



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ACATLÁN

**Los impuestos ambientales: instrumentos para
mitigar los efectos del cambio climático**

TESIS

P R E S E N T A :

XOCHITL MARTÍNEZ MÉRIDA

PARA OBTENER EL TÍTULO DE :

Licenciada en Economía

ASESOR:

DR. JAVIER GALÁN FIGUEROA

Santa Cruz Acatlán, Estado de México, 2022





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN	3
CAPÍTULO 1	9
CAMBIO CLIMÁTICO: FUENTES Y CONSECUENCIAS	11
1.1 Cambio Climático: Fuentes	11
1.2 Desarrollo sustentable	17
1.3 Subdesarrollo y Desigualdad	22
1.4 Consecuencias de la contaminación	28
1.5 Impuestos Ambientales	37
Conclusión:	41
CAPÍTULO 2	42
MÉTRICAS Y ACCIONES DE MITIGACIÓN	43
2.1 Cambio climático	43
2.2 Metas ambientales internacionales	55
2.3 Impuestos ambientales: México y el mundo	61
2.4 Tendencias mundiales sobre mitigación al cambio climático	70
Conclusión:	76
CAPITULO 3	77
IMPUESTO DIGITAL: UN ESTUDIO DE CASO	78
3.1 Principales fuentes de CO2	78
3.2 Uso de electricidad	85
3.3 Economía digital	92
3.4. Propuesta de impuestos ambientales	98
3.5 Análisis empírico	102
Conclusión:	110
CONCLUSIONES GENERALES	111
BIBLIOGRAFÍA	117

INTRODUCCIÓN

Las actividades humanas han generado durante mucho tiempo crecimiento y bienestar económico para las sociedades, sin embargo, en la actualidad son las actividades antropogénicas las que han ocasionado una serie de externalidades negativas sobre los componentes del sistema climático encargados de regular la temperatura y el clima, los cuales son esenciales para mantener las condiciones de estabilidad que permiten la vida sobre la tierra.

Los efectos de las actividades humanas han provocado desequilibrios ambientales, el más importante, el cambio climático causado por un incremento en los niveles de emisiones de gases de efecto invernadero cuyas propiedades nocivas han puesto en peligro la supervivencia de los ecosistemas y con ello la del ser humano. Sus efectos son considerados variados e irreversibles, entre los que se encuentran aumentos en la temperatura global y cambios climatológicos extremos, los cuales han sido objeto de discusión desde su descubrimiento.

La generación de contaminación en sus diferentes formas, así como el desarrollo progresivo del cambio climático hacen necesario una búsqueda de conciliación entre la sostenibilidad económica y la sostenibilidad ambiental. Los efectos de las actividades antropogénicas sobre el medio ambiente se denominan en economía como externalidades, que representan los impactos ambientales derivados de las actividades humanas. El ejemplo típico es la empresa cuya producción provoca en la sociedad una serie de problemas físicos debido a la contaminación atmosférica que produce, por lo cual no asume una responsabilidad y esta es asumida por los habitantes quienes deberán hacer frente a estas externalidades mediante un costo individual y un costo oculto que son transferidos a la sociedad mediante la solvencia del sistema de salud pública.

Los efectos que provoca sobre la tierra han despertado preocupación entre las sociedades alrededor del mundo por lo que se han generado consensos sobre las posibles soluciones que logren disminuir las consecuencias del cambio climático, a fin de lograr una estabilidad ambiental presente y futura. Entre sus soluciones se encuentran las aportaciones de los

economistas Arthur Pigou y Ronald Coase, quienes se centran en poner en marcha los impuestos ambientales o acuerdos legales sobre aquellas actividades que representen un problema para el ambiente. Estas aportaciones como mecanismo de solución se concentran principalmente en aquellas actividades o sectores altamente contaminantes con la finalidad de regularlos bajo la premisa de que todo aquel que contamine tiene que asumir su costo.

Estos consensos internacionales no son más que una serie de instrumentos económicos que se emplean con el objetivo de regular el comportamiento humano mediante la transferencia a los precios de los costos ambientales de las actividades y/o productos que perjudiquen el medio ambiente. A través de los impuestos se intenta gravar las externalidades negativas producidas por el emisor, aplicando el concepto de *quien contamina paga* generando así, estímulos para desincentivar actividades perjudiciales al medio ambiente u optar por incluir una serie de innovaciones al sistema de producción.

La ejecución de instrumentos económicos verdes tiene objetivos distintos al resto de los impuestos ya que su finalidad no se realiza con fines recaudatorios, sino más bien busca corregir una serie de externalidades negativas. Así, mediante la aplicación de instrumentos económicos se busca aumentar la recaudación ambiental haciendo posible la asignación de recursos obtenidos hacia mejoras en el medio ambiente. Coase por su parte propone una serie de acuerdos entre el emisor de externalidades negativas y el afectado sin la intervención del estado, ya que se incurriría en altos costos de transacción.

En ambos enfoques resulta importante determinar la tolerancia de las sociedades a este tipo de externalidades negativas sin descuidar la salud de la sociedad, la sostenibilidad ambiental y el progreso económico. Para determinar cómo los impuestos ambientales pueden ser un instrumento que ayude a reducir los efectos del cambio climático, la presente investigación busca responder la siguiente cuestión: A partir de la política fiscal ¿cómo se debería aplicar los impuestos ambientales al caso mexicano sin que estos pierdan el principio fundamental de toda política tributaria, de que todo estado debe fomentar la actividad económica y no ser su obstáculo?

Por otro lado, y debido a que las principales causas del cambio climático son diversas, la comprensión sobre sus efectos en la economía también lo son, por lo que es necesario identificar los factores desequilibradores que inducen a la degradación del medio ambiente. De esta manera el objetivo general de la investigación consiste en analizar los efectos que tienen las emisiones de gases de efecto invernadero para determinar sobre qué sector o industria se pueden implementar los impuestos ambientales, así como los mecanismos para su puesta en marcha.

El medio ambiente que en un principio generó las bases para el desarrollo y el bienestar de la población, se ha visto perturbado por el incremento en las actividades humanas, lo que ha llevado a la sociedad a establecer soluciones que permitan mejorar su relación con el medio ambiente. Por lo que los objetivos particulares se centran en conocer los efectos que tiene el incremento en la conectividad tecnológica sobre el medio ambiente y sus posibles soluciones mediante la política fiscal que limite las emisiones de gases de efecto invernadero causantes del cambio climático, así como:

- Identificar en que consiste el cambio climático, así como sus efectos en la economía.
- Explicar a partir de la literatura que son y cómo se ponen en marcha los impuestos ambientales.
- Mostrar cual ha sido la experiencia internacional en el uso de los impuestos ambientales.
- Describir a través de las metodologías existentes cual ha sido el desempeño o el grado de compromiso de los países en cuidar el medio ambiente, así como el cumplimiento de los acuerdos internacionales en materia ambiental.
- Identificar en que sector de la economía mexicana sería recomendable introducir los impuestos ambientales.

Las bases teóricas para este trabajo se centran en las aportaciones de los economistas Arthur Cecil Pigou (1920) y Ronald Harry Coase (1960) sobre medidas de regulación frente a desequilibrios ecológicos. Ellos plantean la aplicación de impuestos verdes, también llamados impuestos pigouvianos o de acuerdos legales entre las partes afectadas (sector de la producción y del consumo) solo si el marco jurídico sea estable y no resulte costoso en

comparación de aplicar impuestos como el IVA, ISR entre otros. La elección de estas medidas regulatorias se basa en la experiencia internacional y sus efectos de mitigación sobre la contaminación ya que cuentan con un respaldo teórico que avala sus aportaciones al equilibrio ecológico. Sin embargo, su aplicación ha sido objeto de debate sobre todo en países subdesarrollados quienes no cuentan con bases sólidas que faciliten su implementación, lo que ha retrasado el incluir objetivos ambientales dentro de sus agendas económicas, Galindo *et al.* (2016). La situación puede volverse complicada tomando en cuenta las limitaciones económicas en las que se encuentra la mayor parte de la población en países subdesarrollados tal y como lo describe González (2009) y el Banco Mundial (2018).

Por ello a nivel internacional existen acuerdos ambientales que buscan lograr una cooperación entre países desarrollados y subdesarrollados, a fin de superar las brechas tecnológicas y económicas lo que facilitará el alcance de metas ambientales a nivel global. En el año 1997 se puso en marcha el Protocolo de Kyoto, que es el primer compromiso internacional y que tiene conclusión para el año 2020 fecha en que inicia el Acuerdo de Paris, que plantea un sinnúmero de objetivos ambientales de acuerdo con la Comisión Europea (2016). Estos acuerdos buscan crear consciencia sobre los efectos de la actividad humana sobre el medio ambiente y sus posibles alternativas de solución por lo que se han enfocado desde hace tiempo en la creación de indicadores como el EPIs (Environmental Performance Index) o Indicador de desempeño ambiental que evalúa las políticas ambientales de los países en base a ciertos criterios, y que sirve de herramienta para la toma de decisiones de las economías mundiales, EPI (2020).

Mientras que, para describir el efecto del tráfico de datos se retoma las aportaciones de Timothy John Berners-Lee (2011) un informático británico que describió los efectos de la huella de carbono de las actividades realizadas en internet y para el caso del tráfico de datos en México se tomaran las aportaciones de Galán (2019) sobre experiencias internacionales de impuestos ambientales y las tendencias en crecimiento de este sector. Para las bases teóricas del cambio climático en México, tomaremos las aportaciones de Galindo (2011) respecto a la economía ambiental en América Latina, derivado de la objetividad e innovación en sus investigaciones, junto con las contribuciones de Magaña, *et al.* (2004). Por último, los

efectos del cambio climático resultan complicados de estudiar, por lo que se ha retomado las aportaciones teóricas de Fankhauser (1995), Myers (2017), la FAO (2018) y Altamirano (2014) que nos proporcionan información con un amplio panorama de los problemas que ha generado la actividad humana sobre el medio ambiente desde puntos de vista diversos.

La hipótesis de esta investigación parte del hecho de que las actividades humanas han generado efectos negativos sobre el medio ambiente, las decisiones tanto de consumo como de producción son las principales causas del efecto climático, ya que estas han generado un aumento en la emisión de gases de efecto invernadero causantes de una tendencia alcista en la temperatura a nivel global. Lo anterior es consecuencia de una economía donde los diversos sectores que la integran producen altos niveles de contaminación, esto debido a las exigencias de la sociedad moderna como es la búsqueda de ganancias en perjuicio del medio ambiente.

Entre los sectores más contaminantes se encuentra la denominada economía digital, cuya expansión ha propiciado que exista una mayor transmisión de datos a nivel mundial desencadenado un uso creciente del consumo de electricidad ya sea industrial o residencial, acentuándose así la huella de carbono. Es precisamente esta tendencia alcista en el tráfico de datos lo que ha generado un aumento en la contaminación atmosférica, además ha abonado en el incremento en la temperatura, así como en el deterioro irreversible del clima, por lo que es necesario regular esta actividad a través de los impuestos ambientales como instrumentos de política pública para mitigar los efectos negativos del deterioro ambiental sobre el cambio climático.

De esta manera, la organización de este trabajo busca contrastar la hipótesis anterior y así dar respuesta a la pregunta central de la investigación, para lograrlo se revisan en el capítulo uno, las teorías que existen acerca del proceso sobre el cual se origina el cambio climático, así como la descripción de los estudios existentes que hay sobre los acuerdos internacionales en materia ambiental. De esta manera se describe el problema desde un punto de vista económico, a fin de relacionarlo con el caso mexicano al explicar la parte empírica y detallar las consecuencias que genera el cambio climático. Además, se presentan los impuestos

ambientales como mecanismo para regular las actividades humanas que mitiguen los efectos del cambio climático.

A su vez se incluyen en el capítulo dos las evidencias respecto a los datos sobre el cambio climático y sus efectos, a través del uso de indicadores de desempeño ambiental como el EPIs, el cual concentra una gran variedad de métricas ambientales para un conjunto de países. Se presentan, además, los compromisos concretados que existen actualmente como las metas ambientales internacionales a la par que se evalúa el desempeño o grado de compromiso de los países seleccionados. Lo anterior permitirá presentar la experiencia de los impuestos ambientales para un conjunto de economías elegidas: tanto para países desarrollados como subdesarrollados desde un punto de vista económico-ambiental, además de las tendencias actuales sobre mitigación, acerca de las actividades y mecanismos ambientales que se están aplicando a nivel internacional.

En el capítulo tres se presenta la parte empírica de la investigación se busca realizar con base en lo presentado, un modelo que corrobore lo dicho anteriormente. Para ello se considera el sector digital de la economía mexicana para introducir el impuesto ambiental. La especificación del modelo se realizará conforme a lo descrito en los capítulos anteriores, incluidas las experiencias internacionales e información reciente. De acuerdo con la evidencia empírica, actualmente el tráfico de datos ha provocado un incremento en las emisiones de GEI ya que no cuentan con un marco regulatorio, en comparación con actividades industriales o derivados del petróleo. Por lo que la elección de este sector representa una novedad para introducir los impuestos ambientales. Por último, se presentan las conclusiones, mostrando los resultados obtenidos al término de la investigación, así como presentar las líneas de trabajo que pudieran dar continuidad sobre el tema de estudio emprendido en el presente trabajo.

CAPÍTULO 1

En este primer capítulo, se tiene por objetivo conocer las fuentes que originan el cambio climático, y sus consecuencias a nivel mundial. Para ello se parte de las teorías en las cuales se basa el presente estudio y que describen en primera instancia el mecanismo natural que origina el cambio climático, integrado por una serie de componentes encargados de mantener las condiciones aptas para la vida. Sin embargo, la actividad humana ha tenido un efecto negativo sobre este mecanismo natural, lo que ha llevado a la sociedad a replantearse los efectos que las actividades diarias tienen sobre el ambiente.

A partir de aquí surgen discusiones en la sociedad sobre la forma en que se puede lograr un equilibrio entre las actividades humanas y la estabilidad ambiental, de tal forma que se pueda asegurar la permanencia de los recursos naturales para las generaciones futuras, a ello se le conoce como desarrollo sustentable cuyo objetivo requiere de diversas características entre las que destaca el desarrollo económico y que puede llegar a ser una limitante en el alcance de metas ambientales.

Temas como el subdesarrollo y la desigualdad generan restricciones en el cumplimiento de objetivos ambientales, que se vuelven en un ciclo vicioso entre mejorar su economía sin tomar en cuenta el impacto ambiental, o destinar dichos recursos a lograr un desarrollo sustentable. Las consecuencias actuales ante esta problemática han causado impactos en diversos sectores como: ecosistemas y sectores económicos.

Como propuesta ante las problemáticas climáticas se retoman las teorías económicas de Arthur Pigou quien plantea un impuesto ambiental enfocado a minimizar los efectos de las actividades humanas y que busca alterar de forma permanente los componentes del sistema climático hasta el punto de lograr un equilibrio o el menor impacto derivado de las decisiones tanto de consumo como de producción. Por su parte Ronald H. Coase retoma estas aportaciones y plantea “acuerdos” entre ambas partes, siempre y cuando no se incurra en altos costos derivados de dichos convenios, en caso de ser así, deberá optarse por aplicar costos a las actividades que perjudiquen el equilibrio ambiental.

De esta forma el presente capítulo busca profundizar las fuentes y consecuencias que las decisiones tanto de consumo como de producción han generado sobre el medio ambiente a fin de entender la complejidad del proceso y con ello explorar la dificultad en la elaboración de soluciones acorde con las características propias de cada sociedad y la necesidad de mejoras ambientales enfocadas a mitigar el cambio climático.

CAMBIO CLIMÁTICO: FUENTES Y CONSECUENCIAS

1.1 Cambio Climático: Fuentes

El cambio climático es consecuencia de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) derivado de las actividades antropogénicas, es decir de las consecuencias que tiene la actividad humana sobre el medio ambiente. Este proceso se encuentra asociado a un incremento en la frecuencia y severidad de los cambios climatológicos, el cual es resultado de las actividades humanas sobre el medio ambiente. Para entenderlo, es necesario conocer el proceso por el cual se origina. De acuerdo con la literatura una, de las principales fuentes es el denominado efecto invernadero¹. Diversos estudios argumentan que este es un proceso natural, en el cual la radiación solar que llega a la superficie terrestre no sigue su curso habitual, el cual consiste en que la radiación solar absorbida por la tierra no se reemite al espacio, lo que implica variaciones en la temperatura (Sarmiento, 2000).

Martín (2016) argumenta la necesidad de distinguir los conceptos tiempo y clima, a fin de entender los procesos que dan origen al cambio climático. En ese sentido el tiempo se refiere a las variaciones diarias en las condiciones atmosféricas del planeta, mientras que el clima describe las condiciones atmosféricas de una localidad que depende de la temperatura, lluvia, humedad, viento, nubosidad, la trayectoria de los huracanes, las masas de aire frío, entre otras (INECC, 2018). Es decir, el tiempo son las condiciones atmosféricas que evolucionan a lo largo del día, mientras que el clima depende de la permanencia constante de las condiciones climáticas; las cuales pueden ser alteradas por condiciones naturales o antropogénicas². Para ello es necesario describir el proceso por el cual se generan condiciones climatológicas determinadas, para posteriormente entender las causas que originan un desequilibrio climático que modifica las condiciones aptas para la vida en la superficie terrestre.

¹ Para Sarmiento (2000), el efecto invernadero es designado como surtidor particular de donde se obtienen los elementos que conforman el sistema.

² De acuerdo con Camacho y Ariosa (2000), una fuente antropogénica es aquella que es provocada por la acción del hombre y que tiene un efecto ambiental.

Otra fuente que incide en el cambio climático es la radiación solar, el cual es un proceso natural e implica que esta llega a la superficie terrestre y posteriormente es reemitida al espacio en igual magnitud. La radiación solar cumple un papel importante para la tierra, ya que permite mantener la temperatura idónea para la vida, y así retribuir sobre aquellos factores que mantienen el equilibrio del clima del planeta. Esto se conoce como el equilibrio radiativo, el cual facilita a su vez mantener una interacción estable entre los diferentes componentes del sistema climático tales como: la atmósfera, hidrosfera, litosfera, criósfera, biosfera y antropósfera, (Benavides y León, 2007, p.2).

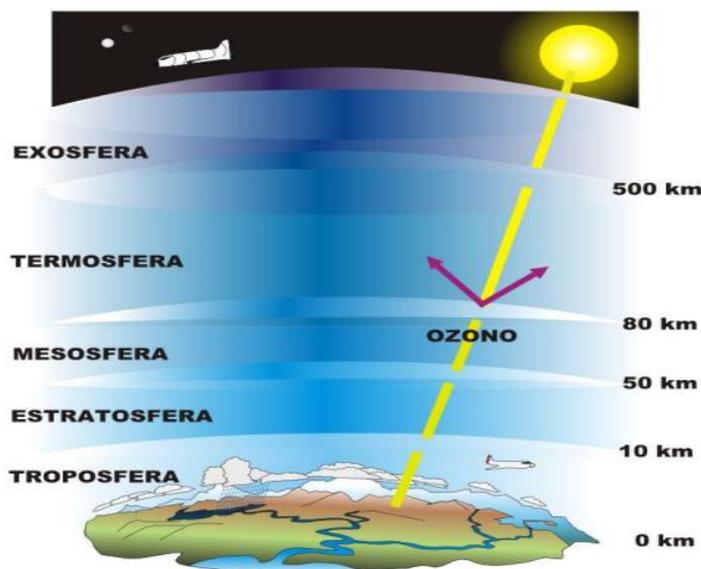
Es por ello que los componentes del sistema climático, mantienen condiciones climatológicas estables a lo largo de la tierra, al existir una reciprocidad entre la cantidad de radiación solar que se recibe y la que es devuelta al espacio, sin embargo, las modificaciones en algunos de estos componentes, ya sea de manera natural o producto de la actividad humana, pueden llegar a modificar el ciclo natural radiativo del sol, alterando el clima y generando con ello aumentos en la temperatura y cambios climatológicos extremos.

Los componentes del sistema climático interactúan y funcionan entre sí, cada uno de ellos es distinto en cuanto a composición, características, así como funciones a las que refiere, pero juntos forma un proceso que requieren uno de otro. Por ejemplo, la atmósfera terrestre es una capa gaseosa que rodea la tierra y evita que la radiación solar llegue en igual magnitud a la tierra (rayos ultravioletas); la hidrosfera se encuentra formada por toda el agua líquida que se encuentra en la Tierra; la litosfera conformada por los continentes y el fondo marino; la criósfera comprende todas las masas de hielo (continental y marino) y nieve situadas sobre la superficie de la Tierra; la biosfera se compone por la fauna, la flora continental y oceánica; y por último la antropósfera es la parte que combina el medio ambiente y las modificaciones antropogénicas, Martín (2016).

Cada uno de los componentes del sistema climático, mantienen el clima y las condiciones necesarias para mantener la vida en la tierra. A su vez, los componentes del sistema climático presentan en sus elementos, los llamados *gases traza*; los cuales se ubican en la capa más baja de la atmosfera de la Tierra de manera natural, conocida como troposfera. Esta contiene

a los gases que son responsables en gran parte de la temperatura del planeta y es la responsable de crear las condiciones idóneas para la vida”, (SEMARNAT, 2008).

Figura 1
Capas de la atmósfera



Fuente: Tomado de Ramírez (2011).

La Figura 1 muestra las capas que conforman la atmósfera, estas contienen en su composición cierta cantidad de GEI de manera natural. A este tipo de gases se les denomina gases trazas, debido a que se encuentran de manera natural en la atmósfera, tal son el caso del dióxido de carbono (CO_2), el óxido nitroso (N_2O), el óxido de azufre y partículas (SO_3). Esto se encuentran de manera natural y antropogénica en la troposfera, por su parte el ozono troposférico (O_3), se halla presente en la estratosfera de manera natural y en la troposfera de manera antropogénica, el vapor de agua (H_2O) se presenta de manera natural, mientras que el óxido de nitrógeno (NO_x), se encuentra en la troposfera en forma antropogénica. Por último, los compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano (COVDM) así como el monóxido de carbono (CO) se encuentran presentes en la formación del ozono troposférico y de manera antropogénica. Los gases como el metano (CH_4) y los compuestos halogenados (CFCs), (HCFCs) son exclusivamente de las actividades humanas (Benavides y León, 2007).

De acuerdo con los estudios de PICC (1996) y SEMARNAT (2012) los GEI se dividen en directos e indirectos siendo los gases de efecto invernadero directos: bióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) y los compuestos halogenados, e indirectos (que contribuyen a la formación atmosférica del ozono): monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x) y compuestos orgánicos volátiles que no incluyen al metano (COVNM).

La clasificación de GEI en directos e indirectos, permite diferenciar aquellos que forman parte de las diferentes capas de la atmósfera de forma natural y contribuyen a mantener las condiciones estables en la tierra de aquellos que son únicamente por efecto de la actividad humana, así como de aquellos que son una mezcla de ambas. Sin embargo, los gases de efecto invernadero presentes en la atmósfera, ya sea de manera natural o antropogénica, pueden generar cambios en el clima de la tierra, debido a que estos gases se encargan de intercambiar con la atmósfera ciertos componentes, tales como: calor, radiación, energía entre otras.

Actualmente, el aumento en la cantidad de GEI puede llegar a modificarse por alteraciones internas, ya sea de causas naturales o producto de las actividades humanas. En el caso de las actividades humanas, estas son las principales causantes del aumento de la temperatura en la tierra y la modificación de los componentes del sistema climático. Este aumento de GEI ha generado lo que se conoce actualmente como *Efecto Invernadero* que consiste en el proceso por el cual la energía que llega a la tierra permanece atrapada, evitando así su salida al espacio.

Para Global (2005, p. 9) “el efecto invernadero es un proceso natural por el cual los gases que están presentes en la atmósfera “atrapan” la radiación que la Tierra, a su vez, reemite al espacio. Esta emisión de la Tierra es producto del calentamiento de su superficie por la radiación solar”. Lo anterior tiene origen en el aumento de GEI que ha sido provocado por la concentración de calor que llega a la tierra y se queda atrapada por los mismos, por lo que la temperatura se dispersa hacia diversas direcciones. De esta manera, se forma una barrera que evita que el calor siga su curso normal hacia el espacio.

En el caso contrario, si la radiación que llega a la tierra siguiera un proceso normal, entonces la emisión sería la misma, por lo que la tierra no presentaría variaciones en el clima manteniéndose estable a lo largo del tiempo. La mayor parte de las actividades antropogénicas, han causado un incremento del efecto invernadero y con ello disminuciones en las capas protectoras de la atmósfera encargadas de disminuir la radiación solar que llega a la troposfera.

Este aumento de GEI, ha incrementado la temperatura de la tierra ocasionando así el denominado “calentamiento global”, lo que impacta directamente sobre los componentes del sistema climático y a esto se le conoce como “cambio climático”, a continuación, se describen sus características.

De esta manera el “Calentamiento Global ha ido de la mano con un incremento en el CO₂ atmosférico, lo que indica que la causa de esta tendencia es una intensificación del efecto invernadero. De allí que frecuentemente se usen indistintamente ambos términos, uno describe el fenómeno del incremento de temperatura reciente, el otro se refiere al mecanismo que lo causa”, (Caballero, *et al.* 2007, p. 5). El calentamiento global es de esta forma causado por una intensificación del efecto invernadero, que provoca un aumento en la temperatura global.

Mientras que “el cambio climático se entiende como un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables”, (CNDH, 1993, p. 4). De tal forma, se puede afirmar que el calentamiento global es el incremento de la temperatura global causado por la intensificación del efecto invernadero, mientras que el cambio climático incluye a el calentamiento global, así como los efectos que este tiene sobre el clima.

Como se mencionó anteriormente el incremento en las emisiones de GEI ha disminuido la eficiencia con la que la tierra reemite la energía recibida al espacio, generando así un incremento en la temperatura por lo que no se alcanza un balance radiativo estable. “Aun si

las emisiones de estos gases se estabilizan, los efectos del calentamiento perduraran mucho tiempo, pues los gases de este tipo tienden a permanecer por muchos años en la atmosfera” (Magaña, *et al.* 2004, p. 19).

Este desequilibrio radiativo genera cambios afectando de manera importante los equilibrios presentes en cada uno de los componentes del sistema climático, debido a la interacción que existe entre estos elementos con las actividades antropogénicas que interfieren entre ellos a lo largo del tiempo; generando así variabilidad y condiciones fluctuantes que, si permanecen de manera constante, serán irreversibles.

La concentración de GEI incrementara los riesgos futuros y el entorno, lo que ocasionará problemas irreversibles sobre el equilibrio ecológico y modificara las condiciones idóneas para la vida. Por ello, se ha hecho énfasis en las consecuencias del cambio climático sobre todo “en áreas claves del desarrollo sostenible, como los recursos de agua dulce, ecosistemas terrestres, sistemas costeros, sistemas marinos, seguridad alimentaria en áreas urbanas como en las rurales, así como en los diversos sectores económicos claves, entre ellos: salud, seguridad social y pobreza”, (Garea, *et al.* 2018, p. 36).

Ante las consecuencias del cambio climático, se requiere atención política combinado con una regulación adecuada, que permita un desarrollo de las actividades antropogénicas con menor impacto sobre los componentes del sistema climático, es por ello que países alrededor del mundo se han enfocado en atender este fenómeno de escala global. Desde su descubrimiento en 1960 año en que el científico Charles David Keeling, demostró un incremento en los niveles de CO₂ principal GEI causante del calentamiento global (además de los mencionados anteriormente), y los riesgos que conlleva un incremento en las tendencias de cantidades y concentraciones en la atmosfera sobre los componentes que integran el sistema tierra.³

³ Para (Benavides y León, 2007, p.4) el sistema tierra es un sistema altamente complejo integrado por cinco grandes componentes: atmósfera, hidrosfera, litosfera, criósfera, y la biosfera, que en conjunto forman los componentes del sistema climático.

Desde su descubrimiento en los años 60, los GEI, han sido objeto de regulación por su impacto sobre el medio ambiente y la temperatura en general, como el caso del dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFCS) y el hexafluoruro de azufre (SF₆), sin embargo, existen otros gases causantes del aumento en la temperatura como el vapor de agua (H₂O), ozono (O₃) y los clorofluorocarbonos (CFC), algunos de ellos explicados anteriormente cumplen funciones específicas encargadas de mantener condiciones aptas para la vida en la tierra.

En el año 1997 los gases de efecto invernadero de origen natural y antropogénico se comenzaron a regular con el Protocolo de Kyoto, la regulación fue aplicada sobre 6 gases de efecto invernadero: bióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFCS), perfluorocarbonos (PFCS) y hexafluoruro de azufre (SF₆). La regulación sobre estos GEI tiene como objetivo disminuir la cantidad de emisiones presentes en la atmosfera, reduciendo de manera gradual su presencia en el aire.

Considerando la premisa de Garea et al (2018, p. 54) “El cambio del clima origina alteraciones en los ecosistemas, lo que conlleva a cambios en la carga de microorganismos, vectores y reservorios, generándose así modificaciones en los indicadores ecológicos y los patrones epidemiológicos, esto afecta las relaciones de la sociedad y el medio ambiente”. Esta premisa permite considerar que toda regulación sobre la reducción en el calentamiento global tendrá un efecto sobre otros procesos como la intensidad del efecto invernadero y el cambio climático que han modificado las condiciones de vida en la tierra, mitigando así aquellos impactos ambientales que pueden llegar a ser irreversibles en el tiempo.

1.2 Desarrollo sustentable

Se define como desarrollo sustentable “al manejo y conservación de la base de recursos naturales, con orientación del cambio tecnológico e institucional, de tal manera que asegure su obtención continua para satisfacer las necesidades humanas de las generaciones presentes y futuras. Dicho desarrollo sustentable conserva la tierra, el agua, los recursos genéticos de

plantas y animales, es ambientalmente no degradante, técnicamente apropiado, económicamente viable y socialmente aceptable” (Sarmiento, 2000, p. 132).

El desarrollo sustentable o también denominado desarrollo sostenible, hace referencia al proceso por el cual se logra un equilibrio entre las actividades humanas con el medio ambiente, en donde se incluye el crecimiento económico. Este proceso, coordina las actividades económicas, sociales y ambientales hacia un fin o meta en particular. El desarrollo sustentable busca preservar los componentes del sistema climático, encargados de regular la temperatura y el clima. Estos componentes permiten al ser humano desarrollarse plenamente ya que son la base fundamental de las sociedades y su economía.

Sin embargo, las actividades del hombre han generado incertidumbre respecto a los recursos naturales que se usan y su impacto en las generaciones futuras. Por ello, actualmente existe una discusión sobre la forma en que estos recursos son explotados, para satisfacer las necesidades humanas, así como su impacto sobre la estabilidad del sistema natural. Para Dourojeanni (1999, p. 3) el desarrollo sustentable no es una meta tangible o cuantificable, sino que se refiere a la posibilidad de mantener un equilibrio entre factores que explican un cierto nivel de desarrollo del ser humano.

