



---

---

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ECONOMÍA**

“Patrones de producción y consumo como factores de la  
degradación de los ecosistemas en México 2006 – 2016 “

**TESIS**

Que para obtener el título de Licenciada en Economía

Presenta:

Claudia Pérez González

Asesora:

Dra. Rosalba Polanco Píneros

Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2019





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

## Índice

Introducción.....	4
<b>Capítulo I. Pensamiento Económico Ecológico.....</b>	<b>14</b>
1.1 Antecedentes de la relación economía- ecológica.....	15
1.2 Economía ecológica.....	16
1.3 Principios de la economía ecológica.....	17
1.3.1. Restricciones materiales.....	18
1.3.2. Sustentabilidad.....	23
1.3.3 Principio de incertidumbre e irreversibilidad.....	26
1.3.4 Instituciones.....	31
1.3.5 Patrones de producción y consumo.....	31
1.4 Evaluación de los ecosistemas.....	34
<b>Capítulo II. Ecosistemas y Biodiversidad en México.....</b>	<b>39</b>
2.1 Ecosistemas.....	40
2.1.1 Importancia de la relación Ecosistemas y biodiversidad en México.....	41
a) Diversidad de ecosistemas en México.....	42
b) Provisión de servicios ambientales.....	47
2.3 Biodiversidad de especies y genes.....	51
2.3.1 Diversidad genética.....	55
2.3.2 Potencial económico de la biodiversidad.....	56
<b>Capítulo III. Factores próximos de destrucción de ecosistemas y disminución de la biodiversidad en México.....</b>	<b>61</b>
3.1 Factores directos o próximos.....	61
3.1.1. Cambios en la cobertura y uso de suelo.....	62
3.1.2. Especies invasoras.....	67
3.1.3. Sobreexplotación.....	71
3.1.4. Contaminación.....	87
5. Cambio Climático.....	94
<b>Capítulo IV. Factores de raíz de la degradación de la biodiversidad en México.....</b>	<b>97</b>
Afluencia.....	100
4.1. Sector productivo.....	100
4.1.1 Generación directa de contaminación.....	101
4.2 Consumo comercial.....	113
4.2.1 Incentivo de necesidades ficticias.....	114

<b>Aprovechamiento de recursos .....</b>	<b>123</b>
<b>Conclusiones Generales .....</b>	<b>126</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>135</b>

## Introducción

Este trabajo de investigación cobra relevancia al tener como objeto de estudio a la esfera ecológica donde se generan las condiciones materiales fundamentales que sostienen la existencia de la vida, y que por lo tanto permiten que se dé el desarrollo de nuestras relaciones como sociedad. Con los ritmos de devastación ambiental incremental en los que nos hemos encontrado inmersos durante los últimos 12 años, se vuelve necesario analizar la problemática relacionada con la depredación ambiental con el fin de encontrar las razones de fondo que están acelerando el proceso de disminución de la biodiversidad. Así como describir las causas que generan un mayor impacto negativo en los ecosistemas de México, poniendo especial atención en el impacto hacia la biodiversidad, dada su importancia fundamental en procesos ecológicos y económicos.

El enfoque geográfico del trabajo se da por la posición única de México frente al resto del mundo a causa de su gran diversidad biológica y cultural. Se encuentra dentro de los primeros cinco países megadiversos del planeta, alberga al 12% de la diversidad mundial (CONABIO, 2006), a pesar de que su territorio no es tan extenso como el de los países megadiversos que sobrepasan su posición, y esto es porque dentro de su territorio se reproducen prácticamente todos los ecosistemas conocidos. Adicionalmente, gran parte de la diversidad de México es exclusiva de nuestro territorio, es decir, son endémicas, y esto significa que nuestra responsabilidad con la protección de la biodiversidad debe ser aún mayor ya que si alguna de éstas especies se extingue del país, desaparecerá completamente del planeta, lo cual puede traer desequilibrios ecológicos a nivel global –en menor o mayor grado-, ya que la particular biodiversidad de México genera servicios ambientales para el país y para el resto del mundo, tan solo el 15.4% de las especies que se consumen como alimento en el mundo tienen su origen en México (CONABIO, 2006).

Particularmente me atrajo el tema de la Economía ecológica, ya que me parece una vía integral para poder acceder a los objetivos que se me propusieron a lo largo de mi educación y aprendizaje. De acuerdo con la formación educativa que adquirí desde la Escuela Nacional Preparatoria UNAM (ENP), como estudiantes de ciencias sociales se nos instruye para asumir el desafío de contribuir desde el estudio de lo social a construir sociedades más justas, equitativas y respetuosas de las diversidades . Éstos valores estuvieron especialmente presentes -y lo siguen estando- durante mis estudios en la Facultad de Economía UNAM (FE) , donde asumí una idea general que me dieron acerca de lo que trata la ciencia económica, en términos sencillos fue: “La economía es la ciencia encargada de optimizar los recursos escasos”, pero a lo largo de mis estudios existió una divergencia entre los valores de las ciencias sociales y la idea general de lo que trata la Economía, ya que no fue posible abordar profundamente la escasez de los recursos, un hecho que pienso puede ser satisfecho con un estudio amplio sobre la Economía ecológica y ambiental, ya que como economistas debemos trabajar sobre existencias de recursos ya dadas –resultado de decisiones que parecen basarse en ideas artificiales y no siempre racionales ambientalmente, que obedecen a la demanda de poblaciones crecientes, con culturas de consumismo, por un lado; mientras que por el otro, la necesidad de generar ganancias por medio de la disminución de costos (con los respectivos impactos sociales) y un cada vez mayor volumen de producción que promueve valores no deseados- para luego optimizarlas pero solo con beneficios para algunos.

Finalmente, es importante abordar este tema porque estamos en un momento en el que aún existe un gran acervo genético de especies, y no podemos esperar a que la tendencia a una acelerada disminución genere una crisis ecológica de alto impacto, en la que las posibilidades para actuar, al menos en lo económico y social sean pocas o nulas, y donde aumenten situaciones ecológicas irremediables. Y para actuar con medidas significativas que busquen prevenir o generar resiliencia, es necesario contar con información puntual y lo más reciente dentro de lo posible, que

sea relativa al tema y con ello proporcionar una imagen más nítida del grado de devastación.

Como un esfuerzo por rebatir las tendencias y problemáticas actuales, este trabajo de investigación tiene como objetivo general, el generar un recurso útil que identifique los principales procesos (directos e indirectos) de degradación ecosistémica en México y describirlos a través de un enfoque que no sea simplemente remediador. Para acceder a este objetivo es necesario usar un enfoque más amplio, profundo e incluyente, es por ello que en esta investigación se busca integrar a tres categorías globalizadoras de la problemática ambiental como son: causas naturales, económicas y sociales. De forma especial, el hecho de que nuestro ámbito de estudio sea una ciencia social, las dos últimas esferas son las que despiertan mayor interés y preocupación.

El análisis de los patrones de producción y consumo se da a través de la óptica del concepto de escasez, esto es utilizando el concepto en un sentido más amplio que ayude a evitar algunos peligros del individualismo metodológico, que surgen más claramente cuando se busca hacer un estudio conjunto de economía y ecología. La definición de “escasez”, se complementa con la perspectiva del autor Murray Bookchin (1978) en su libro *Por una sociedad ecológica*, donde la designa como: “... la existencia histórica de la carencia en todo lo que atañe a los medios de existencia fundamentales, así como la necesidad de pasarse toda una vida trabajando para solucionar esta carencia, y no para designar la proliferación de necesidades ficticias, la abundancia destructora, el crecimiento económico y el trabajo obsesivo que se exigen para satisfacerlas”.

Incluir el enfoque de escasez propuesto por Bookchin (1978), es útil para discernir entre las necesidades básicas humanas y las ficticias. De modo que se prioricen las primeras en la búsqueda de la maximización de su utilidad, así como de una eficiente explotación; esto traerá a su vez una minimización del impacto negativo en la biodiversidad, ya que representan una mayor demanda; y relegar a segundo

término a las necesidades ficticias que generan un impacto negativo adicional e innecesario hacia los ecosistemas, y por tanto hacia la biodiversidad.

En un análisis puramente social, las necesidades, ya sean básicas o no básicas son motivo de preocupaciones económicas, y al hacer uso de otra óptica para su revisión, se está enriqueciendo al actual objeto de estudio de la economía, al llevar a la reflexión algunas concepciones que surgen del individualismo metodológico, como por ejemplo el uso de curvas de indiferencia infinitas que denotan y aceptan la existencia de necesidades infinitas para las cuales la sociedad trabaja por satisfacer la que se encuentre más alejada del origen, si esta lógica no incluye un enfoque ambiental representa un peligro para el bienestar de la biosfera y por ende para la existencia de biodiversidad, ya que subordina la naturaleza a unos irracionales requerimientos del hombre.

Este enfoque ampliado del análisis de la escasez es necesario por el origen holístico de la ciencia económica –del cual habla Robert Costanza en su libro Economía y Ecología- que en sus orígenes abarcaba implícitamente, en su estudio, el medio natural que rodeaba al ser humano como el medio del cual le era posible satisfacer sus necesidades, y por tanto tenía que optimizar –o hacer una economía de la naturaleza- y proteger. Una importante motivación para realizar éste trabajo es para hacer un análisis que intente reunir dentro de lo posible a dos ciencias separadas, por la tendencia a la especialización, que analíticamente pueden brindar resultados más apegados al funcionamiento de la realidad, ya que su complejo funcionamiento se da por medio de relaciones dinámicas entre los distintos conjuntos que la conforman, siendo la economía un subconjunto de la biosfera y, por tanto, su funcionamiento está restringido y condicionado por las leyes que gobiernan el funcionamiento de la propia biosfera, esto es, las leyes de la termodinámica y de la ecología (Carpintero, 2007).

De modo particular, los objetivos que se perseguirán en este trabajo son: a) - analizar las argumentaciones más importantes que pretenden explicar el problema

de la depredación de la biodiversidad; b) conocer la importancia –social, económica y ecológica de la existencia de una abundante biodiversidad en México; c) describir la degradación de los ecosistemas mexicanos a través de los factores próximos y los factores de raíz; d) conocer las consecuencias de la degradación de los ecosistemas.

En el primer capítulo de este trabajo, se hace una revisión de las principales argumentaciones para abordar la problemática ambiental retomando la histórica e indisociable relación del hombre con la naturaleza de modo ambivalente. En la relación hombre-naturaleza, el hombre ha sido el creador de una “segunda naturaleza” (Bookchin, 1978), esto es, una naturaleza domesticada para satisfacer sus necesidades inmediatas, es decir, una naturaleza humanizada; por otro lado, en la relación naturaleza-hombre, la naturaleza, con sus distintos ecosistemas ha influido en la creación de múltiples tipos de culturas en todo el mundo.

La relación de la naturaleza con el ser humano es inherente a ambos. La naturaleza, conocida en términos de la ciencia ecológica como biosfera, es el conjunto que alberga a la biomasa y sus interacciones físicas y químicas con el entorno. Los seres humanos somos parte de esa biomasa y nos encontramos insertos en ecosistemas donde gracias a la existencia de la biodiversidad –de los distintos organismos vivos– y sus complejas relaciones entre ellos y el entorno, es posible que nos brinden en conjunto los distintos ecosistemas que nos proveen de todos los servicios ambientales - servicios ambientales de provisión, servicios ambientales de regulación, servicios ambientales de soporte y servicios ambientales culturales - necesarios para que exista la vida humana y sus relaciones como sociedad.

La relación inversa, es decir, del hombre hacia la naturaleza, se da mediante la manipulación del entorno para su beneficio, con lo que se origina una “segunda naturaleza”. La razón de ser de los cambios antropológicos en la naturaleza han consistido, de acuerdo con el autor Murray Bookchin en su libro *Por una sociedad ecológica*, en liberar de la fatiga y la inseguridad material al hombre. Esta

predisposición humana –de conseguir los medios de subsistencia con un menor esfuerzo- ha traído como consecuencia la idea de centralizar los servicios que provee la biosfera únicamente hacia la utilidad humana.

Esta visión antropocéntrica se caracteriza a sí misma por estar centrada en la satisfacción de necesidades únicamente humanas, ya sean necesidades básicas para la subsistencia hasta las necesidades inducidas que llegan a ser las más dañinas (consumismo) . Al respecto de esto, en los últimos dos siglos, sobre todo en las últimas cuatro o cinco décadas, la actividad humana se ha convertido en un factor de modificación profunda de la naturaleza y de los procesos ecológicos (CONABIO, 2006).

El impacto de la intensiva actividad humana para satisfacer necesidades en incremento ya sea por un mayor número de población que requieren satisfacer sus necesidades básicas, o por el incremento de la creación de incentivos hacia las necesidades secundarias, ya está mostrando un fuerte daño en la biosfera y en algunos casos irreparable, para diversos investigadores.

En la actualidad, aún desde el punto de vista de la centralización de los recursos naturales para la utilidad humana, diversos autores sostienen que existen las condiciones tecnológicas y naturales para poder satisfacer las necesidades básicas materiales de toda la sociedad, pero el potencial de la tecnología que eficientiza el aprovechamiento de los recursos naturales explotados, no ha sido asumido; aunado a la problemática de la concentración de privilegios materiales en unos pocos, al despilfarro de recursos, el uso de la tecnología en el contexto de una sociedad basada en la “producción por la producción misma” (Bookchin, 1978), uso de tecnologías ineficientes que aumentan la entropía y devastación de la biodiversidad. Con estas acciones, se ha negado a la sociedad en general, la posibilidad acceder a mejores condiciones de vida.

A lo largo del tiempo, se han intentado abatir las anteriores acciones que evitan llegar a un punto de equilibrio en la relación hombre – naturaleza, mediante esfuerzos como crear valores ambientales y sociales, evitar las conductas irracionales y privilegiadas que provocan devastación a una mayor velocidad y escala de la biosfera, creación de sanciones a ciertas actividades, nuevas reglas, recomendaciones internacionales, impuestos y acciones en general a favor del desarrollo sustentable y la protección del medio ambiente incluyendo a la biodiversidad, impulsados por organismos internacionales como el Banco Mundial, Fondo Monetario Internacional, CEPAL, Conferencias Mundiales sobre Medio Ambiente, Cumbres; a nivel de gobiernos nacionales se han firmado Tratados Internacionales y políticas; se han creado Organizaciones No Gubernamentales (ONG), así como nuevas instituciones nacionales y locales; y se han generado mercados (Costanza, 2000) que buscan regular la explotación desmedida.

Sin embargo, los esfuerzos llevados a cabo están siendo insuficientes, la actual crisis ambiental provocada por la acentuada tendencia de la degradación de ecosistemas nos lleva a afirmar esto. Una de las causas de mayor impacto de este fracaso es que existen vacíos relativos a los temas de degradación de los ecosistemas, principalmente en el planteamiento de las problemáticas, investigación y acceso a información actualizada.

En el segundo capítulo de este trabajo se aborda el objetivo de la importancia social y ecológica de la existencia de una abundante biