto ecológico en los precios.

SECTORES	<*p´*|=<Y´|Y-1	D<p|
Agricultura, silvicultura, ganadería y pesca	1.0054	0.54%
Petróleo	1.0003	0.03%
Minería	**1.0082**	**0.82%**
Electricidad, gas y agua	**1.0177**	**1.77%**
Construcción	1.0022	0.22%
Alimentos, bebidas y tabaco	1.0024	0.24%
Textiles, prendas de vestir, cuero y calzado	1.0015	0.15%
Madera	**1.0122**	**1.22%**
Papel	1.0028	0.28%
Industrias química, del platico y del hule	1.0021	0.21%
Minerales no metálicos	1.0021	0.21%
Metálica básica, maquinaria y equipo	1.0035	0.35%
Industria eléctrica y electrónica	1.0020	0.20%
Equipo de transporte	1.0017	0.17%
Otras industrias manufactureras	1.0023	0.23%
Comercio, restaurantes y hoteles	1.0008	0.08%
Transporte, comunicación e información	1.0057	0.57%
Servicios financieros, seguros y bienes inmuebles	1.0005	0.05%
Otros servicios	1.0011	0.11%
Instituciones	1.0013	0.13%

Bajo los supuestos planteados las cantidades físicas de bienes de la economía no cambiaron, ni tampoco la contaminación. El procedimiento seguido solamente proporciona el incremento de los precios, sujeto a las condiciones señaladas. Los sectores que tendrán un mayor incremento en los precios son: electricidad, gas y agua, madera y minería, como se mencionó en un inicio estos sectores son los que tienen un índice de contaminación más elevados como proporción de lo que producen y lo que contaminan.

4.15.4.- EJEMPLO 4: Cambio Tecnológico

Según la OCDE (2012) un cambio en los precios relativos de los factores de producción es en sí mismo un incentivo para la invención, y para la intervención de tipo específico, dirigida a economizar el uso de un factor que se ha vuelto relativamente caro, es decir la imposición de un impuesto ambiental en el largo plazo genera incentivos suficientes para motivar un cambio tecnológico, que generen reducciones en la cantidad de contaminantes y a su vez origine

eficiencias en el proceso de producción, que garanticen a la empresa resultados positivos.

Los impuestos ambientales al CO_2 desempeñan un papel claro en la adopción de innovaciones relacionadas con el medio ambiente. Al establecer un impuesto a las fuentes contaminantes, todos los contaminadores tienen incentivos para adoptar tecnologías existentes que reduzcan el monto de impuestos a pagar o inclusive que la industria quede exenta del pago del impuesto. Este tipo de instrumentos fiscales le asigna un precio identificable a la contaminación, proporcionando incentivos a las empresas para que maximicen sus ganancias mediante la introducción de nuevas tecnologías que contribuyan a reducir su carga tributaria.

El impuesto ambiental establecido de manera óptima debería de inducir a la innovación. Contribuyendo a que las empresas logren determinados niveles de reducción a un costo más bajo, esto implicará que su curva de costos de reducción se moverá hacia adentro (OCDE 2012, p.119). Una vez analizado los efectos regresivos del impuesto ambiental que recae directamente sobre la producción como mecanismo para reducir la contaminación, se examina la posibilidad de la aplicación de un impuesto ambiental que esta vez, en lugar de afectar la producción de manera directa, genere un incentivo sobre los sectores industriales contaminantes para gestionar un cambio tecnológico que les permita volver más eficientes sus mecanismos de producción y a su vez les permita disminuir las emisiones de CO_2 y así puedan quedar exentas de altas tasas de pagos de impuestos sobre contaminantes.

Se plantea un cambio tecnológico como un mecanismo para disminuir la contaminación. Se proyecta un cambio tecnológico en las tres ramas que más contaminan en términos absolutos las cuales son transporte, comunicación e información; electricidad gas y agua y agricultura, silvicultura ganadería y pesca. La metodología aplicada al igual que en el ejercicio pasado es la de Leontief. El cambio tecnológico se planea de manera exógena, esto limita mucho los posibles resultados, pero desafortunadamente no se dispone de la información suficiente para poder plantear un cambio tecnológico de manera endógena.

Se utilizan los tres primeros escenarios del ejercicio anterior y se propone un factor de reducción del 1% mediante el incremento de la eficiencia en la producción, como resultado de un cambio tecnológico, este factor de reducción se determina de manera exógena al modelo y los resultados que se obtienen se presentan en la tabla 1.11. A medida que se plantea un cambio tecnológico la cantidad de contaminación desciende, considerando cada uno de los escenarios, además los niveles de producción se pueden mantener constantes, por lo que no se afectaría el crecimiento económico.

Tabla 1.11.- Resultados de un Cambio Tecnológico en el sistema económico en México.

	Escenario original	Escenario (a)		Escenario (b)		Escenario (c)	
Y	11,789,988.03	11,789,988.03	0.00%	11,789,988.03	0.00%	11,789,988.03	0.00%
L	47,439,094.00	47,251,144.42	-0.40%	47,439,094.00	0.00%	47,251,144.42	-0.40%
e	507,258.38	504,744.76	-0.50%	481,895.46	-5.00%	479,507.52	-5.47%

Como se observa fomentando la reducción de la contaminación mediante un impuesto ambiental que estimule un cambio tecnológico, la producción y el empleo no se ven afectados y se logran alcanzar metas de reducción de la contaminación altas. El impacto de un cambio tecnológico simulado en las tres ramas más contaminantes en la economía mexicana, tiene efectos benéficos para el medio ambiente, ya que se alcanzan altos niveles de reducción de la contaminación, además de que se puede conseguir sin reducir las posibilidades de crecimiento económico, logrando así un doble dividendo positivo (mejora en el medio ambiente, no sacrificando el crecimiento económico).

El escenario C es el que alcanza un mayor nivel de reducción de la contaminación, inclusive superior al planteado en el ejercicio anterior, donde el impuesto recaía directamente sobre la producción, aunque cabe aclarar que en este escenario se da una contracción del empleo, que se debe principalmente a que la nueva tecnología convierte al sistema productivo más eficiente y por tanto hace más con menos, es decir, necesita menos personal para llevar a cabo las actividades de producción. Si solo se consideran los objetivos ambientales, este escenario sería el más eficiente. Sin en cambio si consideramos las afectaciones en el sistema económico, el escenario más eficiente y que menos afecta al sistema económico seria el B, donde se alcanzan objetivos ambientales superiores al planteado (reducción 1%) y no se sacrifica ni el empleo, ni el crecimiento económico.

Cabe destacar que el cambio tecnológico simulado ocurre solo en las tres ramas mayormente contaminantes (de acuerdo a su volumen), pero su efecto se esparce a las demás ramas, debido a la relación existente entre toda la economía. Se puede apreciar que una modificación en la matriz de coeficientes técnicos producida por un cambio tecnológico en ramas estratégicas, tiene efectos importantes y positivos, como la reducción de la contaminación y el crecimiento o el mantener constante el PIB al mismo tiempo, a pesar de lo limitado del cambio tecnológico simulado. Aquí se cumple la hipótesis del doble dividendo, se logra alcanzar una mejora ambiental, en este caso se da la reducción de las emisiones de CO_2 y la no disminución del PIB.

Un cambio tecnológico genera menos distorsiones en comparación a la situación que se planteó en primera instancia, donde la reducción de la contaminación se podía alcanzar como resultado de una disminución de la producción, afectando de manera directa el crecimiento económico, esto se debe a que un cambio tecnológico genera más inversión que contribuye a compensar la carga impositiva que representa el impuesto.

5.- Conclusiones del análisis y sugerencias del impuesto

El análisis realizado a lo largo de esta investigación quedó establecido para el año 2008, debido a la carencia de información que se presenta en México, ya que la información disponible se encuentra con retrasos en sus actualizaciones, a pesar de que el INEGI en el año 2014, actualizó la MIP para el año 2012, la información complementaria para llevar a cabo este análisis son el INEGEI emitido por la SEMARNAT y se encuentra actualizado hasta el 2010, y se dice que la nueva actualización saldrá a finales del 2015. Por tanto, hasta que se dispongan de esas nuevas actualizaciones, será posible emitir nuevos resultados con información más actual.

Con lo que respecta al apego a la realidad para interpretar los resultados, es conocido que los Modelos de Insumo –Producto son des temporalizados, es decir, no consideran ajustes endógenos, estableciéndose como un ejercicio de estática comparativa, no incorpora incentivos o interacciones de mercado vía precios. Si bien, el modelo permite analizar simulaciones que dejan ver las afectaciones de la estructura productiva, por la relación intersectorial que existe, resulta ser una interpretación sencilla para analizar a la economía como un todo.

Por lo que se debería analizar el planteamiento de esta tesis con un Modelo de Equilibrio General Computable (MEGA), ya que estos modelos incorporan funciones de comportamiento y permite estimar de manera endógena salarios, precios, tipo de cambio, producción sectorial, niveles de empleo, etc., a pesar de que un MEGA representaría un análisis más completo para los fines de esta investigación, al momento de querer elaborarlo se presentaron una serie de inconvenientes relacionados con la carencia de información necesaria para su elaboración como son: Los datos sobre acervos de capital y depreciación provienen de la información publicada por el Banco de México, que ya no los emite y los índices de intensidad de la contaminación industrial a nivel sectorial, que tampoco se disponen para México.

En algunas investigaciones consultadas, utilizan el índice de contaminación industrial correspondiente a Estados Unidos, y bajo determinados supuestos, asumen que sería igual para México, pero estos índices fueron elaborados para el

año de 1987 por Wheeler y adaptados por Ten Kate para México para el año de 1993, lo cual representa información que ya no está vigente para poder ser utilizada en la elaboración de un MEGA. Estas limitantes no permitieron hacer uso de un Modelo de Equilibrio General para evaluar las afectaciones en la economía mexicana de la imposición de un impuesto ambiental y se optó por utilizar un Modelo de Insumo Producto para llevar a cabo el análisis, que requiere una menor cantidad de información y a su vez permite bosquejar escenarios hipotéticos de las variaciones que un elemento exógeno puede ocasionar en variables económicas.

La identificación adecuada de las estimaciones de los costos económicos de un impuesto ambiental y los montos necesarios de mitigación resulta, desde la óptica de la política pública y de la sociedad, elementos fundamentales para poder establecer una estrategia eficiente para enfrentar los problemas ocasionados por las emisiones de contaminantes emitidos al ambiente (Galindo y Caballero 2010, p.100).

Los objetivos de este trabajo se enfocaron en evaluar los impactos de un impuesto ambiental, sobre las principales variables económicas (producción y trabajo), con el objetivo de evidenciar las variaciones que acarrearía a la economía, se planteó como contribuiría a alcanzar metas ambientales y en qué porcentajes se alcanzarían los objetivos de reducción de la contaminación, con la imposición de una reforma fiscal verde.

La mayoría de los escenarios que se plantearon en la primera parte del análisis deja en evidencia los efectos adversos que se generan en la economía, al aplicar un impuesto ambiental, debido a la variación en los precios que se presenta al internalizar un costo externo, al ser absorbido por cada sector genera una contracción de la producción, esto tiene un efecto positivo para el medio ambiente debido a la disminución de la contaminación pero por otro lado contrae la economía afectando directamente la producción y por consecuencia al empleo.

Un impuesto al carbono, si se diseña correctamente fomentaría en el sector industrial, el uso de fuentes renovables no fósiles, así como la retención y almacenamiento de CO_2. Es importante no sobrestimar la carga del impuesto ambiental, debido a que podría resultar demasiado elevada y los impuestos altos causarían cierres innecesarios en las empresas ocasionando problemas de liquidez, que generaría altos índices de desempleo y oposición al instrumento de carga ambiental antes de que este sea implementado.

Como plantea Sterner para gestionar la aceptabilidad del impuesto (2008) se debe aprobar que las empresas obtengan créditos o rebajas en los impuestos (esquema de depósito – reembolso) por el carbono que secuestren o almacenen como

estrategia de disminución de sus emisiones, con la finalidad de motivar al sector industrial a establecer medidas que generen cambios en sus procesos de producción, que arrojen efectos directos en beneficio del medio ambiente y a su vez generen ahorros en sus costos de producción.

Se planteó emplear un cambio tecnológico en ramas estratégicas por sus altos niveles de contaminación, como una estrategia de mitigación de las emisiones, debido a que un impuesto ambiental que motive la innovación tiene efectos menos regresivos para el sistema económico, que aquellos impuestos ambientales que gravan directamente los precios, por lo que las metas de reducción de la contaminación son alcanzadas por contracciones en la producción debido a variaciones en la demanda.

El cambio tecnológico eleva la productividad, mejora la eficiencia y contribuye a disminuir la contaminación ambiental. Cabe considerar que los resultados del modelo utilizado no son concluyentes, más bien representan aproximaciones de la realidad, por tanto deben de tomarse con cautela y los resultados deben de interpretarse con mesura, debido a que son simulaciones hipotéticas que se cumplen considerando determinados supuestos antes mencionados, por lo que la interpretación queda a reserva de los fines de la investigación.

Para analizar los resultados y afirmar las enunciaciones antes establecidas, es conveniente corroborar el cumplimiento de los objetivos planteados en los inicios de esta investigación. Como objetivo general, se planteó evaluar los efectos que tendría en la economía mexicana la instauración de un impuesto a las emisiones de CO_2 aplicado directamente sobre la producción o gestionando la inclusión de un cambio tecnológico, los resultados que se enlistaron variaron conforme a cada escenario que se trazó y bajo los supuestos que se utilizaron.

Podemos resumir el impacto de la regulación ambiental analizando los efectos sobre el PIB y la reducción de emisiones, ambas variables se reducen como derivación de la aplicación del impuesto, como contrapartida a estos cambios donde el efecto impositivo se evidencia en los precios. Se pudo comparar los distintos escenarios planteados y deducir cual era el mejor, considerando aquel que menos afectaba a la economía.

Esta investigación aporta algo novedoso al permitir contrastar los efectos que se ocasionarían en México, ante la aplicación de un impuesto ambiental considerando 4 escenarios distintos, que abarcan las posibles maneras de implementación del impuesto. Asimismo facilita la comparación entre la aplicación del impuesto ambiental que recaiga directamente sobre la producción o en su defecto la aplicación del impuesto que gestione un cambio tecnológico. Permite

examinar cuál panorama es mejor, aquel donde se contrae la demanda o donde se vuelve más eficiente el proceso productivo.

Es importante analizar por separado los objetivos específicos que fueron fundamentales para poder llegar a los resultados del modelo y poder comprobar la hipótesis. En el análisis del modelo se logró identificar cuáles son los sectores más contaminantes en términos absolutos, siendo transporte comunicación e información, electricidad, gas y agua y agricultura, silvicultura, ganadería y pesca; los s tres sectores que emiten el 72.92% de las emisiones totales de CO_2 en México, esto permite conocer aquellas ramas más contaminantes y permite saber que sectores son los más relevantes en cuanto al volumen de la contaminación.

De igual manera, se procedió a identificar aquellas ramas que presentan mayores niveles de coeficientes de emisiones, es decir, se calculó su índice de la intensidad de contaminación por cada uno de los sectores, que permite encontrar la relación existente entre su Valor Bruto de la Producción y sus emisiones de CO_2 que arrojan a la atmosfera. Las ramas con mayores coeficientes de contaminación corresponden a la electricidad, gas y agua, madera y minería, en conjunto esos tres sectores productivos generan el 64.43% de las emisiones de CO_2. Esto permite tener claridad en relación a que ramas económicas son por las que se debe de iniciar un proceso de innovación tecnológica y en qué sectores de sebe d iniciar con la regulación ambiental.

Como segundo objetivo específico se planteó, analizar el impacto del impuesto sobre las actividades económicas (producción y trabajo) y elaborar un comparativo donde se enmarque el antes y el después del impuesto. Como se mencionó en la parte del análisis del impuesto, en primera instancia se planteó aplicar el impuesto de manera directa sobre la producción, lo que lograría elevar los precios, se contraería la demanda y por ende se daría una reducción en la contaminación. Al aplicar el impuesto ambiental de esta manera, efectivamente se alcanzan las metas de reducción del CO_2 planteadas del -5%, pero aunado a esto se dan contracciones de la producción (ΔY) que van del -1.24% al -5.0% y con lo que respecta al trabajo (ΔL), este presenta reducciones del -0.76% al -5.0%, lo que ocasiona que el impuesto ejerza sobre la economía efectos regresivos.

Siendo el escenario C el utilizado para plantear el impuesto (se disminuye la producción de los sectores en función de su intensidad de contaminación) el que afecta en menor medida a la economía reduciendo la producción en un -0.75% y el trabajo en un -0.78%.

Como tercer objetivo específico y último, se planteó evaluar un impuesto ambiental que induzca un cambio tecnológico, donde se pueda apreciar las variaciones que

se dan entre los dos diferentes mecanismos para aplicar el impuesto. Se simula un cambio tecnológico para aquellos sectores más contaminantes (transporte, comunicación e información; electricidad gas y agua y agricultura, silvicultura ganadería y pesca), en el que la reducción del índice de contaminación se fija en 1%, en este escenario la producción se maneja constante, debido a la eficiencia en la producción, ocasionada por la mejora tecnológica.

Se presenta una variación en el empleo de -0.40%, pero su disminución no es muy considerable, sí se compara con la aplicación del impuesto sin cambio tecnológico. Se alcanza reducciones de las emisiones de CO_2 que van de un -0.50% al 5.47%, contemplado un cambio tecnológico solo en las tres principales ramas contaminantes. Si el cambio tecnológico abarca un mayor número de ramas y a su vez se utilizan eco-innovaciones en el proceso productivo, los resultados que se pueden alcanzar pueden ser sorprendentes. Sin poner en riesgo los objetivos de crecimiento económico se puede lograr una reducción de la contaminación aún mayor, volviendo más eficiente el proceso productivo.

La introducción de un impuesto ambiental bien diseñado dado en pasos pequeños y previamente anunciado puede ayudar a reducir la resistencia al mismo (Sterner 2008) y así contribuir a alcanzar aquellos objetivos para los cuales fue planteado.

Con el análisis que se elaboró y elaborando cada uno de los objetivos específicos mencionados se puede probar la hipótesis de que “la aplicación de un impuesto ambiental al CO_2 en México, aunado a un cambio tecnológico, permite disminuir la contaminación y al mismo tiempo potenciar el crecimiento económico del país, alcanzando un doble dividendo positivo”.

Se aprecia que si la imposición del impuesto se aplica directamente sobre la producción generará una elevación de los precios, lo que provoca una contracción de la producción, que ejerce un efecto regresivo en la economía, afectando al empleo y por tanto generando un resultado negativo en la economía. Sin embargo si se plantea un cambio tecnológico impulsado por el impuesto ambiental se logran mantener las tasas de crecimiento del país y a su vez se da una disminución en la contaminación, logrando afirmar la hipótesis planteada ya que se logra alcanzar un doble dividendo positivo, se mejora la calidad del medio ambiente a la vez de que no se afecta el crecimiento de la economía.

Si el impuesto ambiental se da a conocer dentro de un periodo de tiempo relativamente corto, promete poca o ninguna oportunidad para que los sectores industriales generen una reducción de la contaminación de manera inmediata después de su introducción. El efecto que esto traerá será restarle competitividad a los sectores industriales, generando problemas de índole económico que

terminará en el cierre de algunas empresas que no puedan hacer frente al nuevo impuesto. Es necesaria una buena planeación del impuesto ambiental y se requiere una complementariedad de esta reforma fiscal con otras campañas previas para que la las empresas sepan con antelación y puedan tomar acciones que contribuyan a disminuir sus emisiones y así puedan alcanzar el objetivo del impuesto ambiental.

Una de las maneras menos distorsionadoras de responder a los problemas que se generen de competitividad como resultado del impuesto ambiental entre los diferentes sectores de la economía mexicana, como se planteó en el párrafo anterior, es precisamente, ofrecer a las empresas un tiempo de anticipación para que las industrias que absorberán el impuesto al CO_2 desarrollen medidas de mitigación. Un periodo marcado como introductorio ofrece a las empresas un tiempo suficiente para que lleven a cabo una renovación de los procesos de producción y les da cavidad para que introduzcan nuevas tecnologías que contribuyan a disminuir sus emisiones y así no sean acreedores al pago de altos costos fiscales (OCDE 2012, p.169).

Sin embargo hay que considerar que el tiempo que se les asigne a las empresas para que puedan tomar medidas con anticipación no debe de ser demasiado largo, por ejemplo en Suecia con la introducción del cobro de un impuesto sobre las emisiones de NOx (óxidos de nitrógeno), las empresas que adoptaron alguna forma de mitigación de las emisiones aumentó de 7% a 62% en un año (OCDE 2012, p.169). Cabe aclarar que se tiene que considerar que las condiciones económicas y políticas de México y Suecia son totalmente distintas, por tanto se tiene que establecer un límite de tiempo basado en algunos estudios que se realicen en México para calcular el tiempo óptimo necesario para que se dé el cambio necesario para mitigar la contaminación que se establezca.

La aplicación de impuestos ambientales necesita de una evaluación para fijar las tasas correspondientes directamente sobre las actividades que causan los impactos contaminantes, a partir de los costos sociales marginales, con la finalidad de no ejercer efectos adversos sobre el sistema económico. Se requiere, además, de mediciones, monitoreo, supervisión y vigilancia, los cuales pueden resultar muy costosos, tanto para la administración pública como para los sectores objeto de la regulación con el objetivo de que los objetivos para los cuales se planteó el impuesto sean alcanzados (Enríquez 2008).

Es importante que el gravamen que se establezca afecte las decisiones del individuo. Así, se enfrentará a un costo adicional por unidad adicional del daño que ocasione (emisiones, contaminación, etc.) solo así se podrá incidir en sus decisiones. Los instrumentos económicos de carácter ambiental se deben diseñar

pensando en la eficiencia por el carácter regresivo que generan en la economía (principalmente en variables de producción y empleo), por tanto a la par de la imposición del impuesto se debe de tener una estrategia compensatoria como complemento del impuesto, teniendo precaución de no revertir el efecto del impuesto en el medio ambiente.

Una política ambiental que se sugeriría sería aquella, donde la aplicación del impuesto ambiental impulsara a las empresas a la innovación y al cambio tecnológico, principalmente contrarrestando el aumento del impuesto ambiental, con disminuciones en otras cargas impositivas (impuestos al capital y al trabajo), teniendo en mente que este proceso de cambio estructural de la producción es un ciclo de largo plazo, donde lo más viable es que el dinero que se recaude por el impuesto sea retribuido a las empresas mediante transferencias hacia aquellas que estén dispuestas a modernizar su planta productiva.

Por tanto es necesario que en México se dé una acción regulatoria por parte del Estado con objetivos ambientales, donde se promueva el cambio tecnológico que se requiere como una estrategia con un doble objetivo, por un lado abatir la contaminación y por el otro modernizar a la industria productiva y así poder alcanzar un mayor crecimiento económico más amigable con el medio ambiente. Es necesario el control y la regulación por parte del Estado principalmente sobre aquellas empresas altamente contaminantes.

También es importante que se determinen los objetivos del impuesto ambiental, donde el monto del impuesto refleje realmente el daño que ocasiona, el impuesto ambiental debe de justificarse con base en su eficacia para poder solucionar el problema ambiental. En México el reto para poder implementar un impuesto ambiental radica principalmente en decidir cuál sería la mejor combinación de instrumentos que se aprobarían de manera conjunta para no afectar de manera tajante a la economía y determinar si existe o no el apoyo para aprobar una medida fiscal de esta magnitud.

El principal reto se establece en elaborar un soporte político para la aceptación de una medida de este tipo. Es básico que se transparente el uso que se le dará a los recursos: si se destinaran al gasto público, a reducir otros impuestos, si se retribuirá mediante transferencias, si se implementaran proyectos ambientales, si se estimulará el cambio tecnológico, etc.

México tiene un gran reto que enfrentar para poder vincular diferentes estrategias encaminadas a mitigar al cambio climático, aunque ya tiene bases legislativas vigentes es necesario que estas leyes sean aplicadas al contexto nacional y realmente contribuyan a una mejora sustanciosa del medio ambiente. Las

acciones para combatir el cambio climático requieren del respaldo de recursos económicos accesibles y suficientes para su cumplimiento.

La legislación mexicana ofrece la posibilidad de la aplicación de tres diferentes opciones de instrumentación fiscal con carácter ambiental como son: los impuestos, los derechos y los aprovechamientos. Con los impuestos se pueden dar incentivos económicos y con los derechos se puede regular el uso sustentable de los recursos naturales. Sin embargo, en ambos casos se necesita ser equitativo para poder asignar tanto recursos como derechos, en esto se debe de prestar especial atención.

Para poder plantear un impuesto con fines de protección al medio ambiente, es indispensable considerar no solo el contexto económico, político, social y ambiental, sino también hay que tener presente el contexto legal y los principios de generalidad y equidad según los cuales un impuesto debe ser aplicado a todos en la proporción correspondiente. Con el objetivo de no violentar las reglas constitucionales. En el caso de México, probablemente tendría que hacerse un ajuste constitucional, para evitar que las empresas se ampararan para evadir el impuesto justificando que la carga del impuesto no se asignaría a todos los sectores de la misma manera y así evitaran el pago del gravamen.

Como plantea la CEPAL 2015, para poder encontrar una solución al cambio climático se necesita transformar el actual sistema económico, se deben de incluir diversos instrumentos e incentivos económicos, reglamentaciones y modificaciones institucionales, nuevas tecnologías, profundas transformaciones estructurales y la construcción de una sociedad más incluyente, donde el objetivo sea fortalecer las condiciones socioeconómicas de la población y a su vez mejorar las condiciones ambientales.

La CEPAL estable como líneas de acción en la ENCC 2013 diferentes herramientas que marcan las líneas de acción para mitigar los efectos del cambio climático como son: establecer políticas y acciones climáticas transversales, articuladas, coordinadas e incluyentes , el desarrollas políticas fiscales e instrumentos económicos y financieros con enfoque climático, la implementación de una plataforma de investigación, innovación, desarrollo y adecuación de tecnologías climáticas y fortalecimiento de capacidades institucionales, si estas acciones que se plantean se llevaran a cabo la viabilidad de un impuesto ambiental sería establecido sin inconveniente alguno, estableciendo como complemento una miscelánea fiscal que permita contrarrestar el efecto retroactivo del impuesto y así México contribuiría a generar acciones de mitigación al cambio

climático y tendría ingresos por conceptos ambientales como porcentaje del PIB (anexo 1).

Los impuestos ambientales permitirán generar ingresos que pueden ser utilizados para la reversión del daño ambiental, para apoyos sociales, para atenuar los impactos negativos sobre la población, para inducir a mejoras tecnológicas o para disminuir otras cargas impositivas. Un doble dividendo se puede alcanzar si se diseña de manera precisa la política fiscal y se disminuyan aquellos impuestos que más distorsionen a la economía. El efecto que el eco-impuesto tendrá sobre el medio ambiente dependerá de los cambios en la demanda como resultado del alza de los precios, así como el destino que el gobierno de a los ingresos tributarios.

Es urgente la intervención del Estado para otorgar estímulos fiscales y regulaciones ambientales que promuevan las innovaciones tecnológicas en los sectores estratégicas o mayormente contaminantes. Es indispensable el trabajo conjunto tanto del gobierno, como de las empresas y de la sociedad para poder implementar medidas anticontaminantes que incidan de manera positiva en la calidad ambiental y se utilicen como punta de lanza para alcanzar un mayor nivel de desarrollo económico, donde el medio ambiente no sea sacrificado por lograr objetivos ambientales.

Los formuladores de políticas tendrán que plantearse una visión de largo plazo, para que establezcan soluciones a los problemas de la degradación ambiental que no solo funcionen como paliativos en el momento, si no que las soluciones sean elaboradas pensando en las generaciones futuras, y se apueste por estrategias innovadoras que alienten una innovación tecnológica en los sectores productivos, la experiencia ha demostrado una y otra vez que la tecnología provee mejores soluciones de aquellas que son aparentes en lo inmediato. Una condición importante es que se ofrezcan incentivos razonables que estimulen el desarrollo de nuevas tecnologías (Sterner 2008).

El éxito o fracaso de un impuesto ambiental provendrá del respaldo político y social que necesitan los instrumentos económicos, que procedería principalmente de los resultados positivos ambientales demostrados por el cambio de conductas de los principales agentes contaminantes y del uso adecuado que se le dé a los recursos recaudados.

5.1.- Recomendaciones para una política impositiva ambiental que estimule la innovación y mejore el medio ambiente.

Para lograr alcanzar una eficiente reasignación de los recursos económicos encaminados a lograr un desarrollo sustentable, los costos sociales y medioambientales deben formar parte de las actividades económicas, con el único fin de internalizar las externalidades. Esto significa que los costos antes mencionados deben reflejarse en los precios del mercado. Entre los instrumentos más utilizados para alcanzar este objetivo figuran los mecanismos económicos y fiscales.

Los temas medioambientales y de innovación son fundamentales para los gobiernos debido a que las fuerzas del mercado no pueden afrontar totalmente este problema. Como la contaminación no tiene asignado un precio de mercado, los individuos y empresas contaminan hasta rebasar los límites de asimilación de los ecosistemas. Sin que exista un precio de mercado para la contaminación los incentivos económicos para invertir en eco-innovaciones se reducen, por esta razón el gobierno debe de intervenir y tratar de internalizar las externalidades mediante el establecimiento de políticas que incentiven la mejora ambiental, ya sea a través de la utilización de impuestos, normas, subvenciones o reglamentación.

La fijación de un precio a un contaminante, mediante la imposición de impuestos ambientales, normas o reglamentación son un factor importante para la implementación de una política sobre el cambio climático. Además de que los agentes económicos tienen que hacer frente al entero coste social de sus acciones. Esto ocasionará que las compañías y los individuos abandonen ciertos bienes y servicios altos en emisiones contaminantes e inviertan en alternativas bajas en carbono.

Según la OCDE (2012) los impuestos son un enfoque de política pública altamente transparente, que permite a los individuos saber si algún sector individual o fuente de contaminación está siendo favorecido al no cobrársele el impuesto y también facilita conocer que sectores son aquellos que cargarán la mayor parte del impuesto, a su vez estimulan incentivos para la reducción de cada unidad de contaminante.

La asignación de un precio por ejemplo al carbono funge como un incentivo para la inversión en nuevas tecnologías con el objetivo de reducirlo, esto se debe a que las empresas y los consumidores buscarán soluciones más limpias como respuesta a los precios asignados a la contaminación. Por otra parte los estos incentivos tienen otros efectos positivos debido a que vuelve comercialmente más llamativa la inversión en las actividades de Investigación y Desarrollo (I+D) con la

finalidad de implementar nuevas tecnologías que ayuden a reducir las emisiones al medio ambiente. Ponerle un precio a la contaminación crea oportunidades para una amplia gama de innovaciones (OCDE 2012, p.17).

Un impuesto ambiental bien diseñado fijará un precio claro que reflejará el daño ocasionado al medio ambiente, con lo que se contribuirá a internalizar las externalidades. Sin embargo, hay que considerar que se pueden requerir de medidas adicionales de políticas públicas que complementen al impuesto ambiental. Es bien conocido que en la mayoría de las situaciones los consumidores desconocen el impacto total de lo que consumen en el largo plazo o inclusive no tienen conocimiento de los insumos necesarios para la producción de los bienes y servicios que necesita para satisfacer sus necesidades. De este modo, las campañas y reglamentos de información complementan los impuestos relacionados con el medio ambiente y así se incrementa el impacto positivo. Esta complementariedad contribuye a reforzar el impuesto ambiental.

Para poder aplicar con éxito el impuesto ambiental en este caso al CO_2 es necesario el establecimiento de estudios previos que indaguen los efectos potenciales de este instrumento fiscal, específicamente los costos económicos que se tendrán, y cuáles serán las metas ambientales a las cuales se podrá llegar. Por otras parte se necesita previamente al establecimiento del impuesto, elaborar diferentes consultas sobre aquellos agentes que absorberán el impuesto, así como difundir ampliamente los objetivos y los fines que se persiguen alcanzar al establecer una reforma fiscal de esta magnitud.

Es necesario al momento de establecer el impuesto anexarlo a un marco de políticas complementarias que contribuyan a atenuar los efectos regresivos del impuesto ambiental y de esta manera se logren alcanzar beneficios ambientales y económicos con la introducción de un impuesto en pro del medio ambiente. Por mencionar algunos ejemplos de se pueden establecer incentivos económicos para aquellas empresas dispuestas a innovar en sus procesos de producción, induciendo cambios en su planta productiva, aunado a esto se debe de dar facilidades para la información y formación de nuevas técnicas de producción menos contaminantes.

La inversión en la investigación y el desarrollo es una pieza clave que contribuirá a atenuar los efectos del impuesto ambiental, es indispensable contar con mecanismos de solución para los problemas de la contaminación que se genere en los sectores industriales, por tanto se deben de ofrecer a los sectores productivos alternativas en el uso de tecnologías más eficientes y menos contaminantes, por lo que es responsabilidad bipartida del gobierno y de la iniciativa privada fortalecer los apoyos económicos enfocados a los avances

científicos. Aunado a esto se debe también impulsar medidas adicionales de reducción de emisiones hacia sectores difusos, es decir, que tengan bajan emisiones.

Como contrapartida al efecto regresivo del impuesto ambiental se puede generar una política con régimen neutral, es decir, donde el aumento de los impuestos ambientales venga acompañado de disminuciones en una proporción similar de impuestos distorsionantes pre existentes, que recaigan directamente sobre los sectores productivos, algunos de estos impuestos que se pueden considerar son los que gravan al capital y al trabajo. Con esto se estaría equilibrando el efecto regresivo del impuesto ambiental y así se motivaría a la industria a la inversión en nuevos mecanismos de producción, donde queda claro que la innovación es fundamental para poder alcanzar resultados ambientales necesarios a un costo razonable.

La tasa fiscal del impuesto ambiental que se establezca debe reflejar diferentes factores reales de la economía donde vaya a ser aplicado, por ejemplo considerar la inflación y el crecimiento económico real, la educación ambiental con la que cuente su población y el efecto de la innovación en el costo de la reducción de la contaminación y con base en esto plantear políticas complementarias que contribuyan a contrarrestar el efecto regresivo del impuesto.

Un impuesto ambiental que sea aplicado de forma escalonada a lo largo de un periodo de tiempo puede contribuir a disminuir la carga inicial que establece y a su vez, contribuye con una mayor flexibilidad financiera para que las empresas inviertan recursos en actividades de mitigación, por ejemplo, las industrias pueden realizar inversiones dirigidas hacia la I+D, que en el largo plazo generará disminuciones en sus costos de producción. Fomentar la investigación, el desarrollo y la innovación en materia de cambio climático y energía limpia, contribuirá a generar reducciones en los niveles de contaminación, así como mejoras en los procesos de producción.

De esta manera después de un periodo establecido para la introducción del impuesto ambiental al CO_2 existirán diferentes tipos de industrias con variados niveles de emisiones al ambiente, lo que ocasionará que las empresas que tengan una intensidad de emisiones dentro de un promedio de todas las demás, estarán exentas del pago del impuesto, aquellas industrias que cumplan los estándares ambientales, es decir, que sean plantas relativamente limpias, podrán ser acreedoras de apoyos gubernamentales como algún tipo de reembolso, como resultado de sus buenas practicas, mientras que las empresas que más contaminen pagarán el impuesto ambiental neto.

Pueden existir diferentes planteamientos teóricos que se pueden enlistar como una opción que permita revertir el efecto regresivo de un impuesto ambiental y a su vez recomendaciones que planteen propuestas para lograr alcanzar objetivos ambientales como los antes mencionados. Sin embargo la mejor estrategia que se implemente estará determinada por cuestiones políticas, económicas, sociales, ambientales y cabe agregar temporales del territorio donde vaya a implementarse un impuesto de este tipo.

Indiscutiblemente México necesita iniciar un proceso de cambio estructural del sistema fiscal, donde todos los lineamientos normativos que se describen en su legislación ambiental, específicamente en su Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC) sean llevados a la práctica como una medida que contribuya a mejorar las políticas de protección al ambiente. Es indispensable diseñar una estrategia de crecimiento económico para México que de la pauta para transitar hacia una economía baja en carbono, que sea socialmente incluyente y responsable con el medio ambiente. Se debe de fomentar la conciencia y la sensibilización publica en lo referente a la energía limpia y al cambio climático.

La normatividad existe en papel, ahora es necesario llevarlos a la práctica y demostrar que se puede implementar una estrategia adecuada que permita reducir las emisiones de CO_2 desarticulando el ritmo de crecimiento económico de las emisiones contaminantes, ya el análisis demuestra que a través de la inversión en nuevas tecnologías en áreas estratégicas, se pueden alcanzar objetivos ambientales y a su vez no anteponer la estabilidad económica, encontrar la estrategia adecuada representará el reto del siglo XXI.

6.- BIBLIOGRAFÍA

- Acquatella, J y Bárcena, A 2005. *Política Fiscal y Medio Ambiente: bases para una agenda común*. Libro de la CEPAL No. 85.
- Agencia Internacional de Energía 2012. CO_2 Emissions from Fuel Combustion. París, Francia: OCDE/AIE.
- Banco Mundial 2002. Armonización de la actividad industrial con el medio ambiente. Alfaomega Grupo Editor S.A de C.V, México.
- Banco Mundial 2009. Informe anual. Washington, DC.: Banco Mundial.
- Barde, P 2002, Reformas fiscales ambientales: una revisión de la experiencia en países de la OCDE. En G. Moreno y P. Mendoza (Ed.), Impuestos ambientales: lecciones en países de la OCDE y experiencias en México, INE-SEMARNAT, México.
- Baumol, W y Oates, W 1979. The Use of Standards and Prices for Protection of the Environment, Environmental Economics, Vol. 73, No. 1, pp. 42-54.
- Bouchain, R. y Vite, R 1999. Insumo- Producto, *Momento económico,* No. 104, IIEc: México.
- Callicó J., González E. y Sánchez, L 2000. Matriz Insumo-Producto Regional. Universidad de Guadalajara: México.
- Cambio Climático y Seguridad Nacional: Programa de Diálogo y Construcción de Acuerdos, 2008.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) 2014ª. Pactos para la igualdad: hacia un futuro sostenible. Naciones Unidas: Santiago de Chile.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) 2015. La economía del Cambio Climático en América Latina y el Caribe: Paradojas y desafíos del desarrollo sostenible. Naciones Unidas: Santiago de Chile.
- Chenery y Clark 1963. Economía Interindustrial: Insumo producto y programación lineal. Fondo de Cultura Economico: México.
- Coase, R 1988, “Notes on the Problem of Social Cost”, en The Firm, the Market and Law, University of Chicago Press, Chicago.
- con
- Constanza, R. y Cornwell, L. (1991). The 4P approach to dealing with scientific uncertainty. Environment 34: 12-20, 42.
- Coronado M y Oropeza R 1998, Manual de Prevención y Minimización de la Contaminación Industrial. Panorama. México. 183 pp.
- D. Lüthi et al. 2008. High-Resolution carbon dioxide concentration record 650,000-800,000 years before present, Nature 453.
- Del Rio P, Carrillo J y Könnoöla T 2010. Enfoques y políticas de eco-innovación: Una vision crítica. Ekonomiaz No. 75, 3er cuatrimestre.
- Ecodiseño 2011. Eco-innovación tres casos de exito. Aido. Instituto tecnológico.
- ENCC 2013. Estrategia Nacional de Cambio Climático, visión 10-20-40, Gobierno de la República. México.

- Enríquez R 2008. Introducción al análisis económico de los recursos naturales y del ambiente. Universidad de Baja California, Mexicali, Baja California.
- Falconi, F y Burbano, R 2004, Instrumentos económicos para la gestión ambiental: decisiones monocriteriales versus decisiones muticriteriales, en Revista Iberoamericana de Economía Ecológica, vol.1, pp.11-20.
- Fernández, O 1999, "Efectos de la aplicación de un impuesto ecológico neutral en México: análisis mediante un modelo de equilibrio general computable", Instrumentos económicos para un comportamiento empresarial favorable al ambiente en México, Fondo de Cultura Económica, México.
- Field, B y Field, M 2003. Economía Ambiental. 3era. Edición. McGraw Hill: España.
- Fuentes, A. 2005. Construcción de una matriz regional de insumo producto. Revista Latinoamericana de Economía, Vol. 36, 140. pp. 89-112.
- Fuentes, A y Cárdenas A 2010. Evaluación del impacto de alternativas de utilización de los excedentes petroleros sobre la economía mexicana: una aplicación del modelo insumo-producto. Economía mexicana nueva época, Vol. XIX, núm.2, pp. 379-399.
- Gago, A, Labandeira, X y Labeaga, J 1999, La reforma fiscal verde: consideraciones para el caso español. Hacienda pública española: review of public economics, Madrid.
- Galindo, L y Caballero, K 2010. La economía del Cambio Climático en México: algunas reflexiones. Gaceta Económica, no.16, tomo 1, SEMARNAT.
- Goulder, L 1994, "Environmental Taxation and the "Double Dividend:" A Readers Guide", NBER Working Paper Nº 4896 October.
- Griffiths, A y Wall, S 2004, Applied Economics. Tenth edition, Pearson Education, London.
- Hardin, G 1968, "The Tragedy of the Commons", Science, vol. 162, pp. 1243-1248.
- Hernández, G 2012. Matrices Insumo – Producto y análisis de multiplicadores: una aplicación para Colombia. Revista de Economía Institucional, Vol. 14, No. 26, pp. 203- 211.
- Hollis, C. y Paul, C 1964. Economía Interindustrial. Insumo Producto y programación lineal. México: FCE. pp 46-47.
- INEGI 2002, Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte, México, 2002, México, INEGI.
- INEGI 2011. Sistema Mexicano de Cuentas Nacionales (SMCN). Matriz de Insumo-Producto 2008. México, INEGI.
- IPCC 2007. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. IPCC, Ginebra, Suiza.

- IPCC 2013. Cambio Climático 2013, bases físicas. Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático. IPCC, Ginebra, Suiza.
- Jofra, M y Puig, I 2014, Fiscalidad ambiental e instrumentos de financiación de la economía verde. ENT Environment and Management para la Fundación Fórum Ambiental.
- Jordy, M 2002, Política ambiental en México y su dimensión regional. México, Región y Sociedad, XIV, (23), 129-170.
- Kapp, W 1993. Social cost, economic development and Environmental disruption, University Press of America, Londres. (edición original 1970).
- Kneese, A y Bower, B 1968, Managing water quality, economics, technology institutions, The Johns Hopkins Press, Baltimore.
- Kolstad, C 2000, Economía ambiental, Oxford University México, S.A. de C.V., México.
- Labandeira, X y Gago, A 1998, La economía política de los impuestos ambientales, Ekonomiaz, 40, 208-221.
- Labandeira, X, León, C y Vázquez, M 2007, Economía ambiental, Pearson Educación S.A. Madrid, España.
- Labandeira, X, López, X y Rodríguez, M 2008, "Cambio climático y reformas fiscales", Ekonomiaz, No. 67, 1 er cuatrimestre, pp. 31-47.
- Lager, C., 1998, "Prices of „Goods" and „Bads": an application of the Ricardian theory of differential rent", Economic Systems Research, 10 (3), pp. 203-222.
- Leff E, 2005. Ecología y Capital: Racionalidad ambiental, democracia participativa y desarrollo sustentable. Siglo veintiuno editores: México.
- Leff, E 2004, Racionalidad Económica: La reapropiación social de la naturaleza, Siglo XXI Editores S.A. de C.V., México.
- Leontief, W 1936. "Interrelation of Prices, Output, Savings and Investment" Review of Economics and Statistics Vol. 19 pp. 109-132.
- Leontief, W 1941. The Structure of American Economy, 1919-1929. Cambridge, (mors): Harvard
- Leontief, W 1970. 'Environmental Repercussions and the Economic Structure: An Input-Output Approach', The Review of economics and Statistics, August, pp. 262-72.
- Lüthi, D., M. Le Floch, B. Bereiter, T. Blunier, J-M Barnola, U. Siegenthaler, D. Raynaud, J. Jouzel, H. Fischer, K. Kawamura, and T.F. Stocker 2008. High-resolution carbon dioxide concentration record 650,000–800,000 years before present: Nature, v. 453, p. 379-382.
- Mariña, A 1992. Insumo-Producto: aplicaciones básicas al análisis económico estructural, Universidad Autónoma Metropolitana: México.
- Marshall, A 1890. Principles of Economics. Mac millan, UK.
- Martínez, J.A y Roca, Jordi J 2013, *Economía Ecológica y Política Ambiental*, Fondo de Cultura Económica, México.

- Mendezcarlo, V, Medina, A y Becerra, G 2010, Las teorías de Pigou y Coase, base para la propuesta de gestión e innovación de un impuesto ambiental en México. Tlatemoani, 2,35-54.
- Miller R. y Blair P 1985, Input-output analysis: foundations and extensions. Prentice- Hall. New Jersey.
- Montes, J 2001, Medio ambiente y desarrollo sostenible. Selecta technologica, Universidad Pontificia Comillas, España.
- Moreno, J; Masera, O y Fuentes, A 2014. La ecotecnológica en México. México: Imagia Comunicación.
- Moser, A 1996. Ecotechnology in industrial practice: implementation using sustainability indices and case studies. Ecological Engineering, 7(2), 117-138.
- Musgrave, R & Musgrave, P 1991. Hacienda Pública Teórica y Aplicada. McGraw-Hill.
- Naciones Unidas 1992. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. CMNUCC. Brasil.
- Oates, W 1995, Green taxes: Can we protect the environment and improve the tax system at the same time? Southern Economic Journal, 6 1,9 15-922.
- OECD 2009. *Annual Report, 2009*, París, Francia.
- OCDE 2012. El sistema tributario, la innovación y el medio ambiente. Foro consultivo, científico y tecnológico, A.C. OCDE: París.
- Odum E 1986, Fundamentos de Ecología. Nueva Editorial. México. 472 pp.
- Oliva, N, Rivadeneira, A, Serrano, A, Martín, S. & Cadena, V 2011, Impuestos Verdes: ¿una alternativa viable para el Ecuador? Asociación de Economía Ecológica en España, Sevilla.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos - OCDE (2010b). More Information on environmentally related taxes, fees and charges. http://www2.oecd.org/ecoinst/queries/TaxInfo.htm.
- Pearce, D 1991, *The role of carbón taxes in adjusting to global warming*. The Economic Journal, 101: 938- 948.
- Perevochtchikova, M 2014, Pago por servicios ambientales en México: Un acercamiento para su estudio, Colegio de México, México D.F.
- Pigou, A. (1920). The Economics of Welfare [4a. ed.]. (Versión digital), Retrieved. from http://www.econlib.org/library/NPDBooks/Pigou/pgEW0.html
- Pindyck, R y Rubinfeld, D 2009, Microeconomía, Séptima edición, Pearson Educación, S.A., Madrid.
- Repetto, R, Dower, R, Jenkins, R & Geoghegan, J 1992, "Green Fees: How a Tax Shift Can Work for the Environment and the Economy", World Resources Institute, Washington, DC.
- Reyes G, Rosa E, Galvan R, Luis E y Aguiar S 2005. El precio de la contaminación como herramienta económica e instrumento de política ambiental. INCI, vol.30, n.7 pp. 436-441.

- Rivadeneira O, Serrano A., Martín S y Cadena V 2011. Impuestos Verdes: ¿una alternativa viable para el Ecuador? Sevilla: Asociación de Economía Ecológica en España.
- Rodríguez, M 2001, El doble dividendo de la imposición ambiental. Una puesta al día. Instituto de Estudios Fiscales, Ourense.
- Rodríguez, M 2002, Reforma Fiscal Verde y Doble Dividendo. Una revisión de la evidencia empírica, Instituto de Estudios Fiscales, España, No. 27-02, pp. 1-29.
- Ruíz, P 2011. Estimación de los costos relativos de las emisiones de gases de efecto invernadero en las ramas de la economía mexicana. El Trimestre Económico, vol.28, núm. 309. Pp.173-191.
- Ruíz, P 2014. Políticas de mitigación del cambio climático en México: un análisis de Insumo-Producto. Revista Internacional de Estadística y Geografía. Vol. 5, num.1.
- Samuelson, P, y Nordhaus, W 1996. Microeconomía, decimoquinta edición, España, McGraw-Hill, Inc.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) 2012. México. Quinta comunicación nacional ante la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático. México, INECC.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) 2013, “Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero, 1990-2010”, SEMARNAT/INE, México.
- Sen, A 1979, Economía del crecimiento, FCE, México.
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología 2012. Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2010. México, SEMARNAT.
- Seroa da Motta, R. (2001). Tributación ambiental, macroeconomía y medio ambiente en América Latina: aspectos conceptuales y el caso de Brasil. Santiago de Chile: CEPAL.
- Sobarzo, H 2011. Modelo de Insumo-Producto en forma de matriz de contabilidad social: Estimación de multiplicadores e impactos para México, 2003. Economía mexicana, Vol. 20, segundo semestre, pp. 237-280.
- Stern, N 2007, The Economics of Climate Change: The Stern Review, Cambridge, Cambridge University Press, Reino Unido.
- Sterner, T 2008.Instrumentos de política económica para el manejo del ambiente y los recursos naturales. Turrialba, C.R.: CATIE.
- Terkla, D 1984, “The efficiency value of effluent tax revenues”, Journal of Environmental Economics and Management 11: 107-123.
- Tullock, G 1967, “The welfare costs of tariffs, monopolies and theft, Western Economic Journal, 5:3, pp. 224-232.

- Uriarte, C. 2013. Teoría del equilibrio general: microeconomía estructuralista. México:Trillas.
- Van B, Monroy N y Saer A 2008. Producción más limpia: paradigma de gestión ambiental. Alfaomega Grupo Editor, México.
- Varian, H 1999, Microeconomía Intermedia: Un enfoque actual. Antoni Bosch, Barcelona.
- Vegara, J 2009. Características e impactos del cambio climático. En J. Vegara (Ed.), El Cambio Climático: Análisis y Política económica. Una introducción (pp. 16-63). La Caixa, Barcelona.
- Weizsacker, V y Jesinghaus, J 1992, Ecological tax reform: A policy proposal for sustainable development, Zed Books, London.
- Wheeler, D 1991. Industry Pollution Projections, Technical Paper, citado por Ten Kate 1993.
- Yúnez, A 1994. Medio Ambiente: problemas y soluciones. Colegio de México, México.
- Zhang, J, y Zhang, W 2013, Will Carbon Tax Yield Employment Double Dividend for China?. International Journal of Business and Social Research,3(4), 124-131.

ANEXO 1:

Cuadro 1. Recaudación de impuestos ambientales como porcentaje del PIB. Países de la OECD. Varios años.

País	1994	2000	2008
Australia	2,53	2,43	1,84
Austria	1,90	2,42	2,40
Belgium	2,21	2,25	1,96
Canada	1,67	1,37	1,09
Chile	1,19	1,53	1,01
Czech Republic	2,73	2,64	2,68
Denmark	4,00	4,80	4,25
Finland	2,70	3,15	2,73
France	2,26	2,22	1,74
Germany	2,41	2,34	2,19
Greece	3,53	2,71	2,13
Hungary	2,89	3,04	2,89
Iceland	2,74	2,98	1,97
Ireland	3,21	2,84	2,37
Italy	3,77	3,22	2,52
Japan	1,69	1,75	1,59
Korea	1,98	2,73	2,52
Luxembourg	3,23	2,78	2,51
Mexico	1,67	1,32	-1,59
Netherlands	3,41	3,75	4,49
New Zealand	1,50	1,36	1,10
Norway	3,43	2,89	2,40
Poland	1,52	1,97	1,94
Portugal	3,47	2,73	2,62
Slovak Republic	2,77	2,11	1,96
Spain	2,19	2,14	1,65
Sweden	2,76	2,74	2,59
Switzerland	1,96	2,07	2,00
Turkey	1,11	2,38	3,34
United Kindom	2,80	3,01	2,36
United States	1,10	0,96	0,77
Arithmetic average	2,46	2,47	2,13
Weighted average	1,89	1,78	1,59

Fuente: OECD (2010b). http://www2.oecd.org/ecoinst/queries/TaxInfo.htm. Elaborado por: Centro de Estudios Fiscales