El desarrollo sustentable, a pesar de no ser una meta tangible o cuantificable, puede apoyarse de ciertos indicadores que le permitan medir el nivel de éxito y avance, como son los indicadores de la mejora en la calidad de vida y el nivel de recuperación de los ecosistemas. Sin embargo, el equilibrio que se busca a través del desarrollo sostenible se encuentra evolucionando constantemente derivado de las decisiones tanto de empresas como de los consumidores quienes buscan mejorar constantemente su calidad de vida. Es precisamente la evolución en las decisiones de ambas partes, lo que impide lograr el equilibrio ambiental, ya que la mayor parte de las decisiones que toman los agentes se realizan con información incompleta lo que impacta directamente sobre el medio ambiente.

La constante evolución de las decisiones tanto de los consumidores como productores deben estar incluidas en las metas establecidas en materia ambiental, a fin de lograr un desarrollo

sostenible. De esta manera, la toma de decisiones tendrá un impacto negativo o positivo, dependiendo de la prioridad con la que actúen los individuos, y las modificaciones vigentes en los objetivos ambientales del gobierno, así como el tiempo requerido para lograrlos. Para una óptima decisión, la autoridad debe dar prioridad a las preferencias de la sociedad y sea esta quien fije los objetivos ambientales, en particular en países o economías subdesarrollados en donde existen condiciones desfavorables para el medio ambiente, además en estos lugares, la toma de decisiones se lleva a cabo en un escenario de ausencia de información completa sobre los impactos ambientales generados por las actividades económicas mal diseñadas o ejecutadas.

La toma de decisiones sobre qué, cómo y cuándo se produce se realiza en un escenario con falta de información, esto genera una serie de distorsiones en la economía, que dan origen a las externalidades negativas. Para Vázquez (2014, p. 3) las externalidades negativas aparecen “cuando un contaminador toma decisiones basadas únicamente en sus costos y beneficios sin tener en cuenta los costos indirectos que recaen en las víctimas de la contaminación”. Es así como las externalidades negativas se originan a partir de la toma de decisiones con información incompleta o ausente.

El efecto de la toma de decisiones tiene un impacto en el presente al incrementar los niveles de contaminación y en el futuro al comprometer los recursos de las generaciones que vienen. De esta forma el desarrollo sostenible busca soluciones que no afecten el desarrollo humano, pero tampoco comprometa la estabilidad ambiental. Para lograr un desarrollo equilibrado, es necesario hacer énfasis en las causas que originan los desequilibrios, ya que, a partir de este, se podrán establecer metas y las políticas necesarias (regulaciones) que involucren ambas partes.

Como se mencionó anteriormente la toma de decisiones, varía de lugar a lugar por lo que las acciones que cada gobierno implemente deberán ser congruentes con las problemáticas de cada país o región. Por ejemplo, existen comunidades que realizan un aprovechamiento de los recursos más racional en comparación con otras comunidades donde esta explotación se

realiza en condiciones desfavorables para el medio ambiente y con información incompleta, lo que claramente impacta de manera negativa en el equilibrio ecológico.

En el trabajo de Camacho y Ariosa (2000, p. 36) se denomina equilibrio ecológico al “estado de equilibrio en que los parámetros ecológicos fundamentales fluctúan dentro de límites con valores que tienden a garantizar la permanencia de poblaciones suficientemente grandes como para perpetuar las especies y los ecosistemas”. En consecuencia, cualquier cambio que exista sobre los parámetros ecológicos, desencadenaría una serie de anomalías con efectos sobre los ecosistemas y la población.

El equilibrio ecológico, al depender de los componentes del sistema climático, se encuentra en un estado susceptible a modificarse, ya sea por el desequilibrio en alguno de estos componentes o por su relación existente, los cuales son causantes del cambio climático. El sistema climático, al ser un sistema complejo interrelacionado entre sí que cumple con objetivos importantes tanto para crear como mantener la vida en la tierra, hace difícil brindar una solución específica que restaure sus parámetros naturales de manera individual.

La coordinación entre el gobierno y la sociedad debería impactar de forma positiva al medio ambiente, permitiendo a los ecosistemas regenerarse del desgaste al que fueron sometidos. Por tanto, será responsabilidad de cada país aplicar las medidas necesarias para devolver los equilibrios correspondientes, sin embargo, “el nivel de percepción de los seres humanos sobre temas ambientales genera cierta angustia y preocupación que es evadida a costa de sacrificar a sus vecinos en lugar de buscar fórmulas de conciliación” (Dourojeanni, 1999, p. 6).

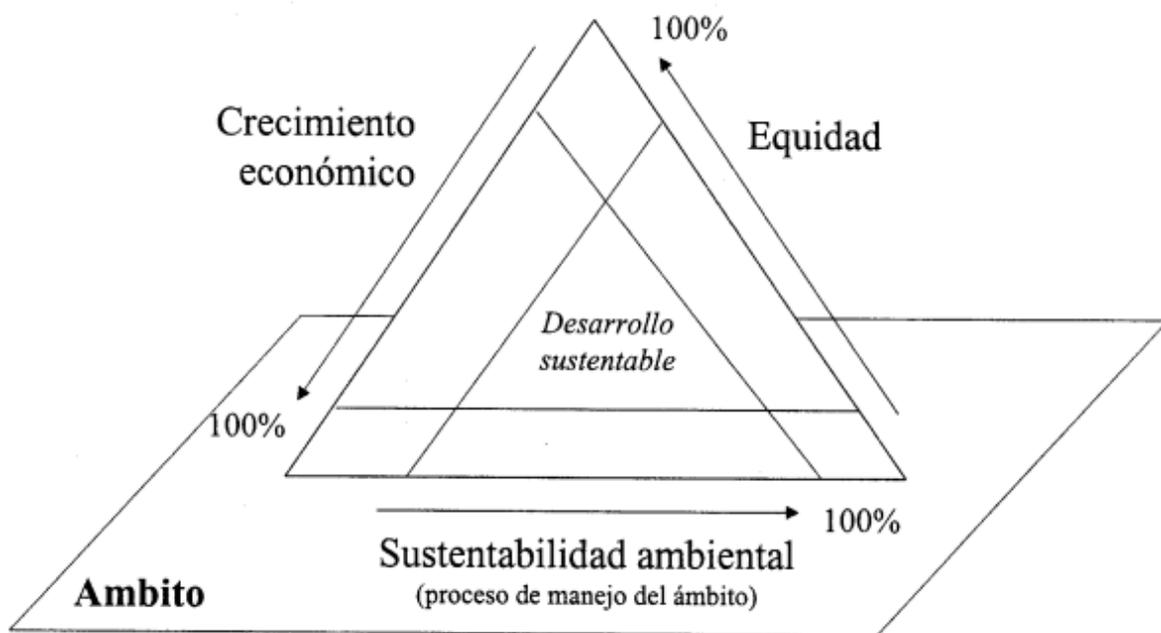
El objetivo de lograr un equilibrio ecológico resulta complicado, ya que implica generar conciencia en la sociedad sobre el impacto que tienen sus actividades en el ambiente. El fracaso de las políticas proambientales se debe a la apatía social y a el rechazo de cualquier medida que intente regular las actividades contaminantes. La mayor parte de la población prefiere transferir sus problemas a los demás, en vez de hacerse cargo por las acciones que cada uno genera y del impacto causado al ambiente. La falta de coordinación entre los

individuos y las autoridades ha generado un incremento en los desequilibrios ecológicos, cuyo efecto inmediato se observa sobre el ambiente, así como en los niveles de satisfacción humana, tales como la salud y la alimentación por mencionar algunas.

La regulación ambiental no debe permitir la postergación de los desequilibrios ecológicos, ya que podría impactar progresivamente y de forma agresiva a todos los ecosistemas. Esto afectaría aquellas poblaciones más vulnerables y posteriormente al resto, como es el caso del cambio climático de magnitud global. Por tanto, cada autoridad deberá asumir las responsabilidades que le corresponden, aunque ello implique que sus condiciones de vida se vean afectadas.

Figura 2

Bases para un desarrollo sustentable



Fuente: Tomado de Dourojeanni (1999)

Las bases para un desarrollo sustentable deben combinar los tres factores representados en la Figura 2, donde se muestra el peso que cada pilar debe tener a fin de lograr los objetivos ambientales que se plantean. Cualquier desbalance en los pilares impactaría de manera

negativa en el medio ambiente que es la base del crecimiento económico y humano, para ello cada individuo deberá asumir su responsabilidad, aunque ello implique que su nivel de vida se vea alterado.

La sustentabilidad y sostenibilidad usualmente son explicados mediante factores económicos referidos al crecimiento económico, equidad y sustentabilidad ambiental. De acuerdo con Dourojeanni (1999) estas tres variables no necesariamente explican todo lo que lleva implícito el concepto de desarrollo sustentable y sostenible, pero si un porcentaje del mismo. Para la puesta en marcha de cualquier política orientada al desarrollo sustentable es necesario incluir más variables que apoyen esta meta. Dourojeanni considera que utilizar solo 3 variables (crecimiento económico, sustentabilidad y equidad) explica en un 80% el concepto, por lo que dependerá de cada país realizar los estudios y el desarrollo de modelos que incluyan la mayor cantidad de información posible, a fin de analizar todos los datos posibles y que estos sirvan de base para la elaboración de planes sustentables.

El desarrollo sustentable es entonces la “capacidad de un ecosistema en mantener su estructura (riqueza, abundancia relativa de las especies, biomasa en pie, relaciones tróficas) y funcionamiento (productividad, descomposición, eficiencias energéticas) dentro de ciertos intervalos de valores, a lo largo del tiempo” (Lopez, 2010, p.10). Lograr este equilibrio y revertir los daños causados implicaría un descenso en los niveles de contaminación, lo que se traduce en un impacto positivo al ambiente a la calidad de vida y en proyectos económicamente viables en el tiempo. El desarrollo sustentable en el largo plazo es la mejor respuesta ante el cambio climático, ya que incluye soluciones reales a problemáticas reales.

1.3 Subdesarrollo y Desigualdad

El cambio climático, es la consecuencia o externalidad negativa de la actividad humana con mayor presencia a nivel mundial. La alteración de los componentes del sistema climático ha

incrementado los desbalances ecológicos a gran escala, provocando modificaciones en la temperatura global, hacia una tendencia alcista.

Las consecuencias que tiene la actividad humana sobre los componentes del sistema climático son distintas y complejas, ya que cada uno de los componentes trabaja de la mano con el resto, a fin de mantener las condiciones aptas para la vida. Por tanto, la existencia de desbalances en alguno de estos componentes puede impactar al medio ambiente en igual o menor magnitud de manera permanente.

Los diversos efectos del cambio climático varían de región a región, sin embargo, resultan más complejos en aquellos países donde el nivel de ingreso resulta una limitante para hacer frente a estas situaciones. La eficacia ambiental con la que actúan los países desarrollados resulta mayor en comparación con los países subdesarrollados. Se define como eficacia ambiental a “la capacidad de alterar conductas de los agentes en sentido favorable para el medio ambiente” (Labandeira y Gago, 1998, p. 212).

La eficacia ambiental busca alterar la conducta de los agentes. Es así que se retoma las aportaciones de los economistas Pigou y Coase, quienes consideran que estos objetivos ambientales se alcanzarán cuando se incluya en el diseño de las políticas ambientales a los productores y consumidores. La integración de las causas que originan el cambio permitiría a los países alcanzar sus objetivos ambientales. Sin embargo, estos objetivos resultan ser más complejos en alcanzarlos en países donde los niveles de ingreso se encuentran por debajo de la media de las economías desarrolladas.

Los factores que influyen en el nivel de desarrollo entre países desarrollados y subdesarrollados son variados, por ejemplo, los países desarrollados tienen un mayor número de instrumentos ambientales. El segundo factor obedece a la falta de transparencia y comunicación a la hora de implementar políticas públicas, enfocados a corregir las externalidades negativas y modificar el comportamiento humano con fines benéficos para la sociedad. El tercer factor originado por la incertidumbre que causa la implementación de estos instrumentos sobre todo en los países desarrollados, quienes consideran que la

ejecución de estas políticas perjudicaría el desarrollo de su nivel económico (Galindo *et.al.*, 2016 y Galán ,2019).

El nivel de ingreso en países subdesarrollados condiciona a los productores y consumidores a tomar decisiones que impliquen un impacto negativo en el medio ambiente. Estas decisiones, en ambos sentidos, buscan incrementar sus niveles de ingreso, aunque esto implique perjudicar al medio ambiente de forma permanente. En comparación, los países desarrollados muestran un mayor número de instrumentos ambientales, principalmente porque sus condiciones económicas lo permiten, ya que sus necesidades básicas han sido cubiertas en su mayoría, por lo que pueden destinar una parte de estos ingresos al cuidado y protección del ambiente, mientras que los países subdesarrollados no cuentan con los recursos necesarios para hacer frente a los instrumentos ambientales (Galán y Clavellina, 2020).

La mayor parte de las economías en desarrollo, muestran sectores enfocados al crecimiento económico, por encima del bienestar ambiental y social, debido a que buscan incrementar sus ingresos. Las actividades económicas en estos países emplean una alta cantidad de mano de obra y tecnologías perjudiciales para el ambiente, sobre todo de aquellas que involucran emisiones de gases de efecto invernadero en sus procesos.

El uso de tecnologías perjudiciales también llamadas tecnologías sucias, por su impacto al ambiente, han generado efectos en el equilibrio ecológico, lo que ha acelerado el deterioro ambiental. Se define como tecnologías o energías sucias “al uso de combustibles fósiles, que brindan energía barata, sucia y fácil de usar” (Gómez, 2010, p. 16). El uso de estas energías representa un ahorro para los sectores e individuos de la economía quienes buscan incrementar sus ingresos al menor costo posible, ello implica un deterioro ambiental más acelerado en países subdesarrollados, donde la mayor parte de la población se dedica a actividades relacionadas con el sector primario. Esto conlleva al empleo intensivo de combustibles fósiles, los cuales son emisores de altas cantidades de GEI, principales causantes del incremento en la temperatura.

La tendencia alcista en el uso de combustibles repercutirá en aquellas actividades sensibles a cambios climatológicos como lo son las actividades primarias, agricultura, ganadería, pesca etc., cuyas economías se basan en el sector primario. Por lo que se podría pensar que un incremento en el ingreso se traduciría en un efectivo positivo sobre el medio ambiente, sin embargo, este incremento en los países, subdesarrollados genera una “ampliación en el consumo, lo que orilla a la ampliación de espacios dedicados a la producción de nuevos bienes y servicios” (Galindo *et.al*, 2016, p. 18).

El incremento de ingresos en países en desarrollo implica un incremento en el consumo, lo que los colocaría en la misma situación, y cuyo efecto sería un deterioro ambiental más acelerado, de no aplicar instrumentos ambientales que permitan atacar ambas causas del problema, desde un punto de vista productivo y de consumo. Sin embargo, la aplicación de estos instrumentos ambientales carece de transparencia y comunicación, por lo que “es necesario transparentar la forma de cómo se han puesto en marcha los impuestos ambientales, cuáles son las actividades u objetos que están gravados, así como el uso de los ingresos recaudados. Lo que permitirá a la sociedad exigir la rendición de cuentas a la administración sobre el monto de la recaudación, impidiendo cualquier acción discrecional por parte del gobierno”, (Galán, 2019, p. 51).

A su vez la implementación de instrumentos ambientales, genera cierta incertidumbre en la población, quienes consideran que puede afectar su desarrollo económico, al existir limitantes que les impida optar por energías sucias en sus procesos, ya que se verán obligados a renovar sus procesos, discontinuar sus actividades o pagar un impuesto por el uso de combustibles fósiles. Por ello es necesario transparentar la aplicación y los objetivos de estos instrumentos, a fin de evitar cualquier tipo de acciones discrecionales que repercutan en el bienestar social.

La implementación de instrumentos ambientales, es un proceso complejo que requiere la integración de las instituciones encargadas de lograr la eficiencia económica sin descuidar el bienestar, este proceso además requiere de información que alimente la capacidad de actuación de las autoridades correspondientes, ya que de no hacerlo se incurriría de acuerdo

con el FMI, en un incremento en los costos sociales y ambientales lo que impactaría en la economía y el bienestar.

El acelerado incremento en la temperatura y modificación de los componentes del sistema climático, ha generado un precipitado cambio climático, con efectos más notorios en países en desarrollo, y cuyas brechas respecto a países desarrollados ha dificultado la eliminación de pobreza y desigualdad entre sus habitantes. Si bien en un principio el crecimiento económico mejoro los niveles de ingreso per cápita de la mayoría de la población, ha generado un incremento en los niveles de contaminación que complican los esfuerzos por reducir los niveles de pobreza y desigualdad.

Es por ello que los impulsos para disminuir los niveles de pobreza resultan cada vez más difíciles sobre todo considerando que “se localizan en asentamientos vulnerables, lo que provoca el desplazamiento, la pérdida de activos, disminución del área cultivable, inundaciones, etc.” (González, 2009, p.4). La mayor parte de la población en países subdesarrollados labora en el sector primario, y es ahí mismo donde se localizan sus asentamientos, en lugares sensibles a variaciones y eventos climatológicos, lo que reduce sus posibilidades de mejorar su bienestar.

Tomando en cuenta que la mayor parte de los habitantes en países subdesarrollados se encuentran en situaciones de pobreza, de acuerdo con el Banco Mundial, este sector cuenta con una sola fuente de ingresos que se ve afectada por la presencia de efectos meteorológicos o climáticos extremos. Con la intensificación de estos eventos resulta para las familias cada vez más difícil salir de los umbrales de pobreza, por lo que utilizan sus activos económicos para atenuar los efectos de estos sucesos perdiendo paulatinamente sus instrumentos de trabajo con el tiempo y con ello la posibilidad de mejorar su situación económica.

La vulnerabilidad de este sector de la población limita la capacidad de poner fin a la pobreza y desigualdad. Convirtiéndose en un círculo vicioso entre el incremento económico de los países en vías de desarrollo y las brechas de desigualdad y pobreza que intenta eliminar. Este círculo, solo podrá ser solucionado por las autoridades, quienes deberán buscar la

construcción de instrumentos económicos eficientes que tengan influencia sobre la población “posibles estrategias de implementación que pudieran seguir las autoridades ambientales de la región para superar estas barreras y explotar las ventajas potenciales de estos" (CEPAL, 2000, p. 26).

Figura 3

Círculo vicioso: subdesarrollo-cambio climático



Fuente: Tomado de Galán (2019).

Es aquí donde las causas que originan el cambio climático se vuelven complejas, considerando que, en los países en desarrollo, la búsqueda de un crecimiento económico y bienestar para la población genera un uso intensivo de tecnologías sucias, que provoca una tendencia alcista en los niveles de contaminación y que impacta directamente sobre la población más vulnerable generando a su vez, mayor desigualdad y pobreza entre sus habitantes.

Por ello, las políticas encaminadas hacia un desarrollo sostenible deberán ir acompañadas de redes de protección sólidas, flexibles y eficaces dirigidas sobre todo a la población más frágil en el corto plazo, de modo que ante la presencia de eventos climáticos catastróficos se pueda actuar de manera inmediata incrementando los niveles de cobertura, reduciendo así los

niveles de desigualdad y pobreza a la par que aumenta su capacidad de adaptación en el largo plazo (Banco Mundial, 2019).

El desarrollo sostenible implica lograr un crecimiento económico sin dejar de lado el bienestar ambiental, que como hemos visto tiene una relación directa con la economía y el bienestar de la población en general. De lo contrario, la degradación ambiental y la presencia de eventos climáticos extremos, reducirá de manera importante las oportunidades de crecimiento en el futuro, comprometiendo los recursos de las generaciones presentes y futuras.

Los bajos ingresos percibidos por este sector de la población, requieren de atención y vigilancia, esto con el fin de mitigar los futuros efectos que pudieran provocar sus actividades en un incremento en la aparición de eventos climatológicos. En tanto que la población y la economía en general no actúe, se enfrentaría a restricciones adicionales al crecimiento económico, y dado que es un evento de magnitudes importantes en el corto y largo plazo, con un alto grado de incertidumbre sobre sus efectos, resulta importante la gestión adecuada de los impactos. Algunos de estos impactos crecientes a lo largo del periodo serán irreversibles y con altos costos económicos, “estos impactos se presentarán en diversas actividades económicas tales como el sector agropecuario, el sector hídrico, el cambio de uso de suelo, la biodiversidad, el turismo, la infraestructura y la salud de la población” (Galindo y Caballero, 2011, p. 109).

1.4 Consecuencias de la contaminación

Existe una variedad de efectos negativos que pueden aparecer debido a la contaminación ambiental en el corto y en el largo plazo tanto en seres humanos como en los ecosistemas y la vida que habita en ella, actualmente se tienen clasificados dos tipos de fuentes de contaminación la primera tiene que ver con la contaminación natural es decir la que genera el medio ambiente de forma natural (erupciones volcánicas, terremotos, tormentas, erosión etc.) sin embargo esta fuente de contaminación resulta ser menos dañina para el medio ambiente en comparación con la de origen antropogénico es decir la generada por actividades humanas que resulta más nociva tanto en el corto como en el largo plazo, “las principales

clases de contaminación que existen actualmente son, la contaminación biológica, física y química “ (Albert , 2004, p. 45-46).

La contaminación antropogénica, con el paso del tiempo ha comenzado a ser un problema, por los efectos que tiene sobre los componentes del sistema climático, entre los principales efectos, se encuentra un incremento en la temperatura global y el cambio climático que incluye los efectos de esta tendencia alcista en la temperatura sobre el clima. En este contexto el análisis económico y social de los efectos que tienen las decisiones de consumo y producción resultan importantes para el diseño de políticas encaminadas hacia la transición de un desarrollo sostenible. Las consecuencias del cambio climático pueden entenderse como una externalidad negativa desde un enfoque económico.

La toma de decisiones por parte de los agentes económicos ha generado un incremento en la contaminación antropogénica presente en la mayor parte de las actividades del hombre, principalmente los GEI que provocan un aumento en los niveles de temperatura en el mundo. La emisión de GEI provoca efectos variados, algunos de estos se muestran en la Tabla 1:

Tabla 1
Efectos del cambio climático

Propiedad	Ecosistema	Sector primario	Otros sectores	Bienestar humano	Riesgo de desastres
Costos de protección	Pérdida de humedales	Agricultura	Energía	Amenidad humana	Tormenta/ Inundación
Pérdida de tierras	Pérdida de otros ecosistemas	Silvicultura	Agua	Morbilidad humana/ Vida	Sequía
		Pesquería	Construcción	Contaminación del aire	Huracanes
			Transporte		

Fuente: Tomado de Fankhauser (1995).

Las condiciones ambientales menos favorables, afectan de manera importante la propiedad, al existir pérdidas en los activos (tierras), que son extremadamente sensibles a cualquier variación climatológica, lo que lleva a asignar parte de los ingresos a la protección a fin de evitar una pérdida total de activos. Sin embargo, las condiciones de temperatura actuales han provocado una pérdida de activos, lo que ha llevado a la población a caer en situaciones de pobreza y desigualdad, y que constituyen uno de los eslabones del “Círculo vicioso: subdesarrollo-cambio climático”.

Por su parte, el incremento en las actividades humana, ha llevado a la pérdida de ecosistemas, “en el transcurso de este siglo, la capacidad de adaptación de muchos ecosistemas se verá superada por una combinación sin precedentes de cambios en el clima, cambios en el uso de la tierra y sobreexplotación, si las emisiones de gases de efecto invernadero y otros cambios continúan con el ritmo que actualmente llevan” de acuerdo con Kaeslin, *et.al*, (2013).

La pérdida de ecosistemas se encuentra relacionado principalmente con las actividades desempeñadas por el sector primario, causada por la demanda creciente de alimentos ha generado la pérdida de territorios que resultan esenciales para el equilibrio ecológico. La intromisión de especies y la modificación de los ecosistemas impactara sobre los componentes del sistema climático encargados de regular la temperatura y el clima.

Este aumento en la temperatura “terminara por reducir la producción de los cultivos deseados, una proliferación de malas hierbas y pestes, incluidos cambios en los regímenes de lluvias, lo que aumenta las probabilidades de fracaso de las cosechas a corto plazo y de reducción de la producción a largo plazo, amenazando la seguridad alimentaria mundial”, (Nelson, 2009, p. 7). El sector primario, de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) en su informe sobre Cambio climático y seguridad alimentaria, prevé que el cambio climático afectará aproximadamente a 200 millones de familias en todo el mundo cuyos medios de vida dependen de la pesca y la acuicultura principalmente.

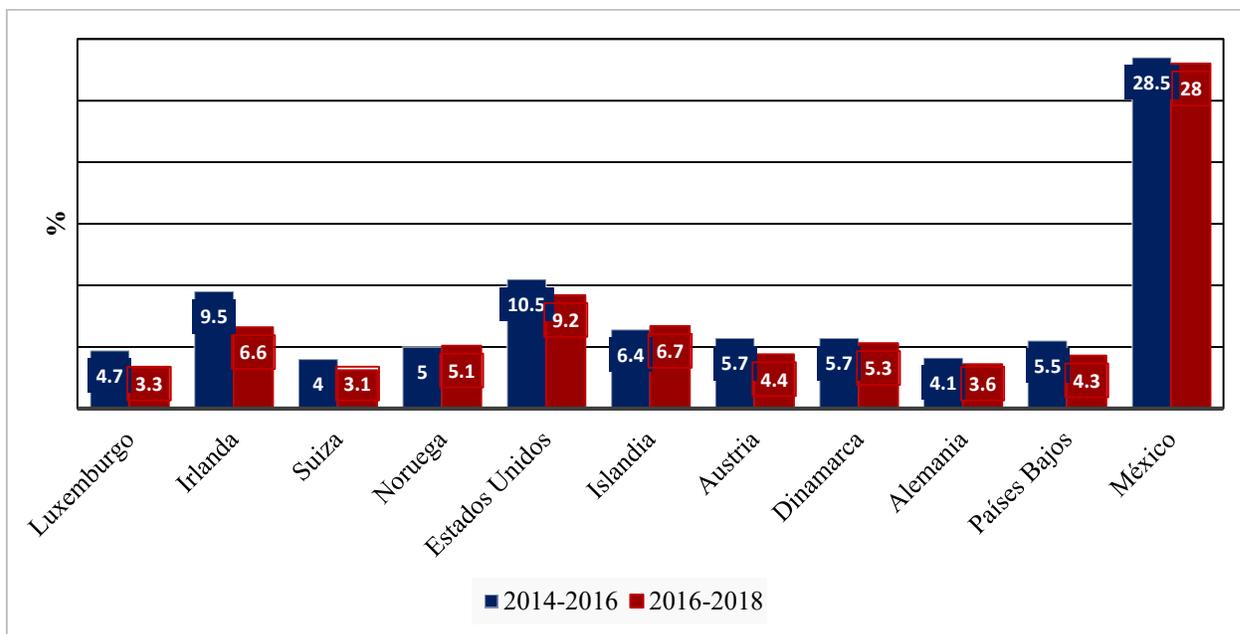
Es así que el cambio climático tendrá un efecto directo sobre la seguridad alimentaria, sobre todo de la población que se desempeña en el sector primario, acentuando los niveles de marginación ya existentes en este sector. De continuar con los altos niveles de dióxido de carbono, se afectaría sobre todo a la población, de los países en vías de desarrollo quienes tienen una base alimentaria basada en productos agrícolas principalmente, con esto se incrementa los niveles de desnutrición y pobreza que existen actualmente, de acuerdo con Myers (2017).

La seguridad alimentaria, tendría un impacto mayor en países en subdesarrollo para su mejor comprensión se seleccionan a los 10 países con mayor ingreso miembros de la OCDE y México, objeto de nuestro análisis, cuyos datos provienen de la FAO. La información se encuentra expresada en indicadores que se clasifican de acuerdo con las 4 dimensiones de la seguridad alimentaria: disponibilidad, acceso, estabilidad y utilización.

Para la Gráfica 1, la dimensión seleccionada fue el acceso, ya que esta categoría mide la prevalencia de inseguridad alimentaria en la población total, y se mide en moderada o grave mediante promedios de tres años. Esta dimensión, busca visualizar la población que experimenta situaciones de inseguridad alimentaria, considerando que los GEI, son gases cuya principal característica es su prevalencia en la atmósfera, pese que exista una disminución en la emisión de estos.

Gráfica 1

Prevalencia de inseguridad alimentaria moderada o grave en la población total, promedios de 3 años (2014-2018)



Fuente: Elaboración propia con datos de la FAO.

Como podemos observar en la Gráfica 1, el país con menor prevalencia en inseguridad alimentaria es Suiza con un 3.1% en el año 2016-2018, mientras que el país con mayor prevalencia de inseguridad alimentaria es México, que si bien tuvo una disminución respecto a los años 2014-2016 es muy pequeña, por lo que de seguir los aumentos en los eventos hidrometeorológicos extremos se verán afectados los patrones de consumo basados en productos agrícolas.

Sin embargo, los efectos del cambio climático no se limitan al sector primario, sus efectos se observan sobre otros sectores como energía, agua, construcción, transporte, turismo etc. Por ejemplo, los impactos y costos económicos del cambio climático sobre el sector de la energía e hídrico son múltiples e incluyen efectos en la oferta y demanda derivado de un aumento en la temperatura. El transporte actividad fundamental para el traslado se ha intensificado como consecuencia del crecimiento acelerado de las zonas urbanas mientras que el turismo, comenzara una tendencia a la baja ya que los turistas tienden a evitar lugares con problemáticas socioeconómicas y/o ambientales, (SEDEMA, 2018).

Por ejemplo, un incremento en la temperatura llevara a un uso mayor de ventiladores, aires acondicionados, y en general cualquier aparato que mantenga una temperatura agradable

para el ser humano y/o conservación alimentos. Mientras que el sector hídrico, de los más relacionados con el resto de los sectores, verán incrementada su demanda de manera productiva o residencial. “La construcción por su parte, genera distintos tipos de contaminación: atmosférica, sobre el agua, suelos etc. “, (Uresandi *et.al*, 1999, p. 16).

Por su parte el transporte, es una de las actividades que mayor cantidad de GEI emite, esta emisión se intensifica con el aumento de zonas urbanas, que buscan desplazar, insumos, productos o personas. En el caso de países en subdesarrollo existe una preferencia por el transporte privado, ya que representa una alternativa cómoda, eficiente y segura. Por último, el turismo, vería disminuido de manera drástica el número de turistas y con ello sus ingresos anuales, producto de los desequilibrios ecológicos en los componentes del sistema climático, que comenzaran a tener una prevalencia más acentuada.

Es así que los efectos del cambio climático, no solo ocasionarían graves daños sobre el medio ambiente y la economía, modificaran las condiciones de bienestar del ser humano y su calidad de vida. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la calidad de vida es: “la percepción que un individuo tiene de su lugar en la existencia, en el contexto de la cultura y del sistema de valores en los que vive y en relación con sus objetivos, sus expectativas, sus normas, sus inquietudes. Se trata de un concepto muy amplio que está influido de modo complejo por la salud física del sujeto, su estado psicológico, su nivel de independencia, sus relaciones sociales, así como su relación con los elementos esenciales de su entorno”, (OMS, 1996).

Es esta relación con su entorno la que ha provocado, desequilibrios ecológicos en los componentes del sistema ecológico. La manera en cómo se relaciona el ser humano con el entorno, ha generado cambios, que han afectado de manera importante no solo al ambiente, si no su calidad de vida. Considerando que los eventos climatológicos extremos se han acentuado debido al cambio climático, entre 2005 y 2015 más de 700.000 personas perdieron la vida a causa de desastres, más de 1,4 millones sufrieron lesiones y alrededor de 23 millones de personas se quedaron sin hogar. La población más afectada fueron mujeres,

niños y personas en situaciones vulnerables. Entre 2008 y 2012, 144 millones de personas resultaron desplazadas a causa de desastres (Rodríguez, 2018, p.17).

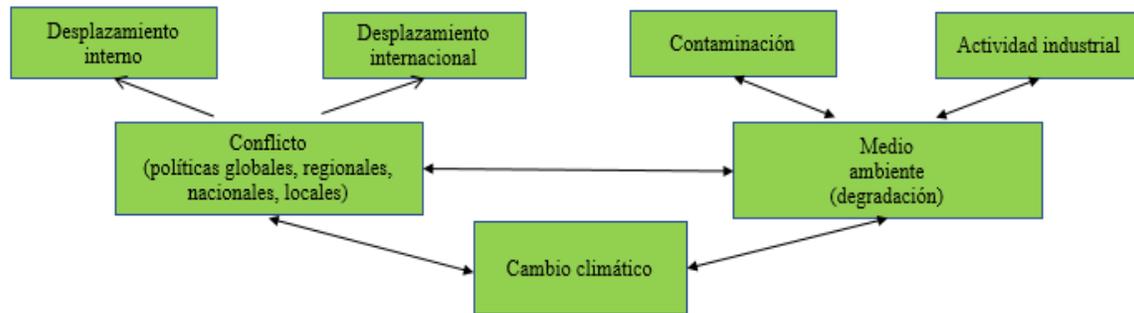
La exposición prolongada en seres humanos a altos niveles de contaminación sobre todo de las partículas PM.2.5 Y PM.10 presentes en los combustibles fósiles tanto de viviendas, automóviles y empresas tiene repercusiones sobre la salud de la población, incrementando así los niveles de morbilidad y mortalidad en general, (OMS, 2019). Los niveles de morbilidad, se incrementarán en la población conforme las tendencias de contaminación y emisión de GEI continúe.

La concentración de contaminación en ciertas regiones llevara a la población a desplazarse, causada por un incremento en la prevalencia de eventos climatológicos extremos, perdida de sus activos y disminución en la calidad de vida. Actualmente 3400 millones de personas, presentan grandes dificultades para satisfacer necesidades básicas, y una proporción mayor de la población pobre del mundo se encuentra en países más ricos, según el Banco Mundial (2018). Por lo que el desplazamiento forzoso por razones climáticas es un hecho que se presenta en poblaciones que viven en pobreza, lo que implica un mayor número de población en asentamientos urbanos, acentuando aún más la desigualdad y el rechazo social.

La mayor parte de la población que se encuentra en situaciones de pobreza pertenece al sector agrícola con un alto grado de vulnerabilidad y dado que actualmente la calidad de vida está muy asociada con el crecimiento económico, entonces existe un uso excesivo de estos recursos, que impacta de forma negativa su entorno, y que lleva a un desplazamiento forzoso.

Figura 4

Relación entre cambio climático y migración



Fuente: Tomado de Altamirano (2014).

La figura 4 muestra la relación que existe entre el cambio climático y la migración, ya que las actividades humanas industriales o producto de conflictos a distintas escalas geográficas han generado niveles de contaminación que han acelerado el cambio climático, forzando a la población más vulnerable a concentrarse en zonas urbanas acelerando la degradación ambiental. Actualmente “la tecnología basa su crecimiento en el aumento excesivo de la explotación de los recursos naturales”, (Altamirano, 2014, p. 57), lo que lleva a la población a hacer un uso excesivo de recursos en beneficio del crecimiento, sin embargo, la búsqueda por una mejor calidad de vida sin un sustento ambiental ha llevado a una aceleración del aumento de la temperatura.

Esta degradación del medio ambiente, tiene un efecto en el riesgo de desastres, entre los que se encuentran, (Global, P. C. A. 2005, p.16):

- Aumento de las temperaturas de entre 1°C y 6°C a lo largo de este siglo.
- Elevación del nivel de mar de entre 10 cm y 90 cm en el siglo y aumento de las inundaciones costeras.
- Cambios en los regímenes de precipitaciones.
- Aumento de periodos de sequía prolongada en algunas regiones.
- Aumentos en la frecuencia, duración e intensidad de eventos climáticos extremos.
- Incremento de la frecuencia y severidad de las olas de calor, más acentuadas en las zonas urbanas.

De manera que estos cambios impactarán de manera negativa los ecosistemas, estos cambios serán más intensos y prolongados dependiendo de la evolución del cambio climático, algunos de los cambios que se prevén de acuerdo con Global son:

- Aumento del riesgo de incendios de bosques.
- Pérdidas potenciales de tipos específicos de ecosistemas, en áreas de montaña, humedales y zonas costeras.
- Alteraciones en la dinámica de producción de alimentos
- Aumento del riesgo de daños resultantes de inundaciones, deslizamiento de suelos y otros eventos climáticos, tales como muertes, heridas, enfermedades infecciosas, y afectaciones a la infraestructura.
- Aumento de la incidencia de enfermedades originadas en vectores, como dengue y malaria, con su consecuente incremento de la presión sobre los sistemas públicos de salud.

Es así, que la sociedad enfrentara nuevos riesgos, estas condiciones se intensifican cuando hablamos de países subdesarrollados donde la mayor parte de la población vive en situaciones vulnerables. La fuerza con la que impactara el cambio climático dependerá en gran medida de la atención que ejerzan las autoridades sobre cuestiones ambientales, “la evidencia muestra que las modificaciones climáticas tienen consecuencias significativas sobre las actividades económicas, la población (salud, desigualdad, seguridad alimentaria) y los ecosistemas, PNUMA (2007), por lo que las medidas ambientales deberán combinar factores de adaptación y mitigación de los efectos.

Estas modificaciones derivadas de la interacción de las actividades con el medio ambiente, deberán ser reguladas, mediante la eficacia ambiental “tiene que ver con la capacidad de alterar las conductas de los agentes en sentido favorable para el medio ambiente” (Gago y Labandeira, 1998, p. 213). La eficacia ambiental deberá ser eficaz también en el sentido fiscal, para ello deberán basarse en una serie de medidas con un meta u objetivos particulares, buscando la sostenibilidad fiscal.

El cambio climático, por lo tanto, resulta un fenómeno global con influencia tanto en el corto como a largo plazo en las actividades económicas, por lo que el análisis del costo beneficio permitiría corregir las medidas que resulten dañinas para el entorno. Actualmente se ha puesto énfasis en los instrumentos de gestión ambiental, por ser un mecanismo ideal para transmitir señales apropiadas al mercado, que permitan eliminar o reducir las distorsiones estructurales Barde (2005).

1.5 Impuestos Ambientales

Los efectos indirectos que surgen de las actividades propias del ser humano tienen consecuencias importantes sobre el medio ambiente y sobre la misma sociedad. Actualmente las consecuencias de estas actividades pueden considerarse desde una perspectiva económica, es decir como la consecuencia de una externalidad negativa global causada por las actividades antropogénicas que modifican los componentes del sistema climático, sin que exista un mecanismo de control o sanción.

De acuerdo con Vázquez (2014, p. 2), considera el trabajo de Jean-Jacques Laffon para definir desde el punto de vista económico la externalidad negativa la cual consiste en que “los efectos indirectos de las actividades de consumo o producción, es decir, los efectos sobre agentes distintos al originador de tal actividad”. En la actualidad las causas de estas externalidades negativas son diversas y sus efectos sobre los componentes del sistema climático también, el principal es un incremento en los gases de efecto invernadero (GEI).

La tendencia alcista en el incremento de GEI ha generado una serie de externalidades negativas, es por ello que existe actualmente un consenso mundial respecto a internalizar los costos económicos, sociales y ambientales que ocasionan, ya que de no hacerlo se puede incurrir en altos costos económicos, (Cropper y Oates, 1992). De manera más simple podemos definir mediante un ejemplo a las externalidades negativas como la empresa cuya actividad productiva provoca en la sociedad una serie de problemas físicos y alteraciones en los componentes del sistema climático debido a la contaminación atmosférica que produce, por lo cual no asume una responsabilidad y esta es asumida por los habitantes quienes

deberán hacer frente a estas externalidades mediante costos económicos sociales y ambientales.

Esta discusión ha llevado a los países a lograr una internalización de estos costos económicos sociales y ambientales, y que tienen un origen en las teorías del economista Arthur Pigou (1920), considerado el padre de la economía del bienestar quien habló sobre la posibilidad de conflicto que surge de las actividades propias del ser humano y de la economía. Las consecuencias de las actividades antropogénicas, generan consecuencias directas sobre el bienestar social, económico y natural, por lo que atender este desafío implica un marco normativo que regule dichas actividades.

Arthur, propone dentro de un marco normativo una serie de instrumentos enfocados a las causas ambientales que operan y que tienen un efecto directo sobre el equilibrio ambiental, alterando de forma permanente su equilibrio. El análisis de las causas, resulta complejo, ya que parte de un sistema complicado como lo es los componentes del sistema climático que trabajan en conjunto manteniendo condiciones aptas para la vida.

Por ello el autor señala dos formas en que las decisiones tanto de consumidores como de productores pueden resultar en efectos negativos sobre el bienestar en general, y que constituyen las causas de los desequilibrios ecológicos, a partir de aquí podemos aplicar ciertas normas sobre las fuentes que originan estos efectos, y con ello generar mecanismos que permitan internalizarlos.

El autor, señala dos tipos de bienestar no económico, el primero, referente a la forma en que se obtienen los ingresos, es decir sobre la calidad de vida principalmente de la población que se dedica al sector primario quienes verán afectado su ya de por sí precaria seguridad económica, en comparación con otros sectores, quienes impulsan mediante sus decisiones de consumo a situaciones que ponen en peligro este equilibrio. El segundo punto que tiene que ver con la forma en la que se gastan los ingresos generados y cómo influye en los sectores a los que se destina dicho ingreso, estos pueden tener cierto efecto de degradación o cierta influencia positiva (Pigou, 1920, p. 17-14).

Las decisiones tanto de consumidores como productores se encuentran orientadas a lograr su propio bienestar no económico, lo que los impulsa a realizar acciones que afectan el equilibrio ambiental de la tierra, de forma consciente o inconsciente. Por ello se ha propuesto el uso de instrumentos enfocados en internalizar y minimizar los desequilibrios ambientales, estos instrumentos también denominados impuestos pigouvianos (en honor a Arthur Pigou) o impuestos verdes, por el objetivo específico de estos.

La diferencia de los impuestos con los impuestos verdes radica en el objetivo de cada uno, el primero busca recaudar fondos para financiar gastos, mientras que el segundo tiene como objetivo reducir o desincentivar aquellas actividades que impliquen un impacto negativo al medio ambiente, mediante la aplicación de un costo que permita internalizar los impactos económicos y ambientales. Es por ello que el uso de impuestos pigouvianos es más de tipo regulatorio que recaudatorio, al enfocarse principalmente en disminuir actividades que resulten perjudiciales o en desequilibrios ecológicos, como el actual cambio climático.

Una vez que se encuentran definidas las decisiones de bienestar no económico que influyen en los desequilibrios ecológicos, desde el punto productivo y de consumo, se puede proceder a la aplicación de instrumentos verdes, enfocados a disminuir actividades que representen un peligro a los componentes del sistema climático. Esta aplicación, reduciría considerablemente los niveles de descompensación ecológica que existen actualmente, y que han provocado el cambio climático.

Este contexto de instrumentos verdes, fue retomado por el economista Ronald H. Coase (1960) quien realiza aportaciones al tema de la economía del bienestar, que trata cuestiones referentes a la eficiencia de la economía en pro del bienestar social. Sus aportaciones sobre los desequilibrios ecológicos, ejemplifica los desacuerdos que existen entre el objetivo final de los productores con respecto al costo social que genera.

Con el ejemplo anterior, el autor considera dos personas, A y B. El sujeto A en este caso es la empresa productora que genera efectos negativos sobre el sujeto B (sociedad), los efectos

que se generan sobre sujeto B, pueden revertirse mediante una reducción en las actividades de B, pero implica un perjuicio para este. Con ello surgen las interrogantes sobre qué resulta más perjudicial, restringir a A o B.

A partir de aquí el autor incluye otro factor, los costos de restricción sobre sujeto A y B que buscan desincentivar ciertas actividades. Para ello los costos, deberán ir acompañados de transacciones de mercado entre ambas partes, que incluyan acuerdos legales, pero esto implica situaciones complejas, y altos costos de transacción. El reordenamiento de los derechos legales entre ambas partes (acuerdo) se llevará a cabo sólo cuando el valor de las actividades (producción) sea mayor a consecuencia del reordenamiento y los costos por transacciones en el mercado sean menores en comparación con incurrir por este hecho, (Coase, 1960, p. 98).

De esta forma, Coase propone “acuerdos” entre ambas partes, como medida de solución a los desequilibrios ecológicos que implican las actividades humanas, solo cuando no se incurra en altos costos derivado de lograr convenios entre ambas partes, en caso contrario, deberá optarse por aplicar costos a las actividades que representen una amenaza para los componentes del sistema climático y la sociedad.

Por su parte, lograr la eficiencia en los acuerdos, implica que el marco normativo debe contar con una delimitación en los derechos legales de cada parte, lo que requiere de instituciones sólidas capaces de lograr un efecto directo en el sistema económico. De esta forma, al existir instituciones sólidas, se genera un impacto directo sobre el objetivo beneficiando ambas partes del acuerdo.

Sin embargo, desde la perspectiva más específica, el marco legal y fiscal deberá estar relacionado con la política ambiental, no obstante, “en la mayoría de los países no existe una plataforma jurídico institucional operativa, que permita a las autoridades ambientales y fiscales llevar adelante en forma conjunta propuestas integradas de políticas e instrumentos económicos orientados a objetivos ambientales” (Acquatella, 2005, p. 26).

Lo anterior implica que la mayoría de las instituciones reguladoras no cuentan con un marco legal e institucional adecuado en los diferentes niveles de gobierno, tanto a nivel nacional como local, lo que supone un reto al cumplir los objetivos ambientales al menor costo social. El alcance de estos objetivos debe comprender una unión entre las instituciones y la política ambiental, a fin de lograr los objetivos establecidos.

La conjunción de objetivos económicos con el bienestar social y ambiental, implica una alianza entre las instituciones enfocadas a lograr un desarrollo sostenible. La aplicación de impuestos pigouvianos o acuerdos implica en ambos casos medidas que buscan asignar un costo a las actividades que representan un peligro para el bienestar social.

Se define como desarrollo sostenible al “desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las propias”, (WCED, 1987, p. 1). De forma que los instrumentos ambientales de Pigou y Coase tienen el objetivo de internalizar los impactos ambientales derivados de las actividades humanas mediante el sistema de precios. De manera que se logre disminuir las actividades de producción y de consumo en beneficio de las generaciones presentes y futuras.

Conclusión:

A lo largo del capítulo se detalló la complejidad en el origen del cambio climático, siendo este un proceso que tiene un comienzo natural que es derivado de las actividades humanas provocando de esta manera el aumento de la temperatura y sus efectos en el clima. De lo anterior se observa como el desbalance en alguno de los componentes del sistema climático repercute de igual o mayor magnitud sobre el resto, dificultando así la mejora o la restauración ambiental.

Por otro lado, las diferencias económicas entre los países han dificultado lograr un desarrollo sustentable, lo que en un futuro tendrá efectos negativos sobre el mundo, ya que los componentes del sistema climático se encuentran interrelacionados entre sí. Por ello es importante que los países subdesarrollados tomen en cuenta sus limitantes económicas al momento de lograr objetivos globales de sustentabilidad ambiental.

CAPÍTULO 2

En el apartado anterior se describieron las causas y los efectos que ocasiona el cambio climático con el objetivo de conocer el panorama actual, la complejidad de la problemática ambiental, y las posibles soluciones que puedan estar encaminadas a lograr un desarrollo sustentable.

En el presente capítulo se exploran las condiciones actuales en las que se encuentran los países, evaluando si la calidad en su situación ambiental se posiciona en un nivel bueno o malo, a partir de ello se pueden establecer consensos que busquen un balance entre las decisiones tanto de consumo como de producción que afectan a los componentes del sistema climático. La presente evaluación se apoya de una serie de indicadores de desempeño ambiental que monitorean el actuar de las economías y sirve de apoyo en la ejecución de políticas ambientales.

Las políticas ambientales que cada país implemente deben de coincidir con las metas ambientales internacionales cuyo objetivo principal considera una serie de acciones enfocadas a mitigar el cambio climático. La integración y el establecimiento de metas ambientales internacionales buscan una integración de todas las economías, logrando con ello una transferencia no solo de tecnología si no de financiamiento que permita a los países subdesarrollados cumplir con sus objetivos en desarrollo sustentable.

En el caso de México, así como en la mayoría de los países, las metas ambientales se encuentran sustentadas sobre todo en políticas de impuestos ambientales. Donde cada tarifa tiene un objetivo en particular basado en las condiciones económicas y sociales de cada país, es aquí donde mediante indicadores se evalúa si dichas políticas tienen un efecto real en la mitigación del cambio climático o cuál es su impacto de forma real.

MÉTRICAS Y ACCIONES DE MITIGACIÓN

2.1 Cambio climático

El cambio climático es el efecto actual más importante de las actividades humanas sobre la tierra, asociado a una tendencia alcista en las emisiones de gases de efecto invernadero y un incremento en la transformación y contaminación de los componentes del sistema climático que ha generado importantes cambios en los ecosistemas encargados de regular el clima y la temperatura. La importancia del equilibrio además de mantener condiciones climatológicas adecuadas es que permite lograr condiciones habitables tanto para la flora y fauna como para la vida humana.

La variabilidad climática, ha sido objeto de discusión en los últimos años principalmente, se asocia a un incremento en la temperatura, efectos climatológicos extremos, y pérdida de hábitat aunado a los daños económicos y sociales que representa. Por ello las medidas de políticas ambientales han sido puestas a debate como posible solución al cambio climático, muchas de estas propuestas de política han sido implementadas por países alrededor del mundo, como posible respuesta de adaptación y mitigación al cambio climático. Las políticas ambientales requieren del diseño de metas ambientales congruentes con las condiciones económicas y sociales de la región.

El diseño de políticas requiere principalmente de información para la construcción y diseño de medidas congruentes sobre qué y cómo se llevará a cabo la implementación de estas, para ello se apoya de bases de datos, estadísticas, entre otras fuentes de información que permita a las autoridades analizar el impacto de las actividades humanas sobre el ambiente y sus posibles soluciones a problemáticas mediante indicadores ambientales. Estos indicadores ambientales no son más que “una medida cuantitativa, contra la cual se pueden evaluar algunos aspectos del desempeño de las políticas. Por esa razón, los Indicadores de Desempeño Ambiental constituyen verdaderas señales para la sostenibilidad. Estos indicadores EPIs (por sus siglas en inglés) establecen medidas consensuadas que ayudan a monitorear los cambios en el ambiente, por lo que su relevancia para la gestión pública ambiental es fundamental” (Quiroga, 2007, p.22).

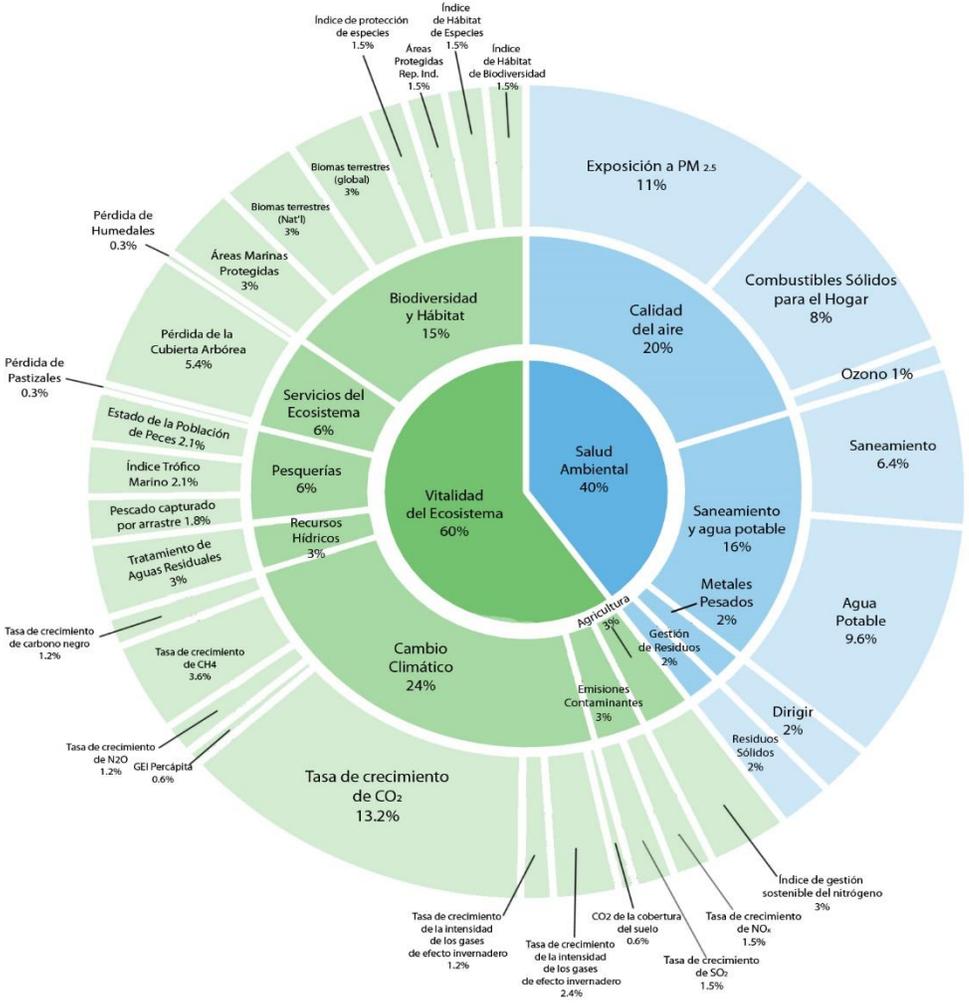
Los indicadores de desempeño ambiental (EPIs), permite a las autoridades monitorear cambios en los ecosistemas, y sobre ello diseñar políticas acordes a los efectos que tiene la actividad humana sobre el ambiente, evitando así el deterioro ambiental. Sin embargo, la construcción de indicadores requiere de información robusta y constante que permita recabar el mayor número de datos, que se traduzca en indicadores confiables y aplicables a cada nivel de gobierno, con el objetivo de facilitar la toma de decisiones de las autoridades. Actualmente uno de los indicadores de desempeño ambiental más importante es el construido por el Centro de Política y Ley Ambiental de la Universidad de Yale en conjunto con la Red de Información del Centro Internacional de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Columbia.

El EPIs desarrollado por la Universidad de Yale, además de ser una herramienta importante para la evaluación del desempeño ambiental permite conocer una extensa cantidad de información relacionada con el cambio climático. Este indicador permite comparar la parte ambiental con la parte social mediante categorías que facilitan cotejar con una variedad de temas, y hacer más visible la correlación entre estos. Como observamos anteriormente el cambio climático tiene efectos diversos y complejos que tienen origen en las inestabilidades de los componentes del sistema climático derivado de las actividades humanas que dificultan mantener un proceso radiativo normal. Es precisamente estos componentes y la manera en que se interrelacionan lo que genera condiciones de equilibrio climático estables, sin embargo, cualquier modificación en alguno de estos impacta en igual o menor magnitud al resto de componentes por lo que el estudio del EPIs permitiría observar la dimensión del efecto que tienen las actividades humanas sobre estos.

El EPIs (Environmental Performance Index), proporciona en datos el estado de la sostenibilidad en todo el mundo. Los datos se encuentran divididos en 32 indicadores de desempeño en 11 categorías de problemas, y clasifica a 180 países en dos principales indicadores: salud ambiental y vitalidad del ecosistema. La salud ambiental mide los efectos de la contaminación en la calidad de vida de la población mientras que la vitalidad del ecosistema mide la protección y administración de estos. El EPIs permite comparar a los

países que se encuentran mejor posicionados en el mundo en cuestión de objetivos de política ambiental, y con ello servir de instrumento de apoyo en la orientación a mejoras para lograr un desarrollo sostenible de largo plazo. A continuación se muestra de manera gráfica la cantidad de información que retoma el EPI y por lo cual, se eligió como indicador por su enorme cantidad de información y perfil actualizado.

Figura 5
Estructura del EPI 2020



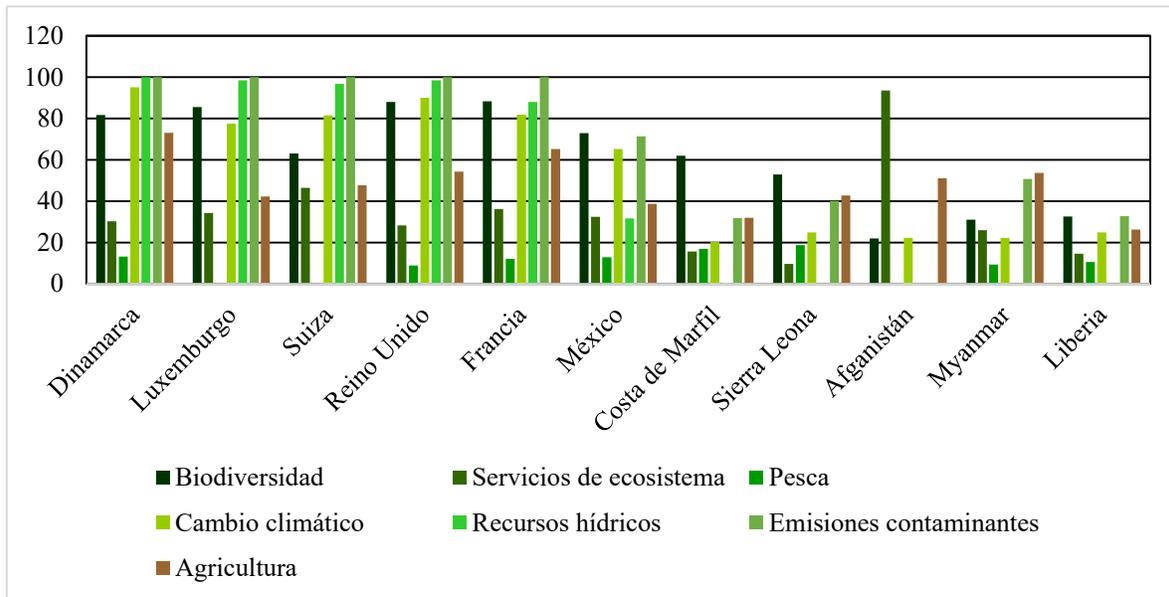
Fuente: Tomado de EPI (2020).

Las categorías de problemas e indicadores muestran un porcentaje (%) que representa el peso que se le asigna a cada tema, sin embargo, la demostración de datos permitiría ver la relación que existe entre todas las categorías, independientemente de la importancia concedida a cada tema. Este indicador cuenta con un puntaje que va de 0 a 100 donde el primero hace referencia al peor desempeño en política ambiental y el segundo, muestra a los países que más cerca se encuentran de lograr un desarrollo sostenible de largo plazo. Este indicador se publica de manera bianual, y la metodología utilizada es distinta cada año por lo que no existe una comparación entre una publicación y otra. Para objeto de este estudio, nos enfocaremos en mostrar los primeros cinco países que más cerca se encuentran de lograr un desarrollo sustentable de largo plazo, y los 5 peores más el caso de estudio México. El EPI no incluyo dentro de sus estadísticas los efectos causados por el incendio en Australia, la situación epidemiológica causada por el SARS-CoV-2 y la quema del Amazonas por lo que los datos disponibles para el año 2022 incluirán los efectos anteriormente mencionados.

A continuación, se presentan el indicador de Vitalidad del Ecosistema, que representa el 60% de la conformación del EPI dividido en 7 categorías que concentran 25 indicadores de los 32 totales. Este indicador, mide el estado de los recursos naturales, los servicios y emisiones de gases de efecto invernadero principalmente a fin de observar si la gestión y protección de recursos a través de políticas ambientales es la más adecuada. Los países se encuentran ordenados de izquierda a derecha de mejor a peor desempeño, es decir Dinamarca es el país número 1 y Francia el 5 mientras que Costa de Marfil se ubica en el 176 y Liberia en la posición 180, más el caso de estudio México que se encuentra en la posición 51.

Gráfica 2

Vitalidad del Ecosistema



Fuente: Elaboración propia con datos del EPI (2020).

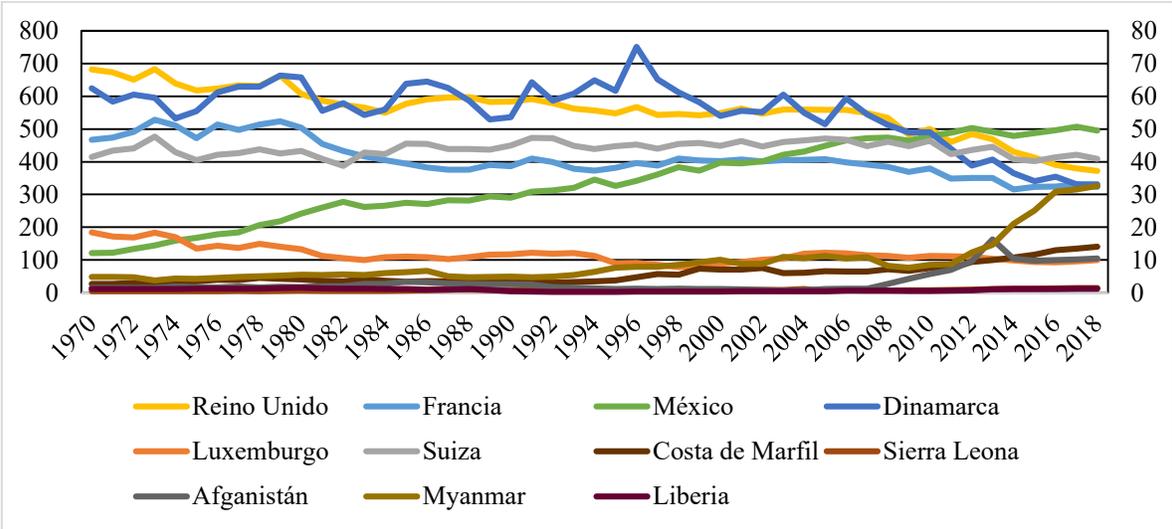
La gráfica 2, muestra la Vitalidad del Ecosistema, donde se muestra una comparación entre los países que se encuentran más cercanos a sus objetivos ambientales, con puntajes altos en su mayoría mientras que los países con peor desempeño en administración y protección de recursos muestran puntajes entre 20 y 40. El caso de México oscila entre 12 y 80 puntos, lo que explica que la gestión de recursos no ha sido la mejor respecto a los 5 mejores países cuyo límite máximo es cercano a 100 puntos. La categoría más importante del indicador Vitalidad del Ecosistema es el cambio climático que representa el 24%, encargado de medir los niveles de emisiones de CO₂, N₂O, GEI y CH₄ y que representan el problema de mayor importancia a nivel mundial por sus efectos en la temperatura y el clima.

El cambio climático forma parte de una categoría de problemas dentro del EPIs y que para su construcción requiere de información sobre las principales emisiones de gases de efecto invernadero causantes del cambio climático como en el caso del CO₂. Este gas es el más conocido por sus efectos sobre el clima y la temperatura, se encuentra presente de manera natural y antropogénica en la troposfera, no obstante, su incremento derivado de las actividades humanas ha generado una serie de desequilibrios ecológicos. Además de ser el

principal causante del cambio climático por su característica de atrapar la radiación solar en la tierra, es considerado un gas de larga duración en razón de lo cual sus efectos pueden permanecer por más tiempo a pesar de ser disminuidos. Para observar la tendencia en emisiones se muestra la gráfica 3 que va del año 1970 al 2018, medido en megatoneladas, por lo que existe un desajuste comparativo respecto al EPI 2020, sin embargo, muestra las tendencias de más de 40 años y el impacto que tiene la acumulación y duración de este gas.

Gráfica 3

Emisiones de CO2 de 1970-2018 en Megatoneladas de CO2



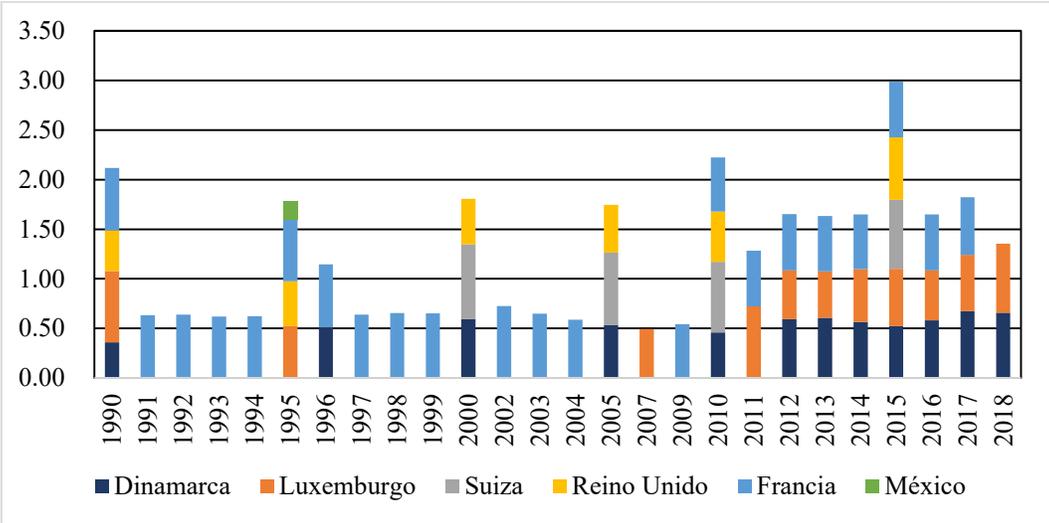
Fuente: Elaboración propia con datos de la Comisión Europea (2019).

La gráfica anterior muestra que las tendencias en emisiones de Francia, Reino Unido y México son altas, pese a realizar acciones de mitigación en los GEI, que han ido decreciendo de manera paulatina, en comparación con países como Dinamarca, Suiza, Luxemburgo, Costa de Marfil, Sierra Leona, Afganistán, Myanmar y Liberia que muestran una cantidad de emisiones menores. La duración de estos gases hace que resulte casi imperceptible observar si las regulaciones aplicadas por los países han sido las más adecuadas, cabe resaltar que los países con peor desempeño ambiental, muestran una tendencia muy baja de emisiones pero que en conjunto con el resto de categorías que analiza el EPI, influyen en que su desempeño ambiental sea malo.

La vitalidad de los ecosistemas además de medir el cambio climático evalúa si la gestión de los recursos es la más adecuada, por lo que se recopiló la información de las cuentas ambientales de la OCDE, que permite observar el desempeño en la administración de los recursos forestales, ya que es la información más completa y precisa respecto a la administración de otros recursos y que cuenta con una base de datos que va del periodo de 1990 a 2018 para obtener una visualización más amplia de su evolución a lo largo del tiempo.

Gráfica 4

Uso intensivo de recursos forestales de 1990-2018, medido en proporción



Fuente: Elaboración propia con datos de la OCDE.

La gráfica muestra los cambios que existen en términos de volumen en el uso intensivo de recursos forestales, por causas relacionadas principalmente con la actividad humana, “es resultado de la expansión de las zonas agrícolas, ganaderas y urbanas, así como de la construcción de redes de transporte, u otro tipo de infraestructura o por la explotación minera. Este cambio de la cubierta forestal ha ocasionado dos impactos: la reducción del área de las masas forestales y el deterioro de la calidad de las áreas remanentes por los efectos de la fragmentación” (SEMARNAT, 2018).

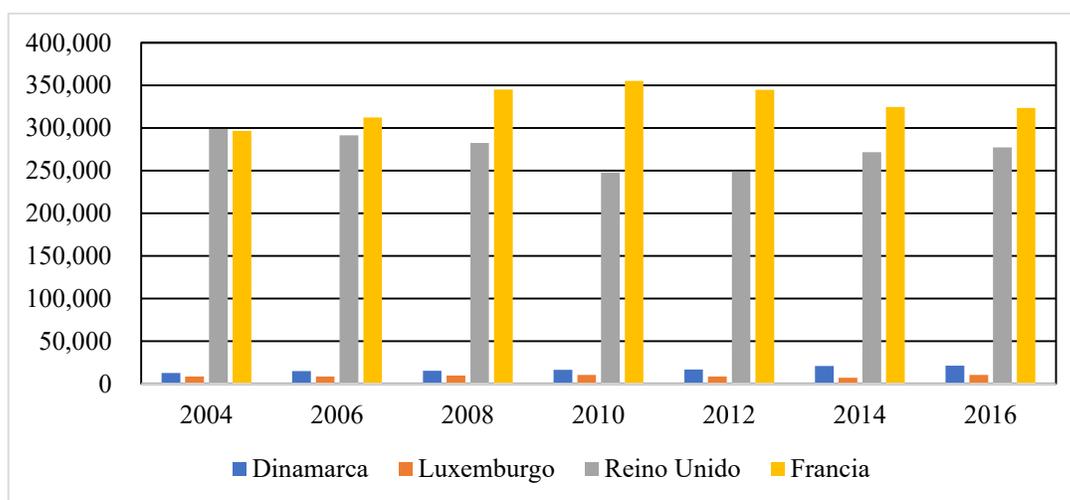
Los datos se encuentran disponibles para los países con mejor desempeño ambiental y el caso de estudio México. Observamos que existe una tendencia alcista en el uso intensivo de recursos forestales, que forma parte de los componentes del sistema climático en específico

de la biosfera y que comprende el conjunto de flora y fauna terrestre y oceánica encargada de regular la temperatura, por lo que cualquier desequilibrio impactaría no solo en la pérdida de áreas forestales si no en el resto de componentes, ya que “la biosfera influye en el balance de dióxido de carbono en la atmósfera y océanos a través de la fotosíntesis, la respiración animal y todas las emisiones de CO2 asociadas a las actividades del ser humano al determinar las propiedades fundamentales del clima, tales como la distribución de temperaturas y del agua en la superficie del planeta”, (Martin, p. 9, 2016).

Los recursos forestales, se encargan de regular un sin fin de elementos en la tierra por lo que la disminución en estos recursos impactaría de manera negativa en otros componentes como la hidrosfera que comprende ríos, lagos, océanos etc. y en general cualquier forma de agua líquida en la tierra por lo que un aumento en la temperatura causaría un acelerado evaporamiento del agua. Este aumento también repercutiría sobre las formas sólidas de agua como la criosfera por la pérdida y desprendimiento de glaciares lo que elevaría aún más el nivel del mar ocasionando la muerte y extinción de vida incluyendo a los seres vivos por la pérdida de superficie terrestre, sin contar las pérdidas económicas que esto representa.

Gráfica 5

Generación total de residuos del sector primario y manufactura 2004-2016, medido en miles de toneladas



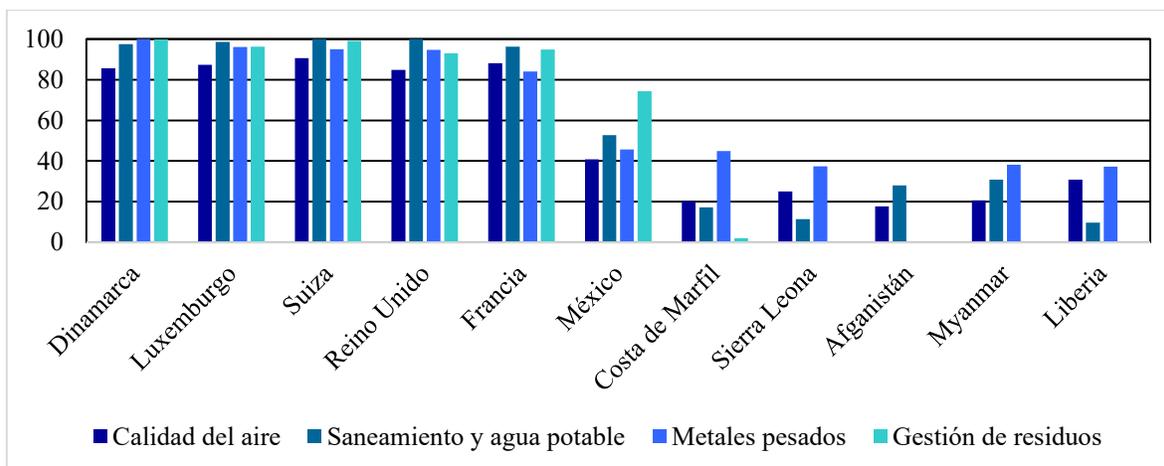
Fuente: Elaboración propia con datos de la OCDE.

La gráfica 5 muestra la generación de residuos de manera bianual, donde existe un aumento sobre todo en países como Reino Unido y Francia, mientras que países como Luxemburgo y Dinamarca muestran cantidades muy pequeñas, estas diferencias son de importancia para el análisis ya que a pesar de que se encuentran en el top 5 de mejor desempeño ambiental, la generación de residuos es alta. Los sectores que toma en cuenta la OCDE para construir este indicador son agricultura, minería, canteras, industria manufacturera, producción de energía, depuración, distribución de agua y construcción, que son sectores importantes para el funcionamiento de una economía, pero que, sin embargo, han generado un incremento en la contaminación que la mayor parte de los gobiernos no ha logrado reducir o gestionar de manera más eficiente.

La generación de residuos en países como Reino Unido y Francia es alta, quienes ocupan la posición número 4 y 5 del EPIs, y que impacta negativamente sobre la atmosfera terrestre, hidrosfera, criosfera y biosfera, ya que la contaminación de estos sectores no solo genera residuos sino también emisiones de gases de efecto invernadero que incrementan la temperatura y la aparición de eventos climatológicos extremos. La modificación de los componentes del sistema climático, modificará la existencia de flora y fauna tanto terrestres como marinas y como consecuencia tendrá un efecto en la salud de la población, por lo que el EPIs busca medir los efectos que tiene la contaminación a través del indicador de Salud Ambiental.

Gráfica 6

Salud Ambiental

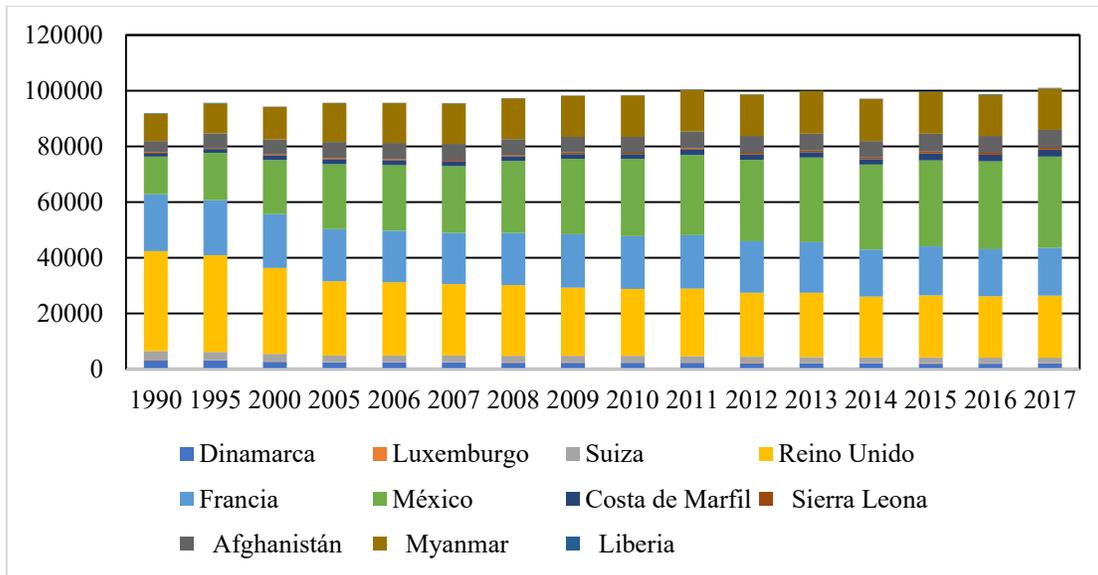


Fuente: Elaboración propia con datos del EPI (2020).

La gráfica 6, muestra el indicador de Salud ambiental que representa el 40% del EPI, dividido en 4 categorías y que agrupa 7 indicadores de los 32 totales. La Salud Ambiental mide los efectos de la contaminación sobre el ser humano, y permite a las autoridades verificar el éxito o fracaso de sus políticas ambientales, los países con mejor desempeño muestran un puntaje entre 90 y 100 mientras que países con un mal desempeño como México muestran puntajes menores a 50, lo que se ve reflejado en las tasas de mortalidad y morbilidad de la población. La OMS define a la Salud ambiental a todos los factores externos de una persona, que inciden en la salud, y que buscan crear condiciones favorables de desarrollo y prevención de enfermedades relacionadas con el ambiente. Sin embargo, con la tendencia alcista en las emisiones de gases de efecto invernadero y la modificación de los componentes del sistema climático se ha efectuado un incremento en las tasas de mortalidad y morbilidad de enfermedades relacionadas con el ambiente.

Gráfica 7

Muertes prematuras de 1990 a 2017, medido en números



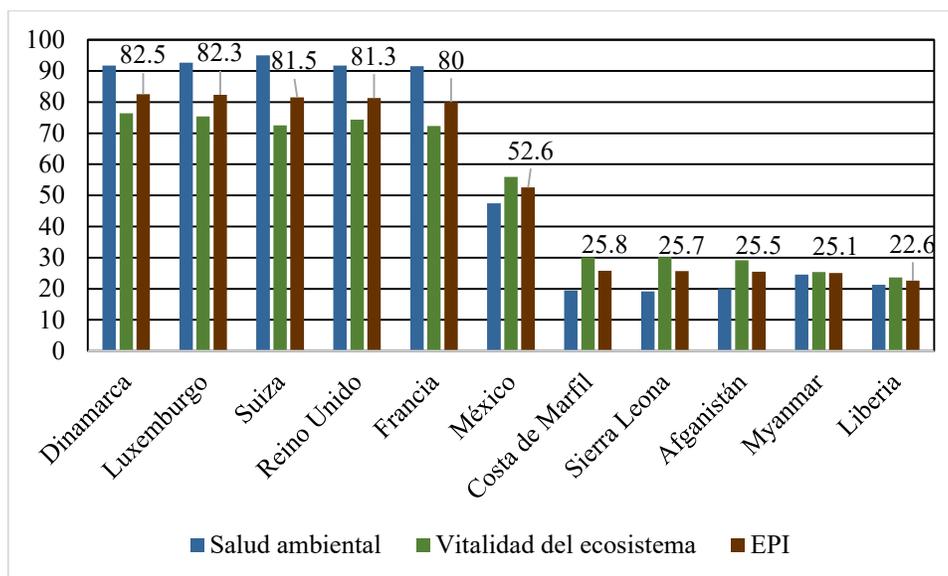
Fuente: Elaboración propia con datos de la OCDE.

La anterior gráfica muestra el incremento en el número de muertes prematuras relacionadas con materia particulada ambiental presente en el aire es decir por la exposición a GEI. Si comparamos la gráfica de Salud ambiental y las muertes, presenta una relación visible del efecto que tiene la mala calidad del aire sobre el nivel y calidad de vida de la población. “Los entornos insalubres, la contaminación intra-domiciliaria, el saneamiento deficiente, la disposición inadecuada de desechos, el agua contaminada, los vectores de enfermedades, la radiación ultravioleta y los ecosistemas degradados son factores ambientales de riesgo importante para la vida”, París *et.al*, (2009).

Los países con limitada o nula gestión ecológica son los más perjudicados por muertes prematuras relacionadas con la salud ambiental. Esto contribuye a la generación de mortalidad y morbilidad que afectan sobre todo a poblaciones más vulnerables como infantes y personas adultas quienes desarrollan un mayor número de enfermedades respiratorias. Aquellas zonas urbanas con mayor degradación ambiental presentaran niveles de mortalidad y morbilidad más altos respecto a otras zonas cuya estabilidad en los componentes del sistema climático sea más estable. Finalmente, una vez explicado los dos principales indicadores del EPIs, vitalidad del ecosistema y salud ambiental se procede a realizar una comparación del efecto que tiene la gestión sobre la calidad de vida.

Gráfica 8

Puntaje de Salud Ambiental y Vitalidad del Ecosistema 2020



Fuente: Elaboración propia con datos del EPI (2020).

La grafica 8, muestra los principales indicadores del EPI: Salud Ambiental (40%) y Vitalidad del Ecosistema (60%). Como se observa el Índice de Desempeño Ambiental, muestra diferencias pronunciadas entre los países con mayor y peor desempeño. La gestión de recursos y protección impacta directamente sobre la calidad de vida y el bienestar ambiental, al existir políticas ambientales deficientes se generan problemáticas entorno a la sociedad, la economía y el ambiente, sin embargo, si la gestión ambiental es la correcta se desarrollan objetivos sustentables para el futuro combinados con metas económicas y sociales.

El desempeño ambiental es bastante distinto entre países, por ejemplo, los países con mejor desempeño son en su mayoría países desarrollados que cuentan con un nivel de ingreso alto, mientras que los países con el peor desempeño son países subdesarrollados, como es el caso de México. El subdesarrollo, entonces se convierte en causa y consecuencia del cambio climático, ya que forma parte de un círculo vicioso que impide a los países mejorar sus condiciones ambientales, sociales y económicas, lo que disminuye su actuación en temas ecológicos. Además, el EPI, muestra diferencias en la recolección de datos, por ejemplo, en países subdesarrollados se encuentran con ausencia de información en la mayor parte de los 32 indicadores, ya que resulta un gasto económico alto para el gobierno realizar estudios y

mediciones sobre cambio climático, gestión y protección de recursos mientras que los países desarrollados destinan gran parte de sus ingresos a la recopilación de datos que resultan necesarios para el diseño de políticas.

Sin embargo, aun cuando la gestión de recursos es la correcta, los resultados no suelen verse reflejados de manera inmediata sobre todo en políticas relacionadas con la mitigación de gases de efecto invernadero que perduran en la atmosfera por mucho tiempo y que dificultan mantener condiciones estables de temperatura y clima. Además de que cualquier política por buena que sea, requiere la integración de todos los países y niveles de gobierno enfocados a revertir el cambio climático y sus efectos, ya que como se observó en este apartado existe una correlación en los componentes del sistema climático por lo que alguna variación en alguno de estos sistemas impactaría en igual o menor magnitud al resto sin importar si algunos países realizaron mejor gestión que otros.

2.2 Metas ambientales internacionales

Las metas ambientales, tienen como objetivo lograr la sustentabilidad ambiental, mediante una serie de normativas que buscan lograr la integración de los tres pilares: crecimiento económico, equidad y sustentabilidad ambiental, estos pilares conforman la base en un 80% para un desarrollo sustentable que pueda perdurar en el tiempo. Las metas ambientales, requieren la integración de distintos niveles de gobierno a fin de lograr mejores resultados por lo que requieren de la construcción de indicadores ambientales, que ofrecen información sobre cambios en el clima, ecosistemas y el medio ambiente en general. La información recabada de los indicadores permite conocer el impacto ambiental, como el caso del EPI y ofrece alternativas con objetivos o metas más reales, encaminadas a lograr la eficiencia y eficacia ambiental.

Las metas ambientales tienen como objetivo lograr un desarrollo sustentable acorde con las condiciones económicas, sociales y ambientales, su planeación y ejecución requiere de una fuente de información constante que alimente las bases del proyecto, sobre todo cuando se habla de equidad, ya que cada país deberá hacerse responsable del daño causado y no transferir sus problemáticas o posponerlas a otros países, por ello a nivel internacional existe

un consenso que obliga a las economías a realizar modificaciones en sus planes económicos y sociales a fin de incluir mejoras ambientales enfocadas a lograr un desarrollo sustentable y que deberán modificarse constantemente como las fuentes de información lo muestren. Las fuentes de información deberán ser realizadas por cada país, ya que sus características, económicas y sociales son distintas lo que implica ajustar sus metas a las metas internacionales.

La información obtenida, por ejemplo, mediante indicadores ambientales como el EPIs, son una herramienta importante como instrumento para el desarrollo de políticas ambientales “instrumentos verdes” encargados de regular actividades que resulten perjudiciales para el ambiente. En países subdesarrollados existe cierta problemática respecto a la cantidad de información recaudada ya que resulta costoso realizar investigaciones ambientales, lo que puede limitar su capacidad de actuación, sobre todo porque a mayor cantidad de indicadores ambientales se tenga, mayor es la recaudación de información y mejor será la aplicación de estos, la investigación de temas ambientales dependerá en gran medida de las metas ambientales que han sido adoptadas por los países. Las metas ambientales, pueden abarcar uno o varios indicadores, de acuerdo con Manteiga (2000) existen 3 tipos de indicadores:

- Indicadores de evaluación ambiental: Reflejan el estado del medio ambiente en relación a una preocupación ambiental, la presión que este soporta y la respuesta social (cambio climático, eutrofización, pérdida de biodiversidad, etc.), o por grandes sistemas ecológicos (agua, atmósfera, suelo, etc.).
- Indicadores de integración sectorial: Informan sobre la interrelación entre los efectos ambientales sectoriales (agricultura, turismo, transporte, etc.) y las condiciones ambientales.
- Indicadores de integración económica: Informan sobre el coste ambiental asociado a la actividad económica.

Las metas ambientales internacionales agrupan los tres pilares del desarrollo sustentable: económico, ambiental y social. La integración de estos pilares permite a los países aplicar medidas acordes a sus necesidades y que al mismo tiempo garanticen el equilibrio en los

componentes del sistema climático, económico y social. Estas metas ambientales ofrecen las pautas a los países para acceder a financiamiento internacional y apoyo sobre todo en el caso de los países subdesarrollados quienes cuentan con una cantidad de recursos limitada. La cooperación entre países resulta importante cuando de lograr objetivos ambientales se trate, ya que entre mayor sea el número de países que se integren a los objetivos verdes, existen menos probabilidades de que estos transfieran sus problemas al resto de países, además de lograr una mejor coordinación entre el uso y aprovechamiento de los recursos que ha generado desequilibrios ecológicos el más importante el cambio climático.

Las metas ambientales internacionales, buscan servir de apoyo a países que cuentan con limitantes económicas y que buscan lograr mejoras ambientales pero que muchas veces les resulta complicado ya que resulta costoso e inviable. Además, impone autoridad sobre los países al obligarlos a incluir planes de desarrollo sustentable si quieren seguir formando parte de consensos internacionales, acceder a financiamiento o tener prioridad respecto a otros países. Los objetivos ambientales buscan lograr una mayor integración de países, ya que a mayor cooperación mejores resultados se podrán obtener y que de lo contrario las problemáticas ambientales jamás tendrán solución y tarde o temprano afectaran a todos sin importar si algunos países realizaron mejoras ecológicas en sus planes de desarrollo.

En el plano internacional, las metas ambientales se encuentran enfocadas principalmente a mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero causantes del cambio climático, su origen se encuentra en 1993 año en que se ratificó la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático, al firmar y ratificar el Protocolo de Kioto de dicha Convención. Los principales puntos del Protocolo, contienen una serie de mecanismos de mercado para facilitar el cumplimiento de los compromisos de mitigación y de desarrollo sustentable en los países en desarrollo:

- **Comercio de Derechos de Emisiones o Sistema de Comercio de Emisiones (SCE):** Se basa en el principio de “tope y comercio” (‘cap and trade’). Consiste en establecer un tope máximo sobre las emisiones totales de uno o más sectores de la economía que debe de ser reducido cada año, (Senado de la República, 2012).

- **Implementación Conjunta y Mecanismo para un Desarrollo Limpio:** Permite que un país, implemente un proyecto de reducción de emisiones y obtenga Unidades de Reducción de Emisiones, (ERUs) vendibles y utilizadas por países industrializados para cumplir su reducción de emisiones equivalentes a una tonelada métrica de CO₂e, (ITESM, 2012).
- **Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL):** Es un procedimiento por el que países desarrollados pueden financiar, en países en desarrollo, proyectos de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y recibir a cambio Certificados de Reducción de Emisiones (ton. CO₂e) aplicables a su propio compromiso de reducción (SEMARNAT, 2016).

Sin embargo, el Protocolo de Kyoto tiene su conclusión para el año 2020, por lo que hizo necesaria la rectificación de nuevas metas internacionales, por ejemplo, la cooperación entre los distintos bloques económicos que contempla la XXI Conferencia sobre Cambio Climático COP 21, que tuvo lugar en el año 2015, y que estableció el Acuerdo de Paris, el más importante hasta el momento y que contempla alrededor de 55 países el cual se tiene previsto iniciar para el año 2020, cuando finalice el Protocolo de Kioto. Entre los objetivos que se plantean de acuerdo con la Comisión Europea (2019) se encuentran:

- Mantener en el largo plazo el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C sobre los niveles preindustriales.
- Limitar el aumento a 1,5 °C, lo que disminuirá los riesgos y el impacto del cambio climático.
- Que las emisiones globales alcancen su nivel máximo cuanto antes (en los países en desarrollo el proceso será más largo).
- Aplicar después rápidas reducciones basadas en los mejores criterios científicos disponibles.

El Acuerdo de Paris, busca principalmente reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, que causan efectos negativos sobre la propiedad, los ecosistemas, sectores económicos, bienestar humano y un incremento en riesgo de desastres, sin contar los

incrementos en la temperatura, cambios climatológicos extremos, modificaciones permanentes o temporales en los componentes del sistema climático y el más importante el cambio climático. Este acuerdo busca apoyar a los países a afrontar el mayor peligro ambiental que existe producto de las actividades humanas y que sobre todo en países subdesarrollados se rompan los círculos viciosos que impiden lograr un desarrollo sustentable.

Pese a que los problemas ambientales son responsabilidad de todos, existen ciertas limitantes respecto a la integración de países, sobre todo en países subdesarrollados que buscan hacer caso omiso de las metas ambientales internacionales ya que implica modificar sus planes económicos de crecimiento e incluso existen países desarrollados que evitan incluirse en los objetivos ambientales, situación que se agrava tomando en cuanto que pese a que las metas de desarrollo sustentable son importantes para mantener una estabilidad ecológica, siempre quedan en objetivos secundarios para muchos países y su retraso o salida no genera una sanción adecuada que obligue a las economías a involucrarse.

Retomando el EPI (Índice de desempeño ambiental), los países seleccionados con el mejor y el peor desempeño ambiental, más nuestro país objeto de estudio México han firmado el Acuerdo de París, tal y como se muestra en la tabla 2, hasta el año 2019, fecha donde se tiene registro de las modificaciones en los procesos de ratificación del acuerdo de los 195 países que integran dicho tratado e incluye los que son objeto de nuestro estudio.

Tabla 2

Situación del Acuerdo de París al 2019

EPI	País	Firma	Ratificación, aceptación (A), aprobación (AA), adhesión (a)
1	Dinamarca	22-abr-16	1-nov-2016 AA

2	Luxemburgo	22-abr-16	4-nov-2016
3	Suiza	22-abr-16	6-oct-2017
4	Reino Unido	22-abr-16	18-nov-16
5	Francia	22-abr-16	5-oct-2016
51	México	22-abr-16	21-sep-16
176	Costa de Marfil	22-abr-16	25-oct-16
177	Sierra Leona	22-sep-16	1-nov-2016
178	Afganistán	22-abr-16	15-feb-17
179	Myanmar	22-abr-16	19-sep-17
180	Liberia	22-abr-16	27-ago-18

Fuente: Elaboración propia con datos de Colección de Tratados de las Naciones Unidas (2019).

La Tabla 2, muestra a los países con mejor y peor desempeño ambiental de acuerdo al EPI, sin embargo, a pesar de que todos firmaron el Acuerdo de París, solo Dinamarca aprobó dicho tratado, mientras que el resto de países no ha realizado ningún cambio respecto a su proceso de adhesión. Cabe destacar que Dinamarca es el país con el mejor desempeño ambiental, ya que ha logrado gestionar y administrar sus recursos de una manera sustentable sin dejar de lado los objetivos económicos y sociales. Entre las causas que pueden ocasionar el retraso en la adhesión del Acuerdo de París se encuentra la salida de Estados Unidos en el año 2017, y que generó tensión sobre todo en los países latinoamericanos por su impacto en la disminución de transferencia tecnológica y de recursos que supondría su salida.

La salida de EU, supone a países subdesarrollados un impedimento para lograr un desarrollo sustentable, ya que, por sus limitaciones económicas, la transición hacia tecnologías limpias requiere de ingresos que son muchas veces limitados, por lo que existe incertidumbre respecto al futuro y el apoyo que recibirán. Entre otras causas que han retrasado la adhesión es la situación epidemiológica actual del SARS-CoV-2 que ha dejado a muchas economías en escenarios económicos bastante complicados, lo que centra la atención sobre otros temas como salud y economía. Además, la salida del Acuerdo por parte de Estados Unidos, puede motivar a otros países a seguir sus pasos, lo que impactaría en las contribuciones que cada país realiza a mitigar el cambio climático, y con ello se genera una transferencia de los problemas ambientales que de no atenderse afectarían a todos sin importar las acciones ambientales que generaron ciertos países. Estados Unidos se ubica en la posición número 24 del EPI, y que podría modificarse para el año 2022 fecha en que se publicará el siguiente

Índice de Desempeño Ambiental, situándose en los países con peor desempeño y que sustancialmente contribuirá a un incremento en las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial.

Como se ha visto en este apartado, la integración de los países es parte de la base fundamental para el éxito de cualquier objetivo ambiental, que debe ser tomada en serio y no ser postergada de lo contrario los efectos que el cambio climático pueda provocar serán devastadores y en algunos casos irreversibles. Está en cada autoridad generar las herramientas necesarias para hacer frente a las problemáticas actuales a fin de lograr que las actividades humanas generen un menor impacto sobre el ambiente, generando cambios de conciencia, combinados con acciones de mitigación y adaptación, planteadas desde bases sólidas y congruentes de soluciones ambientales. Los cumplimientos ambientales deberán ser incluidos en los requisitos legales a nivel internacional a fin de lograr una mejor integración y cooperación global.

2.3 Impuestos ambientales: México y el mundo

Los impuestos ambientales, sirven como mecanismo de regulación y control sobre actividades o comportamientos que puedan resultar nocivos para el medio ambiente, la diferencia de estos instrumentos verdes respecto a otros impuestos, radica principalmente en el objetivo, ya que los primeros se encuentran enfocados a disminuir los efectos negativos que generan las actividades humanas y destinar recursos al mejoramiento de aquellos lugares donde la contaminación ha modificado los componentes del sistema climático mientras que los segundos son más de tipo recaudatorio.

Las autoridades buscan disminuir las externalidades negativas provocadas por los efectos indirectos que originan las actividades humanas, y que pueden ser originadas por dos razones: consumo o producción, y que de acuerdo con Pigou y Coase son las principales causantes de que existan desequilibrios ecológicos y sobre las cuales es necesario realizar acciones de adaptación y mitigación de los problemas ambientales. Estos autores muestran dos posturas de posibles soluciones ante los efectos del cambio climático, el primero un

impuesto pigouviano que permita disminuir las actividades antropogénicas que resulten perjudiciales para el ambiente, lo que obliga tanto a la parte productiva como a la consumidora a asumir un costo que sea lo suficientemente adecuado para desincentivar sus acciones. Mientras que el segundo, busca hacer uso del marco jurídico para solucionar los problemas que puedan existir entre la sociedad y la parte productiva, solo cuando se cuente con un marco sólido que facilite las soluciones ambientales y resulte menos costoso que hacer uso de instrumentos ambientales.

La aportación de estos economistas ha sido retomada por muchos países alrededor del mundo, cada uno de ellos ha empujado una serie de instrumentos ambientales o acuerdos legales, enfocados a disminuir los efectos de la contaminación, sin embargo, cada economía es distinta por lo tanto sus problemas y metas ambientales también lo son, lo que ha hecho que exista una variedad de impuestos verdes en todo el mundo en los distintos niveles de gobierno. Para observar la variedad de impuestos ambientales que existen en el mundo se utilizó la categorización del CIEP (2017), ya que agrupa tanto a países desarrollados, subdesarrollados y latinoamericanos como es el caso de Chile y México.

Tabla 3

Tipos de impuestos ambientales

Tipo de contaminante	Descripción
-----------------------------	--------------------

Ruido	Se refiere a impuestos por niveles de ruido, especialmente, en aterrizaje de aviones.
Emisiones de CO ²	Impuestos que gravan las emisiones de CO ² .
Manejo de tierra, suelo y recursos naturales	Impuestos relacionados a la minería, uso y gozo de recursos naturales, manejo de pesquerías, manejo de desperdicio y bosques, entre otros.
Diferentes emisiones a CO ²	Emisiones de otro tipo de gases por actividades, como incineración comercial, tratamiento residual del agua, manejo de desperdicios, etc.
Vehiculares	Impuestos relacionados con vehículos, como lo pueden ser la tenencia vehicular y la importación de autos.
Productos petroleros	Incluye impuesto a gasolinas, diésel, keroseno, biodiesel y otro tipo de combustibles
Protección a la capa de ozono	Se refiere a impuestos que gravan productos que dañan la capa de ozono.
Transporte aéreo	Impuestos sobre vuelos comerciales, dependiendo de la distancia recorrida.
Consumo de electricidad	Cargo que se realiza por megawatt de consumo de electricidad industrial.
Producción de electricidad	Impuestos a la producción de electricidad.

Fuente: Tomado de García, (2017).

La Tabla anterior intenta simplificar los diferentes tipos de impuestos ambientales que existen alrededor del mundo, así como sus variantes, sin embargo, existe una gran cantidad de impuestos que han sido dejados de lado porque su aplicación se limita solo a ciertos países. Esta descripción servirá de base para describir los principales impuestos ambientales que existen en nuestros países seleccionados de mejor a peor desempeño de acuerdo al EPIs y el caso de estudio México.

Tabla 4

Tipos de impuestos ambientales en países con un buen desempeño en EPIs

País	Recursos Naturales				Residuos			Emisiones		Productos Seleccionados					Otros	
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p
Dinamarca	X	X			X	X			X	X	X	X	X	X		
Luxemburgo	X	X			X	X			X							
Suiza								X							**	
Reino Unido	X				X											
Francia		X				X			X							

Fuente: Tomado de Sandoval y Guzmán *et.al* 2008, 2006.

Nota: *Emisiones que sobrepasen los límites; **Emisiones al aire; a) Sector minero; b) Uso y explotación del agua subterránea y de superficie; c) Caza y pesca; d) Deforestación y uso de recursos forestales; e) Manejo de residuos sólidos urbanos; f) Incineración; g) Aire; i) Baterías (emisión de gases tóxicos sobre uso y producción); j) Sustancias; k) Embalaje y envasado; l) Manejo de baterías; m) Pesticidas; n) Bolsas de plástico; o) Ruido; p) Cambio en el uso del suelo.

Podemos observar que los países con mejor desempeño cuentan con impuestos ambientales sobre todo en categorías como ruido, emisiones de CO₂, manejo de tierra, suelo y recursos naturales, diferentes emisiones de CO₂, vehiculares y protección a la capa de ozono. La mayor parte de los impuestos son los contemplados por el CIEP, mientras que Dinamarca es el país con la mayor cantidad de impuestos y el mejor calificado en el EPIs, con una puntuación cercana a 100. Su buen desempeño ambiental se ve reflejado en el número de impuestos ambientales con un total de 10 de los 16 contemplados por Sandoval, su alta recaudación ha logrado regular actividades que resultan especialmente dañinas para el ambiente.

El segundo país con el mayor número de instrumentos verdes es Luxemburgo que ocupa la posición 2 del EPIs, lo que demuestra que a mayor cantidad de impuestos ambientales tenga un país mejor es su desempeño ambiental. La aplicación de impuestos ambientales, debe efectuar sus sanciones o tarifas sobre las acciones que originan los daños ambientales: consumo y producción; para que exista un éxito ambiental debe aplicarse sobre ambas causas y no solo sobre las actividades productivas. El éxito de los países se puede ver en la

evaluación del EPIs ya que han logrado construir un marco ambiental solido que se ve reflejado en sus evaluaciones.

Por su parte en el caso de México podemos ver que existe una cantidad de impuestos ambientales principalmente enfocados a disminuir los niveles de GEI sobre todo de CO₂, que han tenido un incremento importante en sectores como energía y agricultura y que forman parte importante de la economía del país. Sin embargo, el número de impuestos ambientales en países subdesarrollados es menor, considerando su falta de recursos y tecnología que impide una transición hacia energías más limpias. De acuerdo con la clasificación del CIEP, México cuenta con tres tipos de instrumentos ambientales, el primero enfocado al manejo de tierra, suelo y recursos naturales, el segundo enfocado a productos petroleros y por ultimo a vehículos. A continuación, se muestran los impuestos ambientales más importantes, que son contabilizados por la SHCP. En lo que respecta a impuestos vehiculares, México cuenta con el impuesto ISAN (Impuesto sobre automóviles nuevos), cuyas disposiciones se encuentran establecidas en la “Ley federal del impuesto sobre automóviles nuevos” publicada en diciembre de 1996, que decreta al pago de este impuesto a toda aquella persona física o moral que enajene por primera vez un automóvil del fabricante, distribuidor o comerciante, así como la importación definitiva al país. El cálculo se realizará conforme a lo siguiente:

Tabla 5

Impuesto Sobre Automóviles Nuevos (ISAN).

TARIFA

Límite inferior \$	Límite superior \$	Cuota fija \$	Por ciento para aplicarse sobre el excedente del límite inferior %
0.01	283,241.21	0	2
283,241.21	339,889.39	5,664.73	5
339,889.39	396,537.79	8,497.27	10
396,537.79	509,833.95	14,162.08	15
509,833.95	EN ADELANTE	31,156.48	17

Fuente: Ley Federal de Impuestos Sobre Automóviles Nuevos.

La siguiente categoría referente a las emisiones de CO_2 , se desglosa en impuestos a combustibles automotrices, combustibles fósiles y plaguicidas descritos en la “Ley Especial sobre Producción y Servicios” IEPS. Como se mencionó anteriormente el CO_2 es el principal gas contaminante causante del cambio climático y del incremento en la temperatura global, los sectores agrícolas y ganaderos generan más de la mitad de los GEI, emitidos a la atmósfera.

Tabla 6.

Impuesto sobre combustibles fósiles.

Combustibles fósiles	Cuota	Unidad de medida
1. Propano	7.26	centavos por litro
2. Butano	9.40	centavos por litro
3. Gasolinas y gas avión	12.74	centavos por litro
4. Turbosina y otros kerosenos	15.22	centavos por litro
5. Diésel	15.46	centavos por litro
6. Combustóleo	16.50	centavos por litro
7. Coque de petróleo	19.15	pesos por tonelada
8. Coque de carbón	44.90	pesos por tonelada
9. Carbón mineral	33.81	pesos por tonelada
10. Otros combustibles fósiles	48.87	pesos por tonelada de carbono que contenga el combustible

Fuente: Ley del Impuesto Especial sobre Producción y Servicios.

Mientras que, en el caso de los Plaguicidas, compuestos principalmente por hidrofluorocarbonos (HFCS), la tasa se aplicará conforme a la categoría de peligro de toxicidad aguda, en la forma siguiente:

Tabla 7.

Impuestos sobre Plaguicidas.

Categorías	%
1. Categorías 1 y 2	9%
2. Categoría 3	7%
3. Categoría 4	6%

Fuente: Ley del Impuesto Especial sobre Producción y Servicios.

La Tabla 8, muestra los estados que mantienen vigente el impuesto a la tenencia vehicular y en su caso el refrendo, que expresa un impuesto fijo, sobre el uso de las placas, pero que no figura dentro de los impuestos ambientales en la SHCP, de acuerdo con la Ley del Impuesto Sobre Tenencia y Uso de Vehículos.

Tabla 8

Estados que cuentan con tenencia vehicular o pago de refrendo

<ul style="list-style-type: none">• D.F• EDOMEX• Puebla• Hidalgo• Tlaxcala• Veracruz• Morelos• Querétaro• Oaxaca• Chiapas• Michoacán• Chihuahua• Guanajuato• Tabasco	<p>La Tenencia Vehicular es un arancel que alcanza a los propietarios de vehículos (automotores, camiones, motocicletas, camiones y tractores), nacionales o importados. Este gravamen no es nacional, sino que cada estado es quien lo administra. El costo del mismo depende directamente de las características del vehículo (marca, modelo, valor, etc).</p> <p>Al analizar la boleta para pagar tenencia veremos que se incluye otro impuesto, el pago de refrendo.</p>	<p>El pago de refrendo vehicular o también llamado adeudo de placas es un impuesto anual que se paga por el derecho al uso de las placas de circulación, y a diferencia de la Tenencia, se trata de un costo fijo (establecido por cada estado), ya que no depende de las características del vehículo.</p>
---	---	--

Fuente: Gobierno de la Republica, 2019.

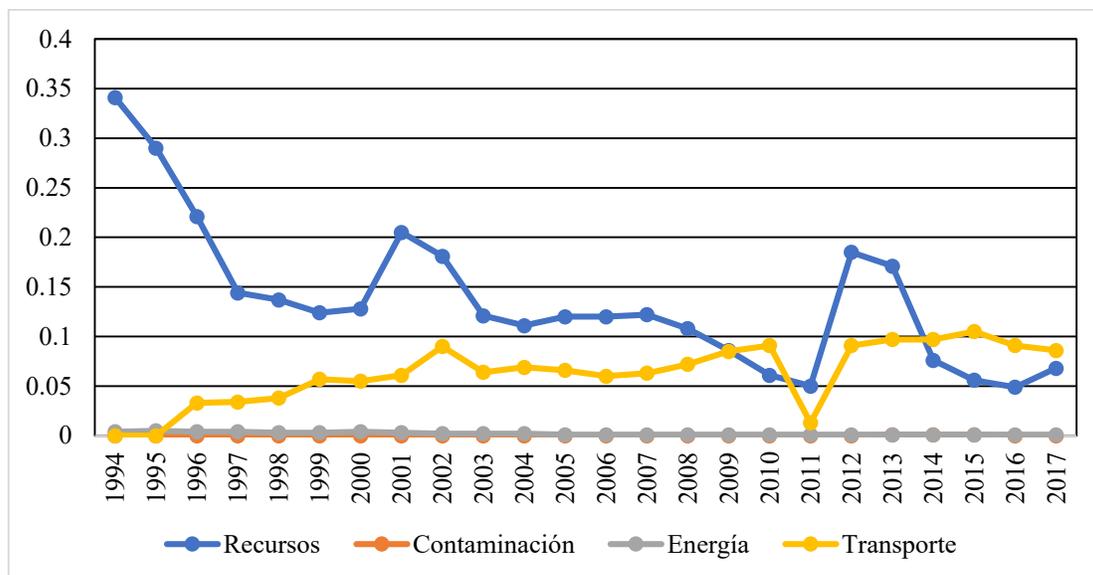
A lo largo del apartado se analizaron los impuestos ambientales contabilizados por SHCP: gasolina y diésel, automóviles nuevos (ISAN), tenencia vehicular, plaguicidas y carbono, México cuenta con solo 5 impuestos ambientales, en contraste con países desarrollados cuyo número de impuestos es superior tanto a nivel estatal y federal, incluyendo las diversas variaciones. A su vez los impuestos ambientales muestran en México estímulos fiscales en

los combustibles lo que dificulta lograr los objetivos ambientales, ya que el propósito de incrementar o mantener los estímulos es que el comercializador tenga la posibilidad de ofrecer precios más competitivos, que beneficie también a los consumidores e incremente la demanda y producción. Sin embargo, la disminución de los precios, puede tener un impacto sobre la recaudación fiscal y en su caso sobre el control de externalidades negativas (impacto ambiental). Mantener los subsidios genera un soporte para el sector energético frente a competidores internacionales, lo que significa mayores ingresos respecto a mantener impuestos verdes que impactarían de forma negativa en la economía.

Ahora analizaremos el comportamiento de los impuestos ambientales en países con el peor desempeño ambiental, al consultar las bases estadísticas de la OCDE, que cuenta con un desglose de los instrumentos ambientales por categorías, observamos que solo Costa de Marfil, muestra datos mientras que el resto de países: Sierra Leona, Afganistán, Myanmar y Liberia no cuentan con ninguna fuente que indique que dentro de su marco legal cuenten con impuestos piguvianos o algún otro mecanismo de control ambiental. En la gráfica 9, se muestran los resultados de las estadísticas consultadas:

Gráfica 9

Impuestos ambientales en Costa de Marfil como porcentaje del PIB de 1994-2017



Fuente: Elaboración propia con datos de la OCDE.

La gráfica anterior refleja el comportamiento de los impuestos ambientales en Costa de Marfil, donde su participación dentro del PIB es muy pequeña lo que explica que su desempeño ambiental sea bajo, ubicándose en la posición número 176 del EPIs, de 180 países, mientras que el resto de países que también presentan un bajo desempeño no cuentan con ninguna estadística que indique que realizan acciones a favor del ambiente. Su poca participación en cuestiones ambientales hace que su desempeño se ubique entre los peores, la mayor parte de estas economías son países con problemas internos y con economías que no son lo suficientemente estables como para aplicar instrumentos verdes o que su atención se centra en otro tipo de temas, ya sea económico o social.

La atención sobre temas económicos, ha generado que los niveles de contaminación ambiental en sus países repercutan sobre su población y que se vuelvan vulnerables frente a desastres naturales, lo que les impide salir del círculo vicioso de subdesarrollo y que continuara de no atenderse al punto que los efectos como el cambio climático serán irreversibles. Mientras que en el caso de México, el continuar con incentivos a combustibles, incrementará el impacto ambiental, la calidad de vida, la temperatura y acelerará el cambio climático, con ello se atravesará por una serie de modificaciones climatológicas extremas, acrecentando la pobreza y desigualdad y limitando su crecimiento económico en el largo

plazo, lo que dificultara cumplir con los objetivos de cambio climático en los que se encuentra comprometidas principalmente en el Acuerdo de París. Como se mencionó anteriormente la cooperación entre países resulta importante para lograr un desarrollo sustentable pero que resulta más complicado de lograr en países subdesarrollados.

2.4 Tendencias mundiales sobre mitigación al cambio climático

Las actividades humanas y sus efectos sobre el clima han puesto a debate sus posibles soluciones entre los gobiernos de cada país por lo que se han fijado a nivel internacional metas ambientales enfocadas a disminuir los niveles de contaminación en el mundo. La cooperación entre países resulta importante cuando de lograr objetivos se trate, ya que implica una mayor integración y cooperación de las economías, quienes podrán hacer uso del apoyo en sus crecimiento económico y objetivos ambientales. Algunas de las soluciones contra el cambio climático implica el apoyo o creación de organismos internacionales enfocados a desarrollar estrategias ambientales, apoyo u orientación a países desarrollados y subdesarrollados.

En el caso de la Unión Europea se han enfocado a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, para lograr un descenso en los niveles de temperatura, por lo que se ha establecido un límite en el régimen de comercio de derechos de emisión (ETS). Que consiste en asignar un límite o tope de emisiones de GEI a los diferentes sectores de la economía obligándolos a optar por mejoras tecnológicas en sus sistemas operativos o en caso contrario adquirir derechos de emisión con otros países, de esta forma se asigna un precio a las emisiones de carbono. Asimismo, la UE ha adoptado legislación encaminada a aumentar el uso de energías renovables como la eólica, la solar, la hidroeléctrica y la biomasa y para mejorar la eficiencia energética de una amplia gama de equipos y aparatos domésticos. La UE también tiene como objetivo apoyar el desarrollo de tecnologías de captura y almacenamiento de carbono para atrapar y almacenar el CO₂ emitido por las centrales eléctricas y otras grandes instalaciones, (AEMA, 2019).

La UE, se ha fijado metas a mediano plazo para el año 2030 que incluye la reducción en un 40% de GEI respecto al año 1990, por lo que la AEMA (Agencia Europea de Medio Ambiente), realiza informes, indicadores, proyecciones, evaluaciones, políticas y estadísticas que buscan servir de apoyo a los países para implementar mejoras en los distintos niveles de gobierno y acorde a las necesidades de su región o localidad. Entre sus estadísticas se encuentra el Inventario anual de gases de efecto invernadero de la Unión Europea que permite a los países monitorear y evaluar sus políticas ambientales, también cuentan con una evaluación anual con el fin de dar seguimiento a los países con respecto a sus objetivos de mitigación de emisiones y cambio climático.

Cabe mencionar que los países de la UE se encuentran dentro del Acuerdo de Paris, que busca reducir las emisiones de GEI y limitar así el cambio climático por debajo de los 2° C previo a la industrialización. A su vez el uso de ETS permite a los sectores comercializar permisos de emisión no solo entre países de la Unión Europea si no entre los países que dentro de sus planes económicos cuentan con este tipo de herramientas ambientales, a este tipo de mercado se le conoce como mercado de carbono, ya que se encarga de fijar un precio a las emisiones y permitir su comercialización. Además, el límite de emisiones que se les permite a cada sector de la UE, se modifica constantemente con el fin de disminuir los niveles de contaminación atmosférica y hasta el año 2020 previo a la entrada del Acuerdo de Paris se podría hacer uso de créditos internacionales ambientales como el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) e Implementación Conjunta (JI).

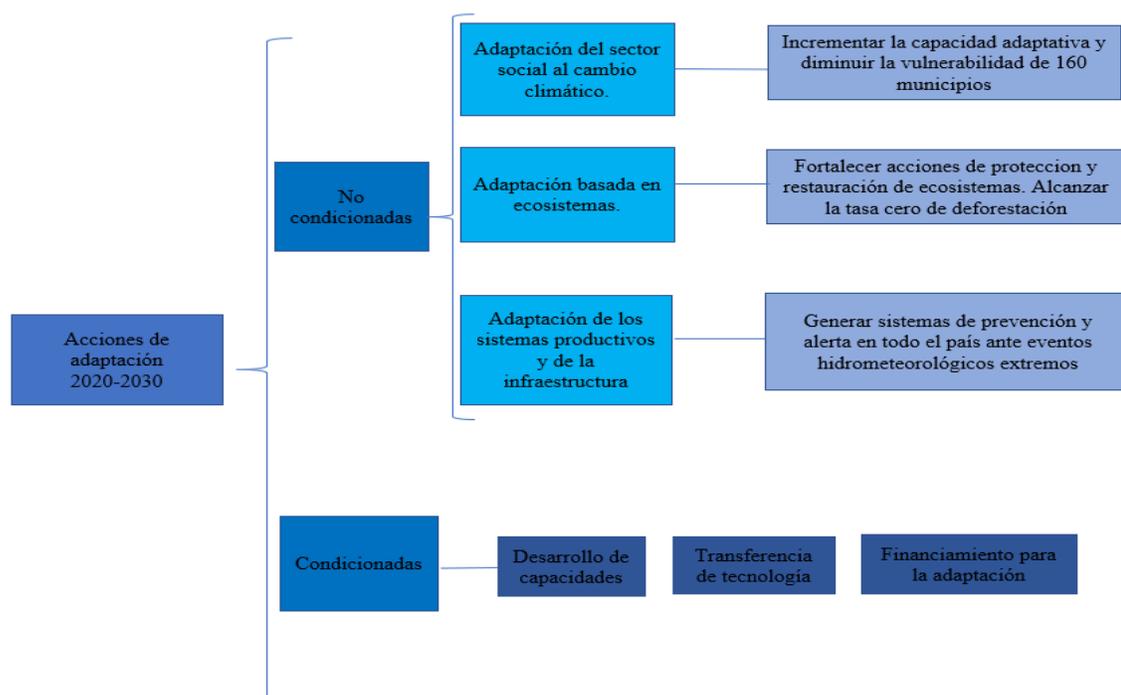
El MDL permite a los países industrializados invertir o financiar proyectos que disminuyan los niveles de contaminación mientras que la Implementación Conjunta (JI) es lo mismo solo que los países industrializados invierten en proyectos de países menos industrializados. Las políticas ambientales de países europeos buscan lograr un desarrollo sustentable en el mediano plazo, para el año 2030, cabe mencionar que el Acuerdo de Paris busca realizar reuniones y evaluaciones cada 5 años para verificar sus avances y seguir mejorando su desempeño ambiental. Los países con mejor desempeño ambiental evaluados por el EPIs, se encuentran dentro del continente europeo y mantienen en su mayoría relaciones comerciales con la UE.

Por otra parte, analizaremos el caso de México que en su compromiso por lograr la sustentabilidad ambiental se comprometió principalmente a reducir en un 25% sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Para ello hace uso de dos mecanismos de financiamiento: medidas condicionadas y no condicionadas. Una medida no condicionada es aquella en la cual el país utiliza sus recursos propios para hacer frente a problemas ambientales y con ello lograr un desarrollo sustentable, mientras que las medidas condicionadas hacen referencia a aquellas que el país no puede solventar pero que mediante los acuerdos internacionales puede acceder a mecanismos de financiamiento hacia una transición sustentable.

A continuación, se describen los mecanismos y las acciones necesarias de acuerdo al tipo de medida condicionada, tomando en cuenta los recursos económicos con los que cuenta México. El objetivo principal es proteger a la población de los cambios climáticos extremos, la protección y restauración de los ecosistemas, a la par que se busca incrementar la resiliencia a este tipo de eventos.

Figura 6

Compromisos de mitigación y adaptación ante el cambio climático para el periodo 2020-2030



Fuente: Tomado de Gobierno de la Republica (2014).

La contribución de México para reducir en un 25% sus emisiones de GEI, se dividen en dos componentes el primero de mitigación y el segundo de adaptación. Con estas medidas y los mecanismos de financiamiento, se plantea lograr una reducción del 51% al año 2030, mediante una medida no condicionada que equivale a emitir 75 mil toneladas métricas para ese año. Por su parte se espera una reducción del 22% de gases de efecto invernadero para el año 2030, mediante una medida no condicionada lo que equivale a emitir 762 (Mt. CO₂e) a esa fecha final, (Gobierno de la Republica, 2014).

La anterior meta ambiental, es la de mayor importancia a nivel federal, ya que sigue los compromisos del Acuerdo de Paris, que busca lograr la reducción de emisiones a nivel global, y con ello disminuir el cambio climático. Otra meta ambiental importante es la

Estrategia Nacional de Calidad del Aire (ENCA) que es un instrumento que plantea acciones para controlar, mitigar y prevenir la emisión y concentración de contaminantes en la atmósfera, con proyección al año 2030. En México existen una infinidad de metas ambientales, como es el caso del Programa Ambiental México-Estados Unidos: Frontera 2020 y la Estrategia Nacional de Cambio Climático visión 10-20-40. Esta última meta de acuerdo con el Gobierno de la República (2013), será definida por el Programa Especial de Cambio Climático (PECC) encargada de especificar los objetivos sexenales y acciones específicas de mitigación y adaptación cada seis años, mientras señala a las entidades responsables a nivel federal y municipal. Este programa consta de 5 pilares:

Tabla 9

Estrategia Nacional de Cambio Climático visión 10-20-40

PILARES					
P1 Contar con políticas y acciones climáticas transversales, articuladas, coordinadas e incluyentes	P2 Desarrollar políticas fiscales e instrumentos económicos y financieros con enfoque climático	P3 Implementar una plataforma de investigación, innovación, desarrollo y adecuación de tecnologías climáticas y fortalecimiento de capacidades institucionales	P4 Promover el desarrollo de una cultura climática	P5 Instrumentar mecanismos de Medición, Reporte, Verificación y Monitoreo y Evaluación	P6 Fortalecer la cooperación estratégica y el liderazgo internacional

Fuente: Tomado de Estrategia Nacional de Cambio Climático visión 20-40.

Las tendencias de mitigación en México, muestran los objetivos generales y específicos, cada uno con características distintas y con horizontes de tiempo variados, sin embargo, se encuentran alineados con las tendencias mundiales de mitigación y adaptación del cambio climático, pero corresponde a cada estado realizar la aplicación acorde a los objetivos generales y sus capacidades para promover un desarrollo sostenible. La mayor parte de las acciones de mitigación que se llevan a cabo en distintos países es mediante la política fiscal, el mercado de carbono y el sector financiero. Es este último donde se ha generado cierto

interés por emitir instrumentos financieros que sirvan de apoyo a la creación de mercados ambientales en un afán por disminuir los efectos del cambio climático.

Los denominados “bonos verdes” son cualquier tipo de bono cuyos fondos se destinan exclusivamente a financiar o refinanciar, en parte o en su totalidad, proyectos verdes elegibles, ya sean nuevos y/o existentes. Además, deben de estar alineados con los Green Bond Principles o GBP (BBVA, 2018). Los GBP establecen los lineamientos sobre los cuales se aplica la certificación de “bono verde” a un instrumento financiero, esta cualidad se otorga solo cuando los proyectos financiados se encuentran en estos sectores de acuerdo a la BMV:

- Energía renovable
- Construcción sustentable
- Eficiencia energética
- Transporte limpio
- Agua/ adaptación
- Manejo de residuos
- Agricultura, bioenergía, forestación, cadena de abastecimiento de alimentos

La emisión de estos instrumentos puede ser realizada por entidades gubernamentales y no gubernamentales. Su primera aparición fue en el año 2010 por parte del Banco Europeo de Inversiones (BEI), y fue en 2014 que el Banco Mundial con apoyo del ICMA International Capital Markets Association), presento los lineamientos y mejores prácticas bajo las cuales las empresas o gobiernos pueden financiar proyectos sustentables. La aportación del sector financiero en la mitigación de los efectos del cambio climático, ha venido a sumar esfuerzos en el desarrollo de sectores sustentables, cabe mencionar que la emisión de bonos verdes es la acción de mitigación más actual respecto a los impuestos ambientales y el mercado de carbono que tienen su origen en el Protocolo de Kyoto. A través del tiempo se han desarrollado nuevos mecanismos de protección al ambiente que incluyen una diversidad de instrumentos que permiten a los países incluir en sus proyectos económicos mejoras ambientales.

A pesar de que existe un incremento en el uso de instrumentos verdes ya sea impuestos ambientales, derechos legales de emisión o bonos verdes, no suelen ser muy conocidos o aplicados en la mayor parte de los países, ya que no resultan atractivos para la mayor parte de las economías, se espera que, con la llegada del Acuerdo de París, ingresen nuevos mecanismos de mitigación y que puedan ser discutidos por los países para mejorar la situación climática actual. A medida que las economías crecen, existe la preocupación sobre los efectos que tienen las actividades humanas sobre el ambiente lo que ha ejercido presión en las autoridades sobre el uso de los recursos y sus acciones sobre el cambio climático. Con el paso del tiempo se espera lograr una transición hacia una economía baja en carbono con sectores totalmente sustentables, con lo que se ratifica los acuerdos y metas internacionales de temperatura y emisión de GEI que existen actualmente.

Conclusión:

A lo largo del presente capítulo hemos observado el panorama climatológico ambiental, en donde se observan los efectos que los altos niveles de contaminación tienen sobre los componentes del cambio climático y el bienestar humano en general. Para conocer estos efectos, se tomó en cuenta el Indicador de Desempeño Ambiental (EPIs) que permitió analizar los efectos que la contaminación tiene en la tierra, donde se observa que existe una relación entre el número de políticas ambientales con las que cuenta un país, y el nivel socioeconómico del mismo con su calidad ambiental.

Las estadísticas muestran que los países menos desarrollados cuentan con un nivel menor de políticas ambientales aplicadas y por ende un peor desempeño ambiental. Es por ello que actualmente alrededor del mundo se celebran acuerdos ambientales internacionales cuyo objetivo es lograr un apoyo ambiental de los países más desarrollados a los menos desarrollados a fin de reducir y mitigar los efectos del cambio climático.

Sin embargo y pese a que los objetivos ambientales deberán ser incluidos por cada país dentro de los objetivos de sus agendas, aún existen condiciones internas como en el caso de

México que basa un porcentaje de los ingresos de su economía en el petróleo sobre todo en el uso de gasolinas para el transporte, cuyo sector es el más contaminante actualmente.

Las situaciones que cada país presente han sido un impedimento para lograr los objetivos ambientales actuales de reducción y mitigación del cambio climático, por lo que cada economía ha implementado una serie de impuestos ambientales acorde a sus particularidades económicas y sociales. Pese a sus esfuerzos, las tendencias actuales muestran una reducción mínima de los gases contaminantes causantes del cambio climático que no ha sido suficiente para mitigar los efectos del clima, como el aumento en la temperatura. Y es que los efectos de la contaminación pueden perdurar en la tierra por años antes de que se vean reflejados los efectos en la implementación de políticas ambientales.

Los países menos desarrollados deberán incluir dentro de sus agendas ambientales objetivos mejor aplicados enfocados a áreas aun no exploradas que impactan de forma negativa al medio ambiente o en su caso mejorar aquellos impuestos ambientales que ya se encuentren dentro de sus políticas ambientales.

CAPITULO 3

En el presente capítulo se detallan las principales fuentes de contaminación, retomando las descripciones planteadas en el capítulo 1, donde se explica el proceso por el cual se origina el cambio climático. Los componentes del sistema climático son responsables de mantener

un equilibrio ambiental, que se ha visto alterado no solo por la contaminación propia de la naturaleza si no por las actividades humanas, por lo que en este capítulo se analizan las acciones que mayor impacto ambiental han generado sobre el ambiente, para el caso de estudio.

En México existen varios sectores que generan un impacto ambiental alto a consecuencia de los procesos productivos y el nivel demanda existente. Entre los sectores que más contaminan actualmente, se encuentran aquellos basados en el uso de petróleo utilizado a manera de materia prima, como es el caso de la generación y suministro de electricidad que, al ser un servicio utilizado tanto para actividades de consumo como de producción, genera un impacto ambiental negativo.

El uso de electricidad que en un inició revoluciono la economía generando prosperidad y crecimiento, actualmente ha incrementado los niveles de temperatura en la tierra, derivado de la importancia que tiene para la mayor parte de nuestras actividades, sobre todo las relacionadas con la tecnología. La economía digital ha crecido de manera exponencial en las últimas décadas lo que ha llevado a la sociedad a hacer uso de este servicio cada vez más, en ámbitos como la escuela, el trabajo y la vida diaria en general.

La conexión mundial crece conforme la conectividad avanza, con ello el uso creciente de electricidad y los niveles de contaminación generando así un incremento acelerado en la temperatura global. Este aumento en la temperatura puede ser contrarrestado mediante la aplicación de una política ambiental, como es el caso de un impuesto ambiental enfocado a la disminución en el uso de este servicio. Las estadísticas actuales muestran un incremento en la conectividad mundial y con ello un incremento en las emisiones de CO₂.

IMPUESTO DIGITAL: UN ESTUDIO DE CASO

3.1 Principales fuentes de CO₂

Como se mencionó en el capítulo 1, entre las principales causas del cambio climático se encuentran las tendencias alcistas en la emisión de gases de efecto invernadero, (incluidos los gases traza), de manera natural y antropogénica, lo que ha ocasionado incrementos en la temperatura y modificaciones al clima. Estos incrementos de GEI ha provocado que la energía que emite el sol a la tierra quede atrapada por más tiempo, provocando que los componentes del sistema climático comiencen a experimentar cambios en el clima. Esta acumulación de energía ha generado desbalances en alguno de los componentes del sistema climático, y que a su vez puede repercutir en el resto de sistemas en igual o mayor magnitud lo que terminaría afectando la vida en la tierra y los ecosistemas de manera global.

Los incrementos en las emisiones de GEI de manera natural o antropogénica no son la única causa del cambio climático, a esto se suman las modificaciones que realiza la actividad humana sobre el ambiente y la contaminación que emite al punto de modificar los ecosistemas y la vida que en ellos habita generando así la extinción de plantas y animales que forman parte de un sistema complejo encargado de regular el clima y la temperatura. Las decisiones tanto de consumo como de producción han repercutido sobre el medio ambiente por lo que a nivel internacional existe un consenso sobre las principales fuentes de emisiones de GEI, por ello se han regulado una gran cantidad de sectores económicos o actividades productivas a fin de controlar los impactos.

Las fuentes causantes del cambio climático se pueden dividir en dos: en aquellas relacionadas con los procesos naturales y los vinculados con la actividad humana. Actualmente las actividades humanas han sobrepasado a los contaminantes emitidos por la tierra de manera natural, lo que ha generado mayor interés respecto a su regulación y sanción, a fin de lograr una disminución en los efectos que tienen sobre el medio ambiente. Por su parte, la contaminación causada por los procesos naturales ha existido desde el comienzo de la tierra, derivado de las modificaciones en la rotación, en la órbita, y en la inclinación terrestre entre otros, lo que ha provocado incrementos en la temperatura. Estos incrementos en la temperatura a lo largo de los años, ha hecho difícil la existencia de vida sobre la tierra, sin embargo, actualmente “nos encontramos en un periodo interglaciar (entre dos glaciaciones) y esa estabilidad del clima ha permitido el desarrollo y crecimiento de la civilización humana” (INECC, 2018).

Las fuentes naturales a diferencia de las fuentes antropogénicas no pueden ser reguladas o controladas, por ejemplo, en el caso del sol, encargado de emitir energía solar para lograr condiciones de vida adecuadas en la tierra, no siempre se mantiene en igual magnitud debido a las modificaciones en la órbita terrestre y la inclinación del eje de rotación del planeta, además de la propia actividad del sol que varía a lo largo del tiempo. De manera más resumida las causas naturales del cambio climático son las siguientes (Garea, *et al.* 2018, p. 17):

- La actividad intensa y continua del Sol, y en algunos casos variable y cíclica.
- Cambios cíclicos de la excentricidad de la órbita terrestre alrededor del Sol, con períodos de 100,000 y 400,000 años.
- Cambios en la orientación en el espacio de la elipse orbital con un ciclo de 19,000 – 24,000 años.
- La inclinación del eje de la Tierra, que da lugar a variaciones estacionales con un ciclo de 41,000 años.

Existen otras fuentes naturales como las provocadas por la llegada de meteoritos que chocan con la tierra y pueden llegar a generar la modificación en la órbita de la tierra, e incluso la extinción de animales como en el caso de los dinosaurios y los gases traza, que se encuentran en la atmosfera desde hace millones de años como el bióxido de carbono y el metano por mencionar algunos. Su presencia se deriva de la expulsión de masa por parte de los volcanes, océanos y vegetación incluida la respiración de los seres vivos que genera la emisión de bióxido de carbono. Por último, la presencia de óxido nitroso derivado de la combustión.

Sin embargo, las actividades realizadas por el ser humano han generado un incremento en los niveles de emisiones de GEI, sobrepasando a los niveles naturales explicados anteriormente. Actualmente y de acuerdo con la SEDEMA (2018), existen 4 actividades principales encargadas de generar una tendencia alcista en las emisiones de GEI: quema de combustibles fósiles, deforestación, residuos y agricultura y ganadería. La quema de combustibles se encuentra entre las principales actividades que generan bióxido de carbono

(CO₂), y que se emiten a través de la realización de diversas actividades como la generación de electricidad de uso particular, privado o comercial, del uso de combustibles para transportes, y de la energía utilizada para actividades domésticas y procesos industriales.

La deforestación es una actividad con impacto en el medio ambiente y ha sido provocada por la creciente demanda alimenticia que existe, el aprovechamiento agropecuario o la obtención de madera para la generación de productos derivados y la generación de calor (leña) en el caso de los hogares. Esto ha generado una mayor presencia de CO₂ debido a la reducción de árboles encargados de regular la temperatura y el clima. Mientras que los residuos son resultados de las actividades diarias y derivado de una mala gestión terminan afectando severamente la atmosfera ya que liberan metano contaminando así, aire, ríos, mares, océanos y suelo. Por ultimo las actividades primarias como agricultura y ganadería, liberan a la atmosfera CO₂, por la destrucción de bosques derivado de la producción de alimentos necesarios para el consumo animal, así como de la emisión de metano derivado del cultivo de arroz y estiércol de ganado, y del óxido nitroso de los fertilizantes utilizados para la cosecha.

La emisión de GEI, de manera antropogénica se clasifica en dos de manera directa o indirecta siendo las directas aquellas que son propiedad de la empresa por ejemplo la generación de electricidad mientras que las emisiones indirectas que son por consumo o distribución como en el caso del transporte de mercancías. Ambos tipos de emisiones tienen un impacto directo sobre el medio ambiente, al incrementar los niveles de GEI, que modifican la temperatura y el clima. A continuación, se muestra el resumen de las fuentes de los gases de efecto invernadero más importantes:

Tabla 10

Fuentes de los GEI

Gas	Principales Fuentes	Vida Atmosférica (años)
Bióxido de	Quema de combustibles fósiles	50 a 200
	Producción de cemento	

carbono CO2	Cambios en el uso del suelo tropical	
Metano CH4	Cultivo de arroz bajo agua	12
	Rellenos sanitarios	
	Ganadería	
	Combustión de biomasa	
	Producción y consumo de combustibles fósiles	
Óxido nitroso N2O	Agricultura	114
	Quema de biomasa	
	Procesos industriales	

Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT, 2008.

La permanencia de los GEI en la atmosfera perdura por años incluso después de disminuir las emisiones, por lo que la recuperación de la temperatura a niveles estables, resulta compleja de llevar a cabo por las autoridades, sin embargo, como se mostró en el capítulo 2 existe una disminución de emisiones muy pequeña, pese a que la gestión de las autoridades en materia ambiental sea la adecuada. El aumento de las concentraciones de CO2 en el ambiente, se intensifico con la Revolución Industrial, generando una mayor tendencia en GEI y problemas en los componentes del sistema climático derivado de las actividades humanas etc. Algunos sectores por sus actividades directas o indirectas generan niveles de contaminación mayores al resto, la tabla 11 presenta aquellos que emiten grandes cantidades de GEI y CN a la atmosfera:

Tabla 11

Emissiones de gases de efecto invernadero (GEI) y carbono negro (CN)
en México, según sector, 2013

Sector	Emisiones de GEI (MtCO ₂ e)	Emisiones de carbono negro (miles de toneladas)
Transporte	174	47
Generación de electricidad	127	8
Residencial y comercial	26	19
Petróleo y gas	80	2
Industria	115	35
Agricultura y ganadería	80	9
Residuos	31	<1
USCUSS	32	4
EMISIONES TOTALES	665	125
USCUSS Absorciones	-173	0
TOTAL	492	125

Fuente: Tomado de Gobierno de la Republica, 2014.

Nota: USCUSS: Usos del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura.

La suma de los valores de los sectores puede no coincidir con el total por efectos del redondeo.

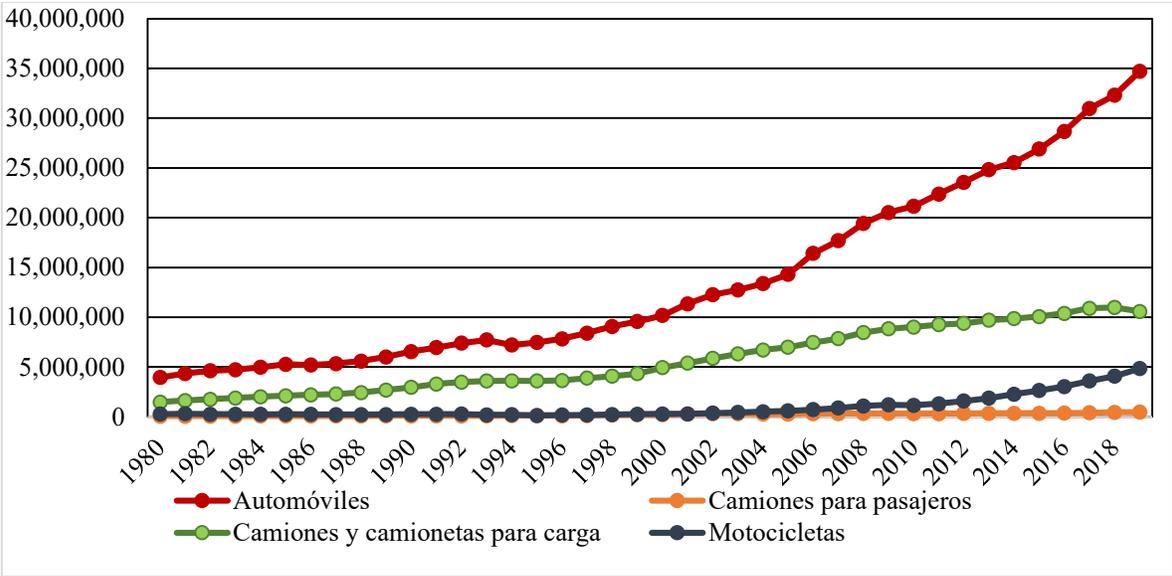
Las emisiones de estos sectores representan 665 megatoneladas de CO₂ equivalente, de las cuales la mayor contribución se debe al sector transporte (26%), seguido por el de generación de energía eléctrica (19%) y el de industria (17%). Mientras que el carbono negro generó un volumen de emisión alcanzó alrededor de 125 mil toneladas, derivadas en su mayor parte de las actividades del sector transporte (38%) e industrial, principalmente el subsector azucarero (28%), (Gobierno de la Republica, 2014). Los sectores transporte y energía son los que mayor cantidad de emisiones generan, aproximadamente 45% de las emisiones totales de GEI, por ello México cuenta con una base regulatoria ambiental sobre los combustibles fósiles que comenzaron a demandarse con la llegada de la Revolución Industrial que vino a generar un cambio económico, tecnológico y social. Las transformaciones sobre todo en la economía industrial trajeron consigo una serie de cambios en la forma en cómo se produce y consume. Esto afectó a todos los sectores económicos y se puede observar las consecuencias de la Revolución sobre el ambiente, y es que a partir de

este evento comenzaron a presentarse mayores temperaturas, extinciones de plantas y animales, contaminación y cambios climatológicos extremos.

La contaminación que representan los sectores transporte y energía se deben principalmente al uso de combustibles fósiles, hidrocarburos y sobre todo de petróleo, su uso intensivo es resultado de los bajos costos y de la facilidad para procesarlos respecto de otras energías menos contaminantes. En el caso de la economía mexicana se observa que una parte de los ingresos que recibe el Estado, provienen del petróleo por lo que resulta complejo, para las autoridades desincentivar el uso de combustibles fósiles. La dependencia de las actividades diarias en el uso de combustibles fósiles se observa en las tendencias de contaminación en la atmosfera. En México el uso de transporte privado es alto, debido a que el transporte público resulta ineficiente e inseguro esto repercute en la salud ambiental de la sociedad. La gráfica 10, muestra el uso de vehículos en México:

Gráfica 10

Número de vehículos de motor registrados en circulación de 1980 a 2019



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, 2019.

La anterior gráfica muestra la tendencia alcista en el uso de vehículos de motor, y el incremento de vehículos particulares. Esta demanda en el uso de combustibles fósiles, como

se mencionó anteriormente son resultado de las dificultades que enfrenta la sociedad en temas de seguridad y eficiencia, incluyendo la falta de estructuras viales dedicadas a medios de transporte menos contaminantes como el uso de bicicletas, lo que incrementa el uso de transporte privado. Por ello México ha puesto en marcha el programa de verificación vehicular a fin de disminuir la cantidad de autos en circulación, este programa aplica un holograma dependiendo del tiempo de vida del auto y las emisiones que libera a la atmosfera. De esta manera aquellos vehículos que liberen un menor número de contaminantes podrán circular diario a diferencia de vehículos que por su tiempo de vida o ensamblado contaminan más el ambiente.

Por su parte la generación de energía eléctrica ha repercutido severamente en los niveles de contaminación, ya que durante su proceso es utilizada una alta cantidad de combustibles fósiles, y es utilizada con la llegada del internet para la mayor parte de actividades. Este auge que en un principio beneficio a la población al mejorar las condiciones económicas, tecnológicas y sociales de México, rápidamente se vio opacado por el incontrolado uso de combustibles fósiles, las formas de producción y consumo alteraron los componentes del sistema climático. Estos efectos se pueden observar a partir del aumento en la temperatura, y fue hasta 1990 donde comenzaron a debatirse los efectos y sus posibles soluciones, sin embargo, muchas de las acciones que se han implementado para restaurar los componentes del sistema climático, han resultado deficientes o son realizados por un número de países muy pequeño.

3. 2 Uso de electricidad

La generación de electricidad en México es uno de los sectores económicos con mayor impacto ambiental, ocupa la posición número 2, responsable del 19% de emisiones dentro de las actividades más contaminantes, esto, derivado del uso de combustibles fósiles durante su proceso. Algunas de las fuentes sucias que son utilizadas para su generación son carbón e hidrocarburos (petróleo crudo, condensados, gas natural y nucleenergía). La mayor parte de la energía que se genera en México es a partir del consumo de hidrocarburos, mientras que la producción de energías limpias cuyas principales fuentes son: hidroenergía,

geoenergía, energía solar, energía eólica y biogás son poco utilizadas y representan una pequeña fracción del total. Sin embargo, ambos tipos de energía han jugado un papel importante, en el desarrollo económico de México, pero los efectos de la producción y el consumo de este insumo ha generado problemas de contaminación atmosférica, cambios climáticos y repercusiones a la salud humana.

Se entiende por energía sucia al uso de combustibles fósiles, que brindan energía con bajos costos en cuanto a extracción producción y transporte respecto de otras energías, a su vez es fácil de utilizar por los gobiernos ya que implica satisfacer las necesidades de producción y consumo de las sociedades. Estos beneficios, causaron que los gobiernos se volvieran en general mucho más dependientes al uso de combustibles fósiles en particular del petróleo. Este uso desmedido de hidrocarburos tiene sus orígenes durante la Revolución Industrial y es que “a finales del siglo XX y principios del XXI el carbón, el petróleo y el gas natural sumaban aproximadamente un 80% de la energía primaria consumida a nivel global y la producción de electricidad procedía en sus dos terceras partes de la quema de combustibles fósiles en centrales térmicas de mayor o menor eficiencia”, (Gómez, 2010, p. 5).

Este consumo excesivo por parte de las sociedades provoco un calentamiento global, con efectos en los componentes del sistema climático encargados de regular el clima y la temperatura. Sus efectos sobre el medio ambiente, hizo que se conocieran como energías sucias, tecnologías sucias, o fuentes no renovables que son altamente contaminantes en contraste con las energías limpias también llamadas energías renovables que se obtienen por fuentes naturales y que son inagotables o capaces de regenerarse de forma natural. Los impactos que las energías limpias, emiten a la atmosfera son menores en comparación con las energías sucias, ya que implican una menor emisión de GEI a la atmosfera, pero que aún es una parte aun no explorada por la mayor parte de las economías desarrolladas y subdesarrolladas.

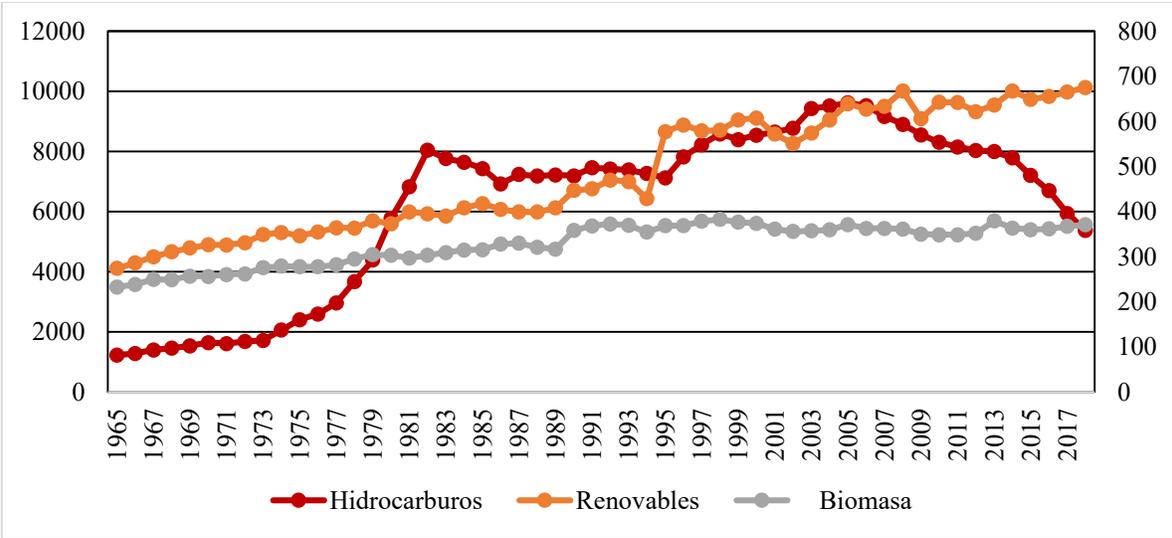
Actualmente el uso de energía es utilizado para la mayor parte de actividades ya sea de producción o consumo, por lo que el uso de energías no renovables ha repercutido sobre los componentes del sistema climático, como en el caso del agua, suelos, la vida silvestre, y la

salud humana. El consumo de hidrocarburos a nivel global es alto, y para el caso de México “durante el año 2018 la producción de energía primaria generó 6,484.842 Petajoules (PJ), los hidrocarburos aportaron el 82.87% a la producción de energía primaria, mientras que la producción de fuentes no fósiles de energía primaria aumentó su participación, pasando de 11.1% a 12.8% de 2017 a 2018” (SENER, 2018, p. 14).

La producción de energía entonces para el año 2018, fue generada en más de un 80% por hidrocarburos respecto a las energías limpias, que representan una muy pequeña participación del total. La gráfica 11, muestra el comportamiento de las energías utilizadas del periodo 1965-2018, medido en petajoules (PJ), y que representa las unidades del Sistema Internacional de Unidades para energía, trabajo y calor.

Gráfica 11

Producción de energía primaria de 1965 a 2018 medido en petajoules



Fuente: Elaboración propia con datos de SENER, 2020.

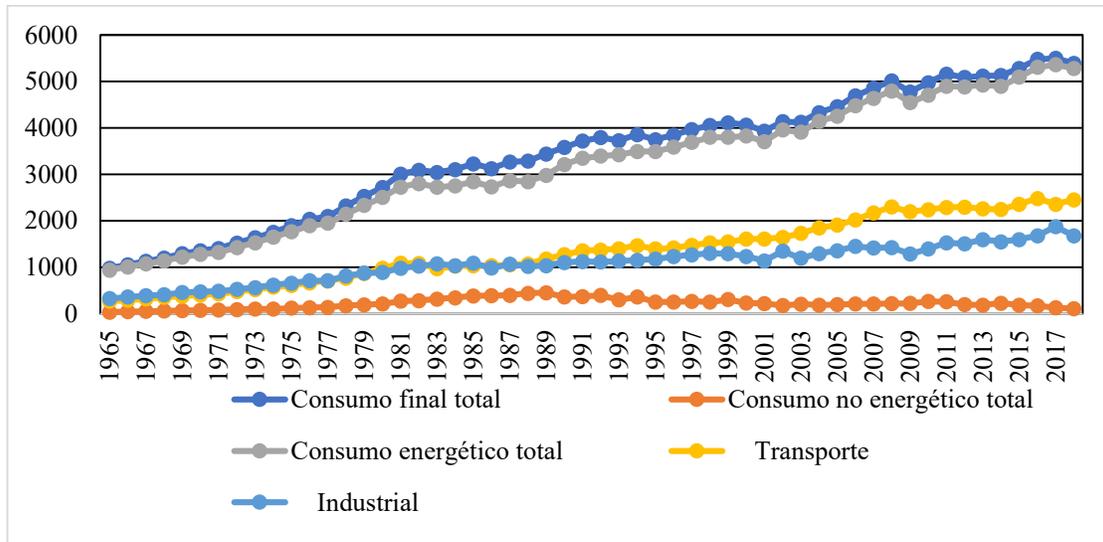
Se observa una tendencia alcista en el uso de hidrocarburos para la generación de energía, mientras que el uso de energías renovables es muy bajo. Las energías renovables que contempla la SENER (Secretaría de Energía) son: hidroenergía, geoenergía, energía solar,

energía eólica y biogás, todas estas fuentes presentaron datos a partir de 1990, fecha en que se empezaron a discutir alrededor del mundo los efectos de las actividades humanas sobre el ambiente y año en el cual aparece el primer Acuerdo Internacional Ambiental, el denominado Protocolo de Kyoto, 1997. Cabe resaltar que las metas ambientales de este acuerdo incluían la regulación de los GEI que incluye: bióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFCS), perfluorocarbonos (PFCS) y hexafluoruro de azufre (SF₆). La mayor parte de estos gases se encuentran presentes en la producción de energía, ya que son liberados a la atmosfera durante los procesos industriales, sobre todo del CO₂, causante del incremento en la temperatura en la tierra.

Por su parte la disminución que presenta la gráfica en los últimos años en la producción de energía se debe a que el petróleo que es el insumo principal, tuvo una reducción en su obtención. Esta disminución en la gráfica es por lo tanto consecuencia de la caída en el petróleo más que por cuestiones ambientales o de regulación. Por lo que, de existir las condiciones adecuadas de obtención de petróleo, la producción de energía primaria, mediante el uso de combustibles fósiles tendría una tendencia alcista. Lo anterior nos permite visualizar la mitad del problema, y es que la producción de energía a incrementando en los últimos años debido a la demanda de este insumo. La gráfica 12, muestra el consumo de energía por sector.

Gráfica 12

Consumo final de energía por sector de 1965 a 2018 medido en petajoules



Fuente: Elaboración propia con datos de SENER, 2020.

La gráfica 12 muestra el consumo final de energía por sector, donde se observa una tendencia alcista, comparando la gráfica anterior de producción que presenta una disminución en los últimos años derivado de la baja obtención de petróleo en contraste con esta, que muestra un aumento continuo. El uso de energía por sectores a incrementando notablemente a lo largo de los años, los sectores que contempla la SENER para el consumo de energía son los siguientes:

Tabla 12

Consumo final de energía por sector de 1965 a 2018, medido en petajoules

Consumo de energía	Sectores
Consumo no energético total	Petroquímica de PEMEX
	Otros sectores
Consumo energético total	Residencial
	Comercial
	Público
	Autotransporte
Transporte	Aéreo
	Marítimo
	Ferroviario
	Eléctrico
	Agropecuario
	Industrial
Química	
Azúcar	
Petroquímica de PEMEX	
Cemento	
Minería	
Celulosa y papel	
Vidrio	
Cerveza y malta	
Fertilizantes	
Automotriz	
Aguas envasadas	
Construcción	
Hule	
Aluminio	
Tabaco	
Otras ramas	

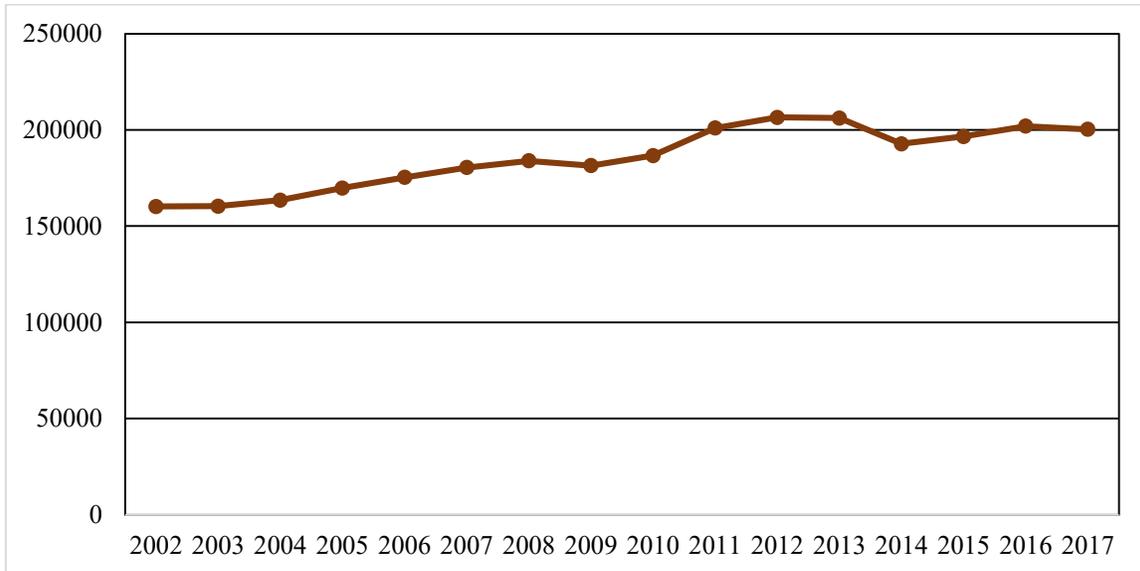
Fuente:

Elaboración propia con datos de SENER, 2020.

Como se observa en la tabla 12, el uso de energía abarca la mayor parte de sectores económicos en México, por lo que resulta difícil disminuir los niveles de demanda que existen actualmente, por lo que las autoridades deberán implementar acciones que logren un equilibrio entre la estabilidad ambiental y económica, de manera que se puedan lograr las metas ambientales internacionales y de crecimiento.

Gráfica 13

Consumo de energía eléctrica de 2002 a 2017 medido en gigawatts-hora



Fuente: Elaboración propia con datos de SENER, 2020.

La grafica 13 muestra el consumo de energía eléctrica nacional, donde se observa una tendencia alcista a lo largo del periodo, lo que permite visualizar los efectos que tiene la demanda sobre el ambiente, permaneciendo constantes en el tiempo. Cabe resaltar que el consumo de energía eléctrica está asociado a mejores condiciones de vida, por lo que conforme avanza la calidad de vida en la población y la urbanización es más probable que hagan uso de este insumo. Lo anterior mencionado en este apartado muestra las complicaciones que ha ocasionado el incremento en la demanda de energía eléctrica, ya que para ello México ha utilizado combustibles fósiles que representan menores costos pero que a la vez resultan perjudiciales para el medio ambiente. Por lo que las consecuencias son visibles en los niveles de contaminación que existen actualmente en la atmosfera y que han ocasionado un incremento en los niveles de temperatura y consecuencias sobre los componentes del cambio climático.

3.3 Economía digital

La economía digital, también conocida como economía del internet, referente a las operaciones de transacción que se realizan a través de la web o mediante el uso de tecnología digital. El desarrollo del internet en los años sesenta, dio inicio a una serie de revoluciones económicas, sociales, políticas y recientemente ambientales, estos impactos lograron la digitalización de la estructura de cada nación. Esta digitalización ha generado las bases, sobre las cuales se realizan la mayor parte de las actividades en el mundo, e incluye a empresas, gobierno y sociedades. La digitalización que llego a revolucionar y transformar las estructuras económicas, sociales y políticas, ha sido considerada por muchos autores como la nueva economía por la forma en que ha transformado las bases económicas y sociales.

Esta nueva era de inteligencia ha venido a transformar la forma en como la sociedad, los gobiernos y las empresas realizan sus actividades, por lo que desde sus inicios ha generado expectativas de crecimiento y oportunidades, pero que también, implica riesgos potenciales que pueden afectar diversos ámbitos de la estructura económica, social y recientemente ambiental. Los resultados positivos o negativos de esta digitalización dependerán en gran medida del actuar de las autoridades a fin de minimizar los impactos sociales y ambientales que pueda ocasionar. La manera en como las autoridades respondan a este tipo de situaciones llevara al éxito o fracaso de la digitalización, a fin de lograr las metas de crecimiento e incrementar las áreas de oportunidad para la población.

La llegada de la digitalización no hubiese sido posible sin la electricidad que vino a generar un cambio tecnológico económico y social, en la Revolución Industrial. Este cambio que en un principio creó bases de crecimiento pronto generó discusión sobre los efectos que la quema de combustibles fósiles generaba en el ambiente, principalmente un aumento en la temperatura, y contaminación. Por lo que en el año 1990 se creó el primero Acuerdo Internacional, con el objetivo de reducir las emisiones de GEI, en México la generación de electricidad emite el 19% de los gases contaminantes a la atmosfera. El uso desmedido de hidrocarburos ha provocado un incremento en la temperatura, por lo que se han puesto a

debate el uso de energías limpias como medida alternativa a la solución de demanda de electricidad.

Para demostrar lo anterior se considera la investigación de Beners-Lee (2011) y de Tsukayama (2017) quienes realizaron una investigación y descripción sobre las actividades contaminantes, y cuyo impacto ambiental es medido mediante la huella de carbono del CO₂, principal gas causante del cambio climático.

Tabla 13

Principales fuentes contaminantes a través de la economía digital

Fuente contaminante	Huella de carbono medido en CO₂
Mensaje de texto	0.015g por mensaje. Equivalente a 32 mil toneladas en un año a nivel global
Una búsqueda o consulta en la web	La búsqueda o consulta de acuerdo con Google genera un promedio de 0.2g
	Consulta a través de una computadora portátil genera 0.7g en promedio
	Consulta a través de una computadora de escritorio genera 4.5g en promedio
	Google estima un total de 200 a 500 millones de consultas por día, lo que equivale a 1.3 millones de toneladas por año
Un correo electrónico	Cada correo electrónico en spam genera 0.3g
	4g por un correo normal
	50g por correo electrónico con un archivo adjunto
	En un año el correo entrante genera un promedio de 136kg de emisiones por persona o el equivalente a conducir un automóvil por 321 km
Una hora de televisión	37g pantalla plana LCD de 15 pulgadas
	84g TV CRT de 28 pulgadas
	97g pantalla plana LCD de 32 pulgadas
	240g pantalla plasma de 42 pulgadas
	Una hora por día en la pantalla LCD de 37 pulgadas tiene una huella de 35 kg por año, equivalente a 39 millas en un automóvil promedio que funciona con gasolina
Una hora de uso del teléfono	El uso de celular por hora al día equivale a 1250 kg al año
Una hora de Netflix	300g por usuario, lo que equivale 48 toneladas al año
Transmisión de música	Transmitir un álbum musical consume la misma energía eléctrica que producir y enviar un CD

Jugar videojuegos	El consumo de energía a nivel global por las consolas de videojuegos es de 8 mil gigavatios por lo que al término de su ciclo habrá emitido 3 millones de toneladas de emisiones
-------------------	--

Fuente: Cuadro tomado de Galán, 2019.

La llegada de la digitalización a las actividades diarias ha generado un incremento en las emisiones de CO₂, la presencia de contaminantes a la atmósfera es entonces causada por las TI (tecnologías de información) que refiere al uso o aplicación de ordenadores (computadoras) y la infraestructura de telecomunicación encargada de transmitir, almacenar y manipular datos. Estas TI que cuentan con centros de datos que son espacios dedicados a la recolección de información necesaria para el procesamiento de actividades, y que requieren del uso constante de electricidad. La mayor parte de estos centros de datos, hacen uso de la quema de combustibles fósiles para alimentar los centros informáticos de manera continua, esta problemática ha incrementado con la aparición de aplicaciones o sitios web que se han vuelto predilectos por los gobiernos, empresas y sociedades como en el caso de Google.

Los hábitos tecnológicos de las sociedades, y la creciente conectividad a lo largo del mundo ha generado una serie de problemas sobre el consumo de energía, y es que esta demanda en aumento, genera una huella de carbono por la generación de electricidad y la energía necesaria para almacenar y transmitir esta información mediante los centros de datos. Es entonces que la cantidad de GEI que se producen derivado del respaldo de información, tienen un impacto en el ambiente.

Tabla 14

Usuarios de Internet como porcentaje de la población regional.

Región	2018	2023
Global	51%	66%
Asia Pacífico	52%	72%
Europa Central Y Oriental	65%	78%
América Latina	60%	70%
Oriente Medio Y África	24%	35%

Norteamérica	90%	92%
Europa Oriental	82%	87%

Fuente: Tomado de CISCO, 2020.

Como observamos la Tabla 14 muestra el incremento en el número de usuarios de internet como porcentaje de la población regional en una proyección realizada por CISCO, empresa norteamericana dedicada al sector de telecomunicaciones que prevé un incremento en el acceso a internet en América Latina de 60% en el 2018 a 70% para el año 2023. Mientras que a nivel mundial incrementara de 51% a 66%, se espera entonces que más de la mitad de la población cuente con acceso a internet. Estas cifras, por lo tanto, provocaran un incremento en las emisiones de CO2, alrededor del mundo, y es que la conectividad es sinónimo de progreso y bienestar social ya que permite a las personas realizar sus actividades con mayor eficiencia.

Tabla 15

Hábitos tecnológicos en México

No.	Redes sociales	Aplicaciones con más usuarios activos
1	Youtube	Whatsapp Messenger
2	Facebook	Facebook
3	Whatsapp	Facebook Messenger
4	FB Messenger	Instagram
5	Instagram	Spotify
6	Twitter	Netflix
7	Pinterest	Uber
8	Linkedin	Twitter
9	Snapchat	Microsoft Outlook
10	Skype	Mercado libre

Fuente: Elaboración propia con datos de *WE ARE SOCIAL MEXICO*, 2020.

La conectividad ha generado un elevado tráfico de datos a nivel nacional este varía de acuerdo con las características económicas, de género, culturales, nivel educativo, edad entre otras. En el caso de México a nivel nacional, las actividades en Internet con mayor probabilidad de ser realizadas son usar redes sociales (51.2%) y consumir contenidos audiovisuales gratuitos (48.6%). Las actividades con menos probabilidades son realizar ventas (6.2%), operaciones bancarias (9.5%) y compras (12.9%). Destaca que el consumo de contenidos audiovisuales de paga tiene una probabilidad a nivel nacional de 25.9% con datos del IFT, (2019).

Las tendencias alcistas en el uso de internet y las predicciones de conectividad, impactaran de manera negativa sobre el medio ambiente, considerando que la mayor parte de las aplicaciones o sitios web que existen actualmente provocan un impacto ambiental derivado de la generación de electricidad y otro derivado de la huella de carbono que alimenta los centros de datos.

Tabla 16

Huella energética de las TI, 2016.

No.	Redes sociales	Índice de energía limpia	Gas Natural	Carbón	Nuclear	Nota Final
1	Youtube	56%	15%	14%	10%	A
2	Facebook	67%	7%	15%	9%	A
3	Whatsapp	67%	7%	15%	9%	A
4	FB Messenger	67%	7%	15%	9%	A
5	Instagram	67%	7%	15%	9%	A
6	Twitter	10%	43%	21%	14%	F
7	Pinterest	17%	24%	30%	26%	F
8	Linkedin	10%	31%	23%	20%	B
9	Snapchat	n/a	n/a	n/a	n/a	N/A
10	Skype	32%	23%	31%	10%	B
Aplicaciones con más usuarios activos						
1	Whatsapp Messenger	67%	7%	15%	9%	A
2	Facebook	67%	7%	15%	9%	A
3	Facebook Messenger	67%	7%	15%	9%	A
4	Instagram	67%	7%	15%	9%	A
5	Spotify	56%	15%	14%	10%	D
6	Netflix	17%	24%	30%	26%	D
7	Uber	n/a	n/a	n/a	n/a	N/A
8	Twitter	10%	43%	21%	14%	F
9	Microsoft Outlook	32%	31%	23%	10%	B
10	Mercado libre	n/a	n/a	n/a	n/a	N/A

Fuente: Elaboración propia con datos de Greenpeace, 2017.

La tabla anterior muestra el tipo de energía utilizada por las compañías para alimentar sus centros de datos de manera continua, en ellas observamos que existe una inclusión de energías limpias dentro de sus sistemas operativos, sin embargo, algunas aplicaciones o sitios webs cuentan con un alto nivel de energías contaminantes para su operación, considerando la conectividad y el tiempo que pasan los usuarios en este tipo de aplicaciones, por lo que los niveles de contaminación que su uso emiten a la atmosfera son altos. En

México el promedio de tiempo que pasa un usuario en internet es de 8 horas y 17 minutos diarios de acuerdo con datos de *We Are Social*.

El tiempo que pasan los usuarios en internet genera una huella, de carbono importante, pese a que algunos centros de datos han realizado transiciones de sus sistemas operativos hacia energías menos contaminantes con el ambiente, aun forma una pequeña fracción del total de energía aunado a esto, la creciente conectividad en el mundo provocara mayores niveles de contaminación en la atmosfera, sin contar el tiempo que pasan los usuarios de cada país en internet.

La conectividad alrededor del planeta tendrá un efecto sobre las actividades humanas generando un incremento en el uso de internet para la mayor parte de sus operaciones por lo que se espera exista una creciente tendencia en la aparición de nuevas aplicaciones y sitios webs que pueden resultar en efectos negativos derivado del uso de energías sucias, en sus procesos operativos. Esto, sin contar el efecto que genera el uso de electricidad por parte de los usuarios que se mantienen conectados durante largos periodos de tiempo a internet.

La transición hacia la era digital, de economías desarrolladas y subdesarrolladas ha generado expectativas de crecimiento y oportunidades, sin embargo, el uso de combustibles fósiles para la alimentación de sus procesos ha generado una tendencia en la emisión de GEI, por lo que el estudio de esta área aun no explorada por las autoridades nos permite medir y gestionar el consumo de energía y demandar mejores condiciones de operación de parte de las compañías TI.

3.4. Propuesta de impuestos ambientales

La propuesta de acción frente al cambio climático, consiste en la introducción de un impuesto ambiental que se adapte a las condiciones ambientales económicas y sociales de cada país, estos instrumentos verdes tienen sus orígenes en las aportaciones de Pigou y Coase. Esta propuesta ambiental busca regular las emisiones de GEI emitidas a la atmosfera

derivado del tráfico de datos que se encuentra en continuo movimiento dentro de los centros de datos, y que son alimentados por energías sucias en su mayoría.

Y es que la mayor parte de las actividades que realizan las economías, es mediante el uso de internet, como en el caso de México, donde los mexicanos destinan 8 horas y 17 minutos diarios, el equivalente a una jornada laboral de trabajo. El uso de internet es variado, y depende de las características económicas, sociales, de sexo y religión por lo que varía de país a país. La tendencia alista en la conectividad en el mundo y sobre todo en México, impactaran de manera negativa al medio ambiente, incrementando las emisiones contaminantes y causantes de las variaciones en la temperatura, cambios climatológicos extremos y el deterioro de la salud ambiental de la población.

En México la organización encargada de llevar a cabo el desarrollo de forma eficiente de las telecomunicaciones y la radiodifusión es el IFT, cuya institución tiene el objetivo de lograr el beneficio de los usuarios y audiencias del país. Por lo que es de vital importancia la regulación del tráfico de datos, conforme la conectividad se incrementa. Por ello se plantea la aplicación de impuestos ambientales, que integran el conjunto de toma de decisiones tanto de producción como de consumo causantes del cambio climático.

La existencia de la fiscalidad ambiental significa entonces el reconocimiento de que cuando se presentan impactos ambientales se justifica la participación del Estado para regular o eliminar dichos impactos, aplicando medidas que posibiliten la internalización del costo ambiental en la función de costos del agente que realiza la contaminación o hace uso del servicio o bien medioambiental (Sandoval, 2008). Sin embargo, la aplicación de la fiscalidad ambiental, deberá ser acorde con las necesidades que cada país requiera, para ello deberá hacer uso de la variedad de instrumentos de política pública, a continuación, se muestran algunos de los enfoques adoptados por países de acuerdo con la OCDE, (2012):

Enfoques reglamentarios: La forma de limitaciones de intensidad de emisiones, ordenanzas tecnológicas o limitaciones absolutas de las emisiones. Se dirigen usualmente a

las industrias individuales o características específicas de los productos, y con un enfoque general en los operadores más grandes.

Enfoques voluntarios: Los gobiernos trabajan en cooperación con los socios industriales para alcanzar acuerdos vinculantes que permitan afrontar el problema de las emisiones, establecer programas a los que se adhieran voluntariamente las empresas produciendo así la necesidad de legislación.

Instrumentos basados en el mercado: Permite que las señales de precios motiven a las empresas a encontrar los medios de reducción al menor costo, al poner un valor a las actividades que causen daños al medio ambiente. Dichos instrumentos pueden tomar forma de un impuesto sobre la contaminación, un impuesto sobre una representación de la contaminación o un sistema de comercio de emisiones que subaste o distribuya permisos libremente, otorgando de manera efectiva al portador del permiso el derecho a producir emisiones. Estos permisos y créditos se pueden comerciar o invertir sobre periodos largos y tienen características y efectos similares a los impuestos.

Subsidios: En vez de intentar inducir la reducción al gravar el mal, los gobiernos pueden también tratar de subsidiar el bien. Al reducir el costo de las acciones o los productos ecológicos, se puede influir en la estructura de la oferta y la demanda.

Información: Además de los enfoques anteriores, los gobiernos han realizado campañas de información para crear conciencia en cuanto a los temas ambientales. Estas acciones toman la forma de mensajes semejantes a los del servicio público, alentando a los ciudadanos a llevar a cabo acciones ecológicas o proporcionar más información sobre las decisiones ambientales ante el consumo. Esta información, que suele ser difícil de recopilar para los consumidores y de comparar entre las distintas opciones, puede ayudar a superar las barreras de información y reforzar, por ejemplo, los impuestos relacionados con el medio ambiente en materia de energía

La elección de impuestos ambientales deberá realizarse de acuerdo a las necesidades ambientales de cada país, derivado del desarrollo económico particular de cada nación, como las diferencias marcadas entre países desarrollados y subdesarrollados. Sin embargo, sobre todo en países subdesarrollados como el caso de México, requiere especial atención en las cargas administrativas, la falta de información, las presiones económicas y políticas que representa para la sociedad. Por ello resulta importante el uso de varios enfoques o la combinación de estos al momento de aplicar una política fiscal ambiental, con lo que se reducen las distorsiones económicas que pueda generar mientras se incrementan las posibilidades de éxito.

Los países subdesarrollados deberán incluir sobre todo redes de protección sólidas, dentro su marco ambiental, de manera que se garanticen el cuidado y atención en caso de desastres naturales sobre todo a la población vulnerable. Los impuestos ambientales deberán lograr la estabilidad económica, social y ambiental, a fin de evitar problemas como una baja en la competitividad, disminución en la calidad de vida o distorsionantes sobre la economía, que incrementen los precios, por ejemplo.

De ahí la importancia de seguir un adecuado proceso para seleccionar de manera óptima el factor (input/output) que mejore la calidad del medio ambiente. Esta política será eficiente siempre y cuando exista una estructura tributaria que promueva la eficiencia económica mediante la reducción de costos por la innovación tecnológica. Además, es necesario tener en cuenta que los impuestos ambientales no son suficientes por sí solos, se requiere que estén acompañados con un adecuado marco normativo en materia ambiental (Galán, 2019).

El traslado del costo de la contaminación mediante una tarifa ambiental generara un impacto en el bienestar social de la población, pero que será recompensando en el futuro a cambio de que las autoridades promuevan la innovación tecnológica con el fin de crear mejores oportunidades económicas que eleven el crecimiento económico y social. Estas decisiones deben responder a las acciones de mitigación y adaptación del cambio climático acordes a los Acuerdos Internacionales, a fin de lograr un objetivo específico y la cooperación e integración de las distintas economías. Para Mendezcarlo et al. (2010), esta transferencia de

costos busca crear conciencia sobre la importancia de cuidar el medio ambiente, por lo que las medidas económicas que se lleven a cabo deben tener el objetivo de mitigar los efectos del cambio climático.

Las aportaciones de Pigou, consisten en la aplicación de un impuesto ambiental a fin de desincentivar las acciones o actividades que resulten perjudiciales para la población, por lo que el monto tarifario deberá ser lo suficientemente adecuado para compensar los daños causados. El diseño de este instrumento parte de la idea de que a la empresa le resulta conveniente continuar con sus actividades y sus procesos operativos hasta el punto en que resulte más barato pagar el impuesto, que modificar sus sistemas operativos mediante la adopción de energías menos contaminantes como la energía limpia, de manera que incentiva la transformación e innovación.

Por lo que la aplicación de instrumentos ambientales en el tráfico de datos, generaría un impacto positivo sobre el ambiente y la economía, incentivando procesos operativos más amigables con el ambiente. Por otra parte, significa la construcción de bases económicas y ambientales sólidas, que con el uso de hidrocarburos en la mayor parte de la economía ya que son fuentes de energía poco amigables con el ambiente y que terminaran por agotarse en algún momento.

3.5 Análisis empírico

El uso de internet es una de las herramientas más utilizadas alrededor del mundo para la mayor parte de las actividades, desde su creación en los años ochenta ha incrementado su uso, llegando al punto de transformar diversos sectores, tanto económicos, sociales y culturales. Su llegada a sentado las bases de una nueva economía, la denominada economía digital, o economía del internet, que desde su nacimiento ha travesado distintos cambios a lo largo del tiempo derivado de la llegada de nuevas tecnologías y modelos de negocios.

Este cambio que en un principio logro la transformación y la evolución de la economía en distintos sectores, ha comenzado a generar graves daños a los ecosistemas, derivado del uso de energías contaminantes que alimentan los centros de datos de sitios webs y aplicaciones necesarios para el almacenamiento y procesamiento de información. La huella de carbono de la economía digital, ha emitido una alta cantidad de GEI a la atmosfera, lo que ha incrementado la temperatura a nivel mundial. Los gases emitidos a la atmosfera, tienen repercusiones directas sobre el bienestar humano así como los componentes del sistema climático, encargados de regular el clima y la temperatura. Como hemos visto a lo largo de la presente investigación los desequilibrios que pueden llegar a presentar algunos de los componentes, repercute sobre el resto en igual o menor magnitud, algunos de estos efectos pueden ser permanentes como en el caso de las emisiones de GEI, que perduran más de 50 años en el ambiente.

La huella digital del internet representa un problema ambiental, que se espera empeore con el paso del tiempo, derivado de las acciones de los distintos gobiernos por incrementar la conectividad de usuarios de internet. Actualmente la conectividad a internet representa una mejora en la calidad vida y oportunidades de crecimiento para sus economías, por lo que se espera que en unos años más del 60% de la población se encuentre conectada a internet, a este problema se incluye el tiempo que un usuario pasa en promedio: 8 horas y 17 minutos al día el equivalente a una jornada laboral.

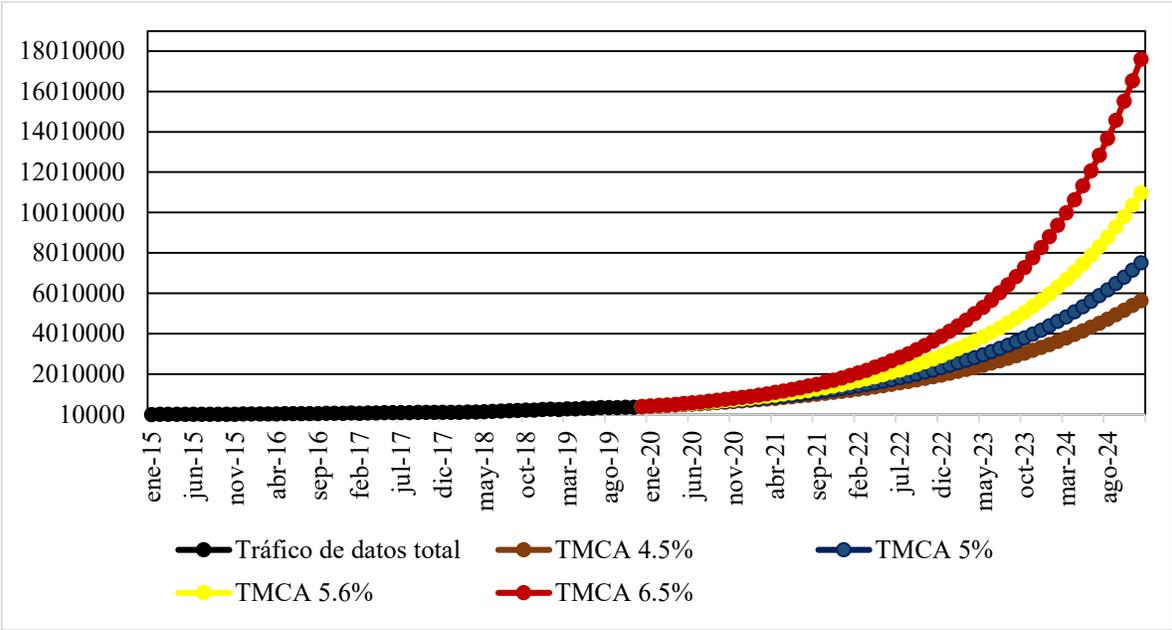
Hoy en día el uso de internet es imprescindible para la mayor parte de actividades y es casi imposible lograr actividades de negocio, educativas o personales sin la necesidad de utilizar algún sitio web o aplicación que necesite de una constante fuente de energía, o que el centro de dato, tenga como principal fuente de energía, petróleo o carbón. A continuación, se presenta los datos sobre tráfico de datos, emisiones de CO₂ y consumo de energía nacional, con sus respectivas tasas medias de crecimiento anual (TMCA), con proyección al año 2024.

Las TMCA para cada variable se obtuvieron por mínimos cuadrados ordinarios, este cálculo muestra el comportamiento futuro de acuerdo con los parámetros poblacionales de la variable, con base en el historial de información que se tiene. Es decir, permite conocer la

distribución de los datos y con ello predecir comportamientos futuros, para el caso de nuestras variables muestra la tendencia que tendrá, si esta será negativa o positiva en un periodo de tiempo determinado. A continuación, se muestran las tendencias en el crecimiento del tráfico de datos para el año 2024.

Gráfica 14

Tendencia de crecimiento en el tráfico de datos



Fuente: Elaboración propia con datos de IFT, 2019.

La gráfica anterior muestra las tendencias de crecimiento para el tráfico de datos hacia el año 2024, donde se espera un incremento exponencial, esto derivado de la llegada de nuevas aplicaciones y sitios webs que representan una oportunidad en ámbitos económicos, sociales y culturales. Actualmente la situación epidemiológica que vive el mundo, ha provocado que la mayor parte de las actividades comerciales, escolares, de trabajo o personales se lleven a cabo a través de internet, con esta inclusión en distintos ámbitos se espera que la degradación ambiental crezca, derivado del uso de energías contaminantes como petróleo y carbón que alimentan los centros de datos de grandes servidores y mantienen el tráfico de datos. Estudios realizados por Greenpeace sobre el tráfico de datos para el año 2020 (sin contar la situación epidemiológica) contemplaban que, un hogar medio generaría 117,8 gigabytes de tráfico de

internet al mes, por lo que se espera esta cantidad incremente por la actual situación sanitaria que atraviesa el mundo y por la cual se han migrado muchas actividades al internet .

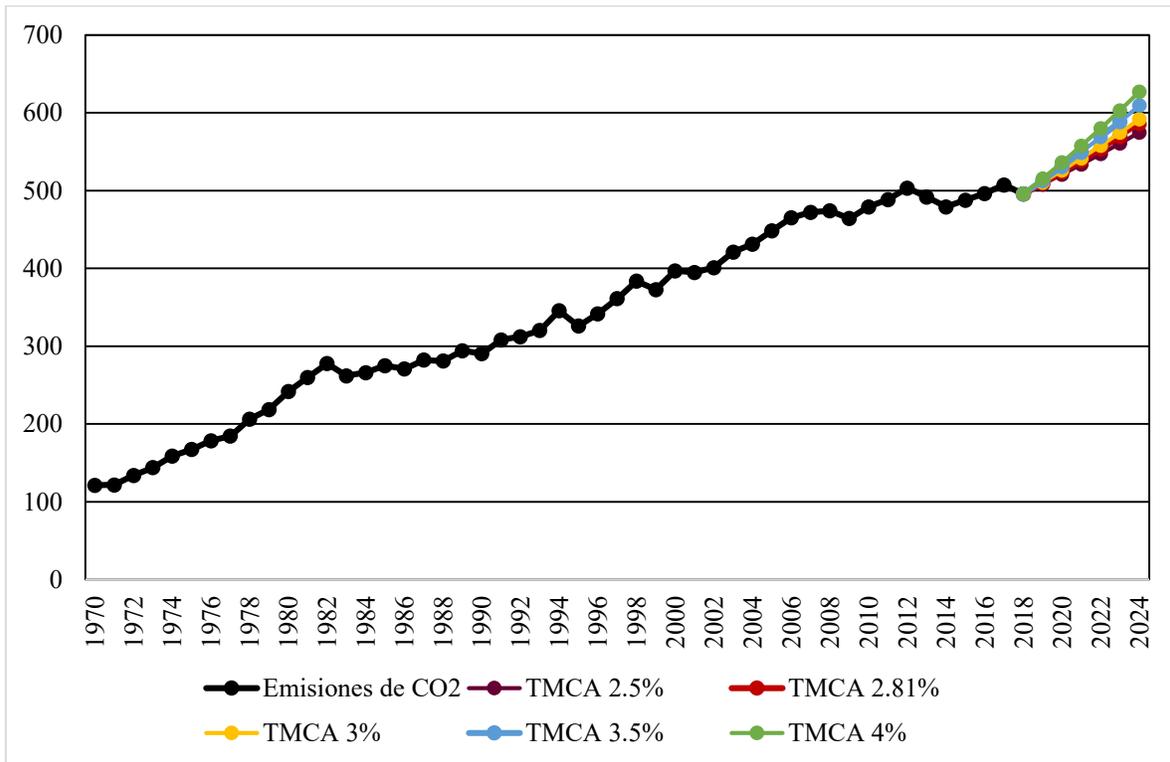
Así mismo se calcula que la huella energética del sector de las tecnologías de la información equivale ya a un consumo de aproximadamente 7% de la electricidad mundial, se espera que con el paso del tiempo la infraestructura del internet se amplíe a causa de las necesidades globales y los objetivos de incluir a la población como parte del desarrollo mundial. Sin embargo, el aumento en el tráfico de datos ha llevado a un incremento en el uso de electricidad generada principalmente por carbón y petróleo que resultan perjudiciales para el ambiente, por lo que esta inclusión debería contemplar el uso de energías renovables que soporten la demanda requerida.

Es entonces que el uso de internet se convierte en una oportunidad de crecimiento y bienestar para la población que a su vez supera en efectos negativos por la huella de carbono que genera. Esta huella de carbono se incrementará, conforme el uso de internet se logre alcanzar en todo el mundo, de no optar por medidas que reduzcan las emisiones, trascendiendo hacia energías renovables menos contaminantes. Un incremento en el número de usuarios en internet y el tiempo que pasan en sitios webs o aplicaciones superara a otras actividades contaminantes, como el transporte en el caso de México, esto puede llegar a dificultar alcanzar las metas ambientales nacionales e internacionales de reducción de GEI, para países nacionales e internacionales.

A continuación, se muestran las tendencias en emisiones de CO₂ que existen actualmente, dicha información se obtuvo de la Base de datos de emisiones para la investigación atmosférica global o EGDAR por sus siglas en inglés (Emissions Database for Global Atmospheric Research). La siguiente gráfica permite conocer si existe un aumento o disminución en la emisión de CO₂ principal gas causante del calentamiento global, las TMCA para cada variable se obtuvieron por mínimos cuadrados ordinarios y se encuentran proyectadas a 2024.

Gráfica 15

Tendencia de crecimiento en las emisiones de CO2



Fuente: Elaboración propia con datos de EDGAR, 2019.

Como hemos observado en este apartado con la creciente demanda en el uso de internet, los centros de datos, que almacenan y transfieren la información para hacer posible las actividades digitales, comenzarán a incrementarse a fin de cubrir la cantidad de usuarios e información alrededor del mundo, por lo que harán un mayor uso de energía para alimentar dichos centros. Este consumo de energía puede ser contaminante no solo por la energía que requiere en si el uso de internet, sino también por los centros de datos que necesitan ser alimentados de manera constante. La contaminación en su mayoría CO2 que emiten los

centros de datos, dependerá del porcentaje de combustibles fósiles, como petróleo o carbón utilizados para su operación.

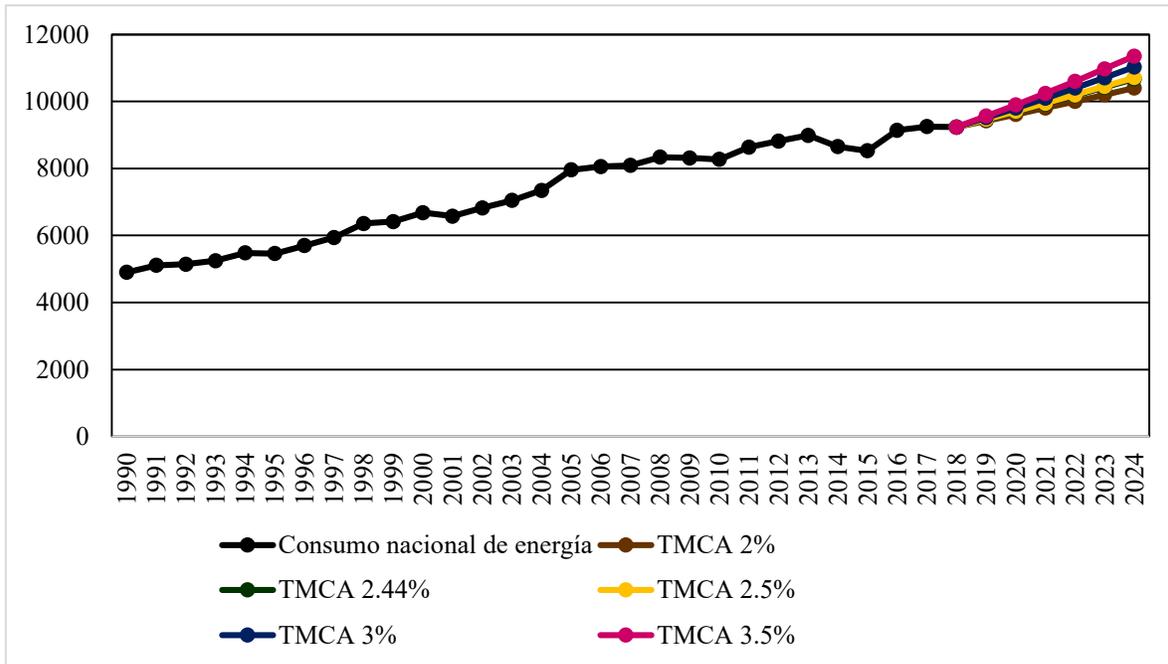
La gráfica 15, muestra una tendencia alcista en las emisiones de CO₂ cuyos efectos son incrementos en la temperatura, y cuya característica es que permanece por mucho tiempo en la atmosfera, lo que dificulta los esfuerzos por disminuir la contaminación ambiental. El control de las emisiones de CO₂ permitiría disminuir el cambio climático, la huella energética y sus efectos considerando la relación con el internet y el sector tecnológico como lo es en una economía digital.

El rendimiento energético en el sector tecnológico parece no contemplar dentro de sus agendas, el impacto ambiental que tienen sobre la atmosfera y los efectos a largo plazo. Es decir, a mayor número de aplicaciones, sitios webs, datos de nube, usuarios, tiempo en internet etc. se genera un mayor consumo de energía que permita soportar las grandes estructuras de los centros de datos alimentados por energías como el petróleo y cuyo principal gas emitido es el CO₂. Algunas compañías han incluido dentro de sus agendas la transición hacia energías renovables como Facebook (2011), Apple (2012) y Google (2012), sin embargo, estos esfuerzos no han sido suficientes considerando la tendencia alcista en las emisiones de CO₂ que se observaron en la gráfica.

A continuación, se muestran las tendencias en las tasas de crecimiento de consumo de energía nacional, los datos se obtuvieron de la Secretaría de Energía y contempla una proyección al año 2024. Las TMCA se obtuvieron mediante mínimos cuadrados ordinarios.

Gráfica 16

Tendencia de crecimiento en el consumo de energía nacional



Fuente: Elaboración propia con datos de SENER, 2019.

El consumo de energía, ha sido sinónimo de crecimiento y bienestar en el mundo, para el caso de los países subdesarrollados como México, la falta de acceso a servicios básicos como agua, servicio de alcantarillado o energía eléctrica, no ha sido cubierto en su mayoría. Sin embargo, pese a existir una infraestructura deficiente el consumo de energía eléctrica se ha incrementado en el país. Con la llegada del internet, el uso ha sido mayor, sobre todo a partir del año 2005 fecha en que comenzaron a surgir nuevas tecnologías, incluidas aplicaciones y sitios webs que han facilitado las actividades y ofrecido una serie de oportunidades económicas.

En la gráfica 16 podemos observar que existe un incremento en el consumo de energía las tendencias son alcistas, para todas las tasas medias de crecimiento anual que se calcularon

por lo que podemos esperar una mayor contaminación de gases principalmente de CO₂ que se encuentra presente en el petróleo utilizado para la generación y producción de electricidad

De acuerdo con Greenpeace si el internet fuera un país, se situaría como el sexto en consumo de electricidad, ya que en el año 2015 se generaron 4.423 Exabytes de contenido digital (un Exabyte es 1.000.000.000.000.000.000 de bytes). Un Exabyte equivale a 119 mil millones de canciones que si se reprodujeran una tras otra sonarían durante 906.000 años. Este consumo de energía, continuara creciendo conforme la conectividad se logre, algunas compañías de sitios webs o aplicaciones han presionado a sus proveedores de energía a hacer un mayor uso de energías renovables, pero algunas otras pese a asumir condiciones verdes en sus proyectos siguen invirtiendo en energías sucias como petróleo o carbón.

Los gobiernos deberán impulsar y facilitar el acceso de energías renovables, a fin de disminuir los efectos negativos que el consumo de energía representa. En México es responsable del 19% de emisiones, siendo el segundo sector más contaminante. El internet sea convertido en una estructura que soporta las redes financieras de transporte y comunicación. Se calcula que la huella energética del sector de las tecnologías de la información equivale a un consumo de aproximadamente el 7% de la electricidad mundial. Y se cree que la triplicación prevista del tráfico global de internet para 2020 conllevará que la huella energética de internet aumente aún más, impulsada tanto por un crecimiento de nuestro consumo individual de datos, como por la extensión de la era digital a más población mundial: de los actuales tres mil millones de personas a más de cuatro mil millones a nivel mundial (Greenpeace, p. 2, 2017).

El consumo excesivo de tecnologías de la información dará paso a un incremento en los centros de datos, que requieren de grandes cantidades de energía para su funcionamiento. Por lo que en los próximos años la industria de las TI, fortalecerá y ampliará su infraestructura digital, y es que “el internet genera cuatro áreas principales de demanda de energía: centros de datos, redes de comunicación, dispositivos de los usuarios finales y la energía necesaria para fabricar los equipos necesarios para los tres anteriores” (Greenpeace, p. 2, 2017).

Es entonces que el consumo de internet dará paso a un consumo masivo de energía, esta demanda creciente tendrá consecuencias directas sobre la temperatura global, lo que acelerará aún más el cambio climático y la degradación del ambiente. Sin embargo, algunos instrumentos tecnológicos han disminuido el tiempo de carga de los dispositivos electrónicos, pero por otra parte existen mejoras en el almacenamiento de información como la nube o la banda ancha, que saturan los centros de datos, y que necesita de energía constante para mantener la cantidad de información que se genera.

Conclusión:

A lo largo del capítulo se han descrito las principales fuentes de contaminación que existen actualmente en el país. Entre los que destacan los relacionados con el uso de petróleo, como es el caso del consumo de gasolinas para el transporte y la generación de electricidad principalmente.

La importancia del petróleo en la economía mexicana, le ha permitido mejorar sus procesos productivos y lograr objetivos de desarrollo económico, social y tecnológico como lo fue en la Revolución Industrial. Lo que un inició mejoro las condiciones de vida de la población y permitió el crecimiento, actualmente ha generado impactos ambientales negativos, como lo es un incremento en los niveles de CO₂ (dióxido de carbono) cuyos efectos incluyen un aumento en la temperatura global y modificaciones en el clima que describen al cambio climático.

La forma de vida actual ha permitido un desarrollo acelerado de la tecnología, lo que ha impulsado no solo a México sino a las economías en general a hacer un uso mayor de la electricidad, y pese a que existen esfuerzos por incluir energías limpias durante los procesos productivos, su introducción apenas representa un porcentaje muy pequeño. Por lo que la aplicación de un impuesto ambiental al tráfico de datos, considerando las tendencias alcistas tanto de producción-consumo energético, conectividad y tiempo dedicado a internet podría

ser una alternativa en la disminución en las emisiones de CO2 y con ello generar la reducción en los efectos del cambio climático.

CONCLUSIONES GENERALES

A lo largo de esta investigación se presentan los efectos negativos sobre el medio ambiente, causados por las actividades humanas, las decisiones tanto de consumo como de producción son las principales causas del efecto climático, ya que han generado un aumento en la emisión de gases de efecto invernadero causantes de un aumento en la temperatura a nivel global. Actualmente uno de los sectores más contaminantes es la economía digital entre ellas la transmisión de datos, por el uso creciente en el consumo de electricidad ya sea industrial o residencial que ocasiona un incremento en la huella de carbono. La tendencia alcista en el tráfico de datos ha generado un incremento en la contaminación atmosférica, lo que ha provocado variaciones en la temperatura y modificaciones al clima, por lo que es necesario regular esta actividad a través de los impuestos ambientales buscando así reducir sus efectos sobre el cambio climático.

Dado que las causas del cambio climático son complejas y variadas al igual que sus efectos sobre la economía y el medio ambiente, se ha planteado un objetivo general que se centra en analizar los efectos que tienen las emisiones de gases de efecto invernadero para determinar sobre qué sector o industria se pueden implementar los impuestos ambientales, así como los mecanismos para su puesta en marcha. Esta idea se ha desarrollado a lo largo de la investigación, y para lograr su finalidad se han propuesto una serie de objetivos generales que nos permitan comprender el tema de manera general para aterrizarlo en nuestra idea principal. Los objetivos particulares buscan identificar en que consiste el cambio climático, así como sus efectos en la economía, explicar a partir de la literatura que son y cómo se ponen en marcha los impuestos ambientales, mostrar cual ha sido la experiencia internacional en el uso de los impuestos ambientales, describir a través de las metodologías existentes cual ha sido el desempeño o el grado de compromiso de los países en cuidar el medio ambiente, así como el cumplimiento de los acuerdos internacionales en materia

ambiental, e identificar en que sector de la economía mexicana sería recomendable introducir los impuestos ambientales.

Para ello se ha descrito a los gases causantes del cambio climático considerando tanto gases traza, es decir los que se encuentran de manera natural en la atmosfera y de manera antropogénica, así como la combinación de ambas. Los gases descritos son: dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O), óxido de azufre y partículas (SO₃), ozono troposférico (O₃), vapor de agua (H₂O), óxido de nitrógeno (NO_x), los compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano (COVDM), monóxido de carbono (CO), metano (CH₄) y los compuestos halogenados (CFCs), (HCFCs). Esta descripción de gases traza y gases antropogénicos nos permite conocer cuáles son aquellos que pertenecen a los componentes del sistema climático encargados de mantener el clima, la temperatura y las condiciones de necesarias para la vida en la tierra y cuales surgieron derivado de las actividades humanas.

El aumento en la emisión de gases de efecto invernadero, derivado de las actividades humanas ha generado que la temperatura y el clima se modifiquen, generando así efectos sobre la propiedad, los ecosistemas, el sector primario (entre otros), el bienestar humano y un incremento en el riesgo de desastres derivado de los desequilibrios que genera los GEI en los componentes del sistema climático. De manera que el equilibrio radiativo, es decir la energía recibida del sol, se concentra con mayor intensidad derivado de los GEI quienes atrapan esta energía y la distribuyen con mayor intensidad en los componentes del sistema climático, lo que eleva la temperatura a nivel global.

Una vez descrita la diferencia entre GEI natural y antropogénico, se observa que el equilibrio radiativo ha sido perturbado por las actividades humanas lo que ha generado que la temperatura tenga efectos importantes sobre sectores económicos como los mencionados anteriormente, por lo que es necesario la aplicación de metodologías que permitan resarcir el daño causado al medio ambiente, retomando las aportaciones de Pigou y Coase, sobre impuestos ambientales y acuerdos legales. Sus investigaciones sentaron las bases para reducir los daños ambientales que causan las actividades humanas al asignar un costo por

los daños causados, de manera que se afecta tanto a las decisiones de consumo como de producción que son fuente principal del cambio climático.

Una vez identificadas las herramientas ambientales que disminuyen los efectos del cambio climático, se observa la implementación de estos instrumentos verdes en países alrededor del mundo. Para efectos de comparación se toman aquellos países con mejor y peor desempeño ambiental de acuerdo con el EPIs, que es un indicador de desempeño ambiental y que muestra como resultados que los países con una mayor implementación de impuestos verdes han mejorado considerablemente sus ecosistemas.

En esta parte se observan dos diferencias importantes, la primera que los países desarrollados presentan en su mayoría un mejor desempeño ambiental que los países subdesarrollados. Segundo, que los países subdesarrollados presentan más dificultades a la hora de implementar políticas ambientales derivado de sus limitaciones económicas, y sobre todo del uso de energías como petróleo que son altamente contaminantes, pero resultan baratas y en muchos casos son la base de sus economías.

Sin embargo, desde el descubrimiento de los efectos de los GEI en el ambiente, a nivel mundial se han realizado consensos sobre sus posibles alternativas de solución a través de la cooperación entre países. En estos consensos mundiales, surgieron los “Acuerdos Ambientales Internacionales” que buscan crear lazos económicos entre los países del mundo a fin de mitigar los niveles de contaminación y adaptación frente a futuros desastres. El primer acuerdo internacional, el denominado Protocolo de Kyoto (1997) buscaba restringir las emisiones de GEI, seguido del Acuerdo de Paris (2020).

Estos acuerdos buscan crear relaciones sólidas económicas y tecnológicas entre países, facilitando sobre todo a los países subdesarrollados la transición hacia un modelo económico más sustentable. Pese a que existe un compromiso a nivel global en reducir las emisiones de GEI y el uso de energías sucias en los procesos productivos, la evidencia muestra que muchos países sobre todo en el caso de los subdesarrollados, manifiestan una regulación

ambiental muy deficiente o presentan subsidios en sus impuestos ambientales, como en el caso de México.

La mayor parte de la regulación ambiental mexicana, cuenta con impuestos ambientales en combustibles fósiles principalmente sobre el petróleo, cuya extracción y comercialización representa su base económica. Aunado a esto existe una falta de información, sobre métricas ambientales, lo que dificulta la implementación de nuevos instrumentos verdes y la posibilidad de mejorar las condiciones ambientales del país.

Esta ausencia de información obstaculiza determinar aquellos sectores de la economía que generan altos niveles de contaminación o en contraparte que las políticas ambientales han tenido el éxito deseado. En el caso de México observamos que el sector transporte ocupa el primer lugar en niveles de contaminación seguido de la generación de energía, que con la llegada de la economía del internet ha provocado que la mayor parte de las actividades se realicen mediante este mecanismo de información. Por lo que la generación de energía se ha incrementado para satisfacer la demanda de internet que genera un consumo de electricidad en cuatro áreas: centros de datos, redes de comunicación, dispositivos de los usuarios finales y la energía para fabricar los equipos necesarios para los tres anteriores. Mientras que el sector transporte, responsable del 26% de emisiones nacional, se le suman los subsidios que presentan los impuestos pigouvianos, lo que dificulta la reducción de gases contaminantes principalmente de CO₂.

Los subsidios en la política ambiental y el incremento en el uso de energía eléctrica, ponen a México en una situación poco favorecedora cuando de reducir sus emisiones se trata tanto como meta ambiental nacional como en su compromiso con el Acuerdo de París. La evidencia muestra tendencias alcistas en el uso de energías sucias para los sectores transporte y energía. Se observa, además, que los impuestos verdes se encuentran volcados en su mayoría al sector transporte, como en el caso del IEPS, en contraparte con el número reducido que presenta el sector energía, por lo que la introducción de un impuesto ambiental en este sector, con base en la experiencia internacional constituye una oportunidad de política sustentable.

La introducción de un impuesto ambiental en este sector muestra que existe una tendencia alcista en la conectividad y el almacenamiento de información que necesita ser soportado por centros de datos que hacen uso de energía eléctrica de manera continua lo que ha provocado que los niveles de contaminación se incrementen. En el caso de México muestra un mayor uso de energía sucia como el petróleo, en comparación con la energía verde que representa menos del 12%, lo que incrementa la temperatura y modifica el clima. Por lo que la aplicación de instrumentos verdes, deberá adecuarse a las condiciones económicas y sociales de cada país que partan de acuerdos ambientales internacionales, sólidos que faciliten una transición hacia un modelo económico más sustentable.

De manera que se plantea la introducción de un impuesto ambiental al tráfico de datos, que como se ha visto anteriormente muestra evidencia de que la presencia de instrumentos verdes mejora el desempeño ambiental de un país, con lo que el bienestar presente y futuro no se verá comprometido. Esta propuesta busca explorar un nuevo sector, no investigado aun por la economía mexicana que, sin embargo, representa una oportunidad de mitigar los efectos del cambio climático. La introducción de este impuesto ambiental debe retomar las aportaciones de Pigou al asignar un costo a las emisiones, este costo debe aplicarse tanto a las decisiones de consumo como de producción, causantes del cambio climático.

La aplicación de la fiscalidad ambiental, deberá ser acorde con las necesidades de cada país, que pueden resultar más complejas en el caso de los países subdesarrollados, por lo que deberán apoyarse en los acuerdos ambientales internacionales y adoptar más de un enfoque de fiscalidad verde. El diversificar su política ambiental le permite lograr las metas ambientales y lograr una mejor organización de objetivos en los diferentes niveles de gobierno, sobre todo en las acciones de mitigación y adaptación. De manera resumida la introducción de un impuesto ambiental en un sector no explorado les permite a los gobiernos alcanzar los niveles de bienestar ambiental, de manera que no se sobrecarga otros sectores de la economía, como en el caso de la gasolina. Este impuesto ambiental, no debe incluir ningún tipo de subsidio para hacer factible su objetivo de disminuir las emisiones de GEI, y

adaptarse a las condiciones propias de cada país sin descuidar la sostenibilidad económica y ambiental.

El presente trabajo de investigación ha despertado en mí el interés por el sector ambiental que ha sido muy poco explorado en el caso México, esto me ha impulsado a buscar alternativas de solución desde el punto de vista económico que puedan ser utilizadas como medidas de acción y mitigación que han tenido éxito en otros países. La situación epidemiológica actual, ha puesto en la mira los efectos de las actividades humanas sobre el ambiente, y que ha generado en mí la preocupación sobre la presencia de estos eventos de manera más recurrente por lo que la realización de esta investigación tiene como objetivo expresar los problemas ambientales que afectan al país y que no han sido regulados o discutidos por las autoridades.

Escribir la presente investigación me ha dejado la experiencia de centrar todos mis conocimientos y habilidades adquiridas en la licenciatura en un proyecto como lo es una tesis. El dejar plasmadas estas ideas representa la oportunidad de presentar mi punto de vista sobre un tema que ha sido tema de discusión desde hace más de 30 años y que, sin embargo, no ha sido tomado en cuenta de manera seria por nuestras autoridades, con lo que espero aportar un granito de ideas en la lucha contra el cambio climático.

Espero esta investigación genere interés y discusión dentro de las acciones de mitigación y adaptación contra el cambio climático además de dejar una puerta abierta para todo aquel que se encuentre interesado en continuar esta línea de investigación y aportar nuevas ideas que faciliten la transición hacia un modelo económico más sustentable con el ambiente, que beneficiara al planeta, incluidos nosotros.

BIBLIOGRAFÍA

- Acquatella, J. y Bárcena, A. (2005). *Política fiscal y medio ambiente. Bases para una agenda común*. CEPAL. Santiago de Chile. Disponible en: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/2434/S053143_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- AEMA, (2019). *Mitigación del cambio climático*. Disponible en: <https://www.eea.europa.eu/es/themes/climate/intro>
- Albert, L., (2004). “Contaminación ambiental. Origen, clases, fuentes y efectos”. *Revista de la facultad de salud pública y nutrición*, p. 228-231. Disponible en: <http://dsp.facmed.unam.mx/wp-content/uploads/2016/01/Contaminacion-ambiental-origen-clases-fuentes-y-efectos.pdf>
- Altamirano, T. (2014). *Refugiados Ambientales: cambio climático y migración forzada*. Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Disponible en: <http://www.corteidh.or.cr/tablas/r37751.pdf>
- Banco Mundial (2018). Casi la mitad de la población mundial vive con menos de USD 5.50 al día. Comunicado de prensa. Banco Mundial. Disponible en: <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2018/10/17/nearly-half-the-world-lives-on-less-than-550-a-day>
- Banco Mundial (2019). Cambio climático. Banco Mundial. Disponible en: <https://www.bancomundial.org/es/topic/climatechange/overview>
- Barde, J. P. (2005), “Reformas tributarias ambientales en países de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE)”, en Barcenas, A. y J. Acquatella (coords.), *Política fiscal y medio ambiente. Bases para una agenda común*, Naciones Unidas-CEPAL, Santiago de Chile, p. 105-126. Disponible en:

https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/2435/S053143_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- BBVA (2018). Bonos verdes: que son y cómo funcionan. BBVA. Disponible en: <https://www.bbva.com/es/bonos-verdes-que-son-que-financian/>
- Benavides H., y G., León, (2007). “Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático”. Documento de investigación No. 008-2007. Bogotá DC: nota técnica del IDEAM. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+e+l+Cambio+Climatico.pdf>
- Berners-Lee, M. (2011), How bad are bananas? The carbon footprint of everything, Greystone Books, UK. Disponible en: <https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=olm9BwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP6&dq=Mike+Berners-Lee+&ots=8Z2TX-d08&sig=0698EAVFYF2CQMdT45X-RDZJdNs#v=onepage&q=Mike%20Berners-Lee&f=false>
- BMV (2018). Bonos Verdes. Grupo BMV. México. Disponible en: https://www.bmv.com.mx/docs-pub/MI_EMPRESA_EN_BOLSA/CTEN_MINGE/BONOS%20VERDES.PDF
- Caballero, M., Lozano, S., y Ortega, B. (2007). “Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: una perspectiva desde las ciencias de la tierra”. *Revista digital universitaria*, 8(10), p. 1-11.
- Camacho, A. y Ariosa L., (2000). Diccionario de términos ambientales. Publicaciones Acuario-Centro Félix Varela. La Habana.
- CEPAL/PNUD (2002). “Desafíos y propuestas para la implementación más efectiva de Instrumentos económicos para la gestión ambiental en América Latina y el Caribe”. CEPAL, Santiago de Chile. Manuales series 18. Disponible en: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5572/1/S0210017_es.pdf
- CISCO (2020). Informe anual de Internet de Cisco (2018–2023). Consultado el 16 de octubre del 2020. Disponible en: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.html>

- CNDH, (1993). Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. CNDH. Disponible en: <http://www.cndh.org.mx/DocTR/2016/JUR/A70/01/JUR-20170331-II30.pdf>
- Coase, R. (1960), “The problem of social cost”, *The Journal of Law and Economics*, 3, p. 1-44.
- Comisión Europea (2019). Base de datos de emisiones para la investigación atmosférica global. Comisión Europea. Disponible en: <https://edgar.jrc.ec.europa.eu/>
- Cropper, M. y Oates, W. (1992). “Environmental Economics: A Survey”. *Journal of Economic Literature*, 30 (2), p. 675-740.
- Dourojeanni, A., (1999). “La dinámica del desarrollo sustentable y sostenible”. CEPAL, LC/R-1925. Disponible en: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/19862/S9970510_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Fankhauser, S. (2013). *Valuing climate change: the economics of the greenhouse*. Earthscan Publications Limited. London.
- Galán, J. (2019). Impuestos ambientales en México y experiencias internacionales, Cuaderno de Investigación en Finanzas Públicas, 18. Disponible en: <http://bibliodigitalibd.senado.gob.mx/handle/123456789/1875>
- Galán, J. y Clavellina, J. L. (2020), “Impuestos ambientales. Una opción para evaluar la recaudación y mejorar el medio ambiente”, *Pluraridad y Consenso*, 10(46), p. 82-94. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/349009255>
- Galindo, L. y Caballero, K., (2011), “La economía del cambio climático en México: algunas reflexiones”, *Gaceta de Economía*, 16, p. 85-113.
- Galindo, L., Samaniego, J., Ferrer, J., Alatorre, J., y Reyes, O. (2016). Cambio climático, políticas públicas y demanda de energía y gasolinas en América Latina: un meta-análisis. Documento de Investigación 718, CEPAL. Disponible en: <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/40841>
- García, A. (2017). Impuestos ambientales: explicación, ejemplos y utilidad, *CIEP*. Disponible en: ciep.mx/FHzE

- Garea, B., Pichs, R. y González, Z., (2018). El cambio climático, sus consecuencias e impactos. *UNESCO*, Havana. Disponible en: <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Havana/pdf/cap1.pdf>
- Gobierno de la Republica (2013). Estrategia Nacional de Cambio Climático visión 10-20-40. Consultado el 4 de septiembre del 2020. Disponible en: https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2013/07/estrategia-nacional-cambio-climatico_vision10-20-40.pdf
- Gobierno de la Republica (2014). Compromisos de mitigación y adaptación ante el cambio climático para el periodo 2020-2030. Consultado el 21 de noviembre del 2020. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/162974/2015_indc_esp.pdf
- Gobierno de la Republica (2019). Tenencia Consulta y Pago del Adeudo Vehicular Mexicano. Consultado el 30 de octubre del 2020. Disponible en: <https://www.tenenciavehicular.com.mx/>
- Gómez, P. (2010). “La Re-evolución de la energía”. En García, J. L., Jiménez, J. C. (eds). *El sector energético ante un nuevo escenario*. Comisión Nacional de la Energía / CIVITAS / Thomson Reuters.
- González, J. (2009). Pobreza y cambio climático. *NU-PNUD* 52. Disponible en: <http://www.keneamazon.net/Documents/Publications/Virtual-Library/Impacto/76.pdf>
- Guzmán, J. Lara V., Fuentes, F., y Veroz, R. (2006). “La reforma fiscal ecológica en la Unión Europea: antecedentes, experiencias y propuestas”. *Revista de Economía Institucional*, 8(15), p. 321-332.
- IFT (2019). Uso de Internet en México, IFT. Consultado el 4 de agosto del 2020. Disponible en: <http://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/estadisticas/usodeinternetenmexico.pdf>
- INECC (2018). ¿Qué es el clima? . *Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático*. Disponible en: <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/que-es-el-clima>
- INECC, (2018). Causas del cambio climático. Consultado el 24 de octubre del 2020. Disponible en: <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/causas-del-cambio-climatico>
- ITESM, (2012). Mecanismos de Desarrollo Limpio. Consultado el 30 de septiembre del 2020. Disponible en: http://www.cca.org.mx/ps/funcionarios/cursos/cc_md/m4/1.html

- Kaeslin, E., Redmon, I. y Dudley, N. (2013). “La fauna silvestre en un clima cambiante”. *Estudios FAO Montes* 167. Disponible en: <http://www.fao.org/3/i2498s/i2498s.pdf>
- Labandeira, X. y Gago, A., (1998), “La economía política de los impuestos ambientales”, *EKONOMIAZ. Revista vasca de economía*, 40(1), p. 208-221.
- Lopez, V., (2010). “Equilibrio ecológico y deterioro ambiental”. Notas de clase. *Facultad de Ciencias*, UNAM. Disponible en: http://www.paot.org.mx/contenidos/paot_docs/cursos/2012/pdf/III_Equilibrio_Deterioro_Ecologico.pdf
- Magaña, V. (2004). “El cambio climático global: comprender el problema”. En Martínez, J. y Fernández, A. (comps). *Cambio climático: una visión desde México*. SEMARNAT-INE. México.
- Manteiga, L. (2000). “Los indicadores ambientales como instrumento para el desarrollo de la política ambiental y su integración en otras políticas”. *Estadística y medio ambiente*, p. 75-87. Disponible en: <http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/1177.pdf>
- Martín V. (2016). El sistema climático de la tierra. Consultado el 10 de septiembre del 2020. Disponible en: http://meteo.fisica.edu.uy/Materias/climatologia/teorico_climatologia_2016/TEMA1_climatologia2016.pdf
- Mendezcarlo, V., Medina, A. y Becerra, G. E. (2010), “Las teorías de Pigou y Coase, base para la propuesta de gestión e innovación de un impuesto ambiental en México”, *Tlatemoani* (2). Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7306141>
- Myers S. (2017). “Global Warming Threatens Nutrition. Living on Earth PRI's”. *Environmental News Magazine*. Disponible en: <https://loe.org/shows/segments.html?programID=17-P13-00040&segmentID=3>
- Nelson, G., (2009). El impacto en la agricultura y los costos de adaptación. Informe del Cambio Climático. Política alimentaria, 33708 (566). DOI: 10.2499/0896295370

- OCDE, (2012). El sistema tributario, innovación y el medio ambiente, OCDE-Foro Consultivo Científico y Tecnológico, México. Disponible en: http://www.foroconsultivo.org.mx/libros_editados/sistema_tributario.pdf
- OMS (2019). Departamento de Salud Pública, Medio Ambiente y Determinantes Sociales de la Salud. Disponible en: https://www.who.int/phe/about_us/es/
- OMS, (1996). “¿Qué calidad de vida?”. La gente y la salud. 17 (4), p. 385-387. Disponible en: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/55264/WHF_1996_17_n4_p385-387_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- París, E., Bettini, M., Molina, H., Mieres, J., Bravo, V., y Ríos, J. (2009). “La importancia de la salud ambiental y el alcance de las unidades de pediatría ambiental”. *Revista médica de Chile*, 137(1), p. 101-105. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-98872009000100016
- Pigou, A. (1920). *The economics of welfare*. Macmillan and Co, London.
- PNUMA (2005). Manual de Ciudadanía Ambiental Global: Cambio Climático: Proyecto Ciudadanía Ambiental Global. *Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente*. Disponible en: <https://parlatino.org/pdf/temas-especiales/pnuma/cambio-climatico.pdf>
- PNUMA (2007). *Cambio Climático 2007: Informe de síntesis*, PNUMA, Suiza. Disponible en: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4_syr_sp.pdf
- Quiroga, R. (2007). Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible: avances y perspectivas para América Latina y el Caribe. *CEPAL*, Santiago de Chile. Manuales series 55. Disponible en: <https://eco.mdp.edu.ar/cendocu/repositorio/00552.pdf>
- Ramírez, L., (2011). *La atmósfera terrestre. Característica y propiedades*. INTEF, Madrid. Disponible en: http://recursostic.educacion.es/newton/web/materiales_didacticos/EDAD_1eso_05_la_atmosfera/contenido/1q5/pdf/quincena5.pdf
- Rodríguez Y., (2018). Potenciar la resiliencia de las ciudades y sus territorios de pertenencia en el marco de los acuerdos sobre cambio climático y de la Nueva Agenda Urbana. *CEPAL*, Santiago de Chile. Documentos de Proyectos LC/TS.2018/91. Disponible en: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44218/1/S1800995_es.pdf

- Sandoval, C. (2008). “Análisis comparativo de la fiscalidad ambiental en México y en Europa: Opciones de cooperación en el marco del acuerdo de asociación económica”. *Revista Electrónica Iberoamericana*, 2 (1), p. 141-159. Disponible en: https://www.urjc.es/images/ceib/revista_electronica/vol_2_2008_1/REIB_02_01_Sandoval_Cabrera.pdf
- Sarmiento, F. (2000). *Diccionario de ecología: paisajes, conservación y desarrollo sustentable para Latinoamérica*. Editorial Abya Yala. Quito.
- SEDEMA (2018). Cambio Climático, lo que debes saber, CDMX. Consultado el 4 de septiembre del 2020. Disponible en: <https://www.sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/cambioclimatico.pdf>
- SEDEMA, (2018). Impactos y costos Económicos del cambio climático CDMX. Disponible en: http://www.data.sedema.cdmx.gob.mx/cambioclimaticocdmx/images/biblioteca_cc/Costos_cambio_climatico_vf.pdf
- SEMARNAT (2008). El efecto invernadero. Consultado el 20 de noviembre del 2020. Disponible en: http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_R_AIRE02_01&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce
- SEMARNAT (2012). Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero, 1990-2010. Consultado el 12 de octubre del 2020. Disponible en: http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_R_AIRE02_02&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce
- SEMARNAT (2016). Mecanismo de Desarrollo Limpio. Consultado el 30 de septiembre del 2020. Disponible en: http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/approot/dgeia_mce/html/RECUADROS_INT_GLOS/D3_ATMOSFERA/D3_Aire_02/D3_R_AIRE02_05.htm
- SEMARNAT (2018). Recursos forestales. Consultado el 27 de noviembre del 2020. Disponible en: https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/indicadores19/conjuntob/07_forestales/07_forestales_presion.html

- Senado de la República (2012). Opinión de la Comisión Especial de Cambio Climático de la H. Cámara de Senadores, que se formula con relación al Oficio que remite Enmienda de Doha al Protocolo de Kyoto a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Consultado el 30 de septiembre del 2020. Disponible en: https://www.senado.gob.mx/comisiones/cambio_climatico/docs/OPINION_DOHA-KIOTO.pdf
- SENER, (2018). Balance Nacional de Energía, 2018. Consultado el 7 de agosto del 2020. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/528054/Balance_Nacional_de_Energ_a_2018.pdf
- SHCP (2016). Ley del Impuesto Especial sobre Producción y Servicios. Consultado el 13 de septiembre del 2020. Disponible en: https://www.sep.gob.mx/work/models/sep1/Resource/17e0fb21-14e1-4354-866e-6b13414e2e80/ley_impuesto_especial.pdf
- SHCP (2016). Ley Federal de Impuestos Sobre Automóviles Nuevos. Consultado el 27 de noviembre del 2020. Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/123_140120.pdf
- Uresandi, J., Navarro, F. J., San Martín, A. y Villanueva, J. A. (1999). *Construcción y medio ambiente*. CEIDA-Gobierno Vasco. Disponible en: https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/ud_fp_ea/es_def/adjuntos/UD_FP_Construccion%20y%20medio%20ambiente_2004HR.pdf
- Vázquez, V., (2014). “Externalidades y medioambiente”. *Revista Iberoamericana de Organización de Empresas y Marketing*, 2, p. 1-15.
- WCED, (1987). Our Common Future, World Commission on Environment and Development, United Nations General Assembly. Disponible en: <http://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0506189>
- WE ARE SOCIAL, 2020. DIGITAL, 2020: MÉXICO. Consultado el 29 de agosto del 2020. Disponible en: <https://datareportal.com/reports/digital-2020-mexico>
- Wending, Z., J. Emerson, D. Esty, D., M. Levy y A. Sherbinin (2020). 2020 Environmental performance index. Global metrics for the environment: ranking country

performance on highpriority environmental issues, New Haven, CT: Yale Center for Environmental Law & Policy, Disponible en: <https://epi.yale.edu/about-epi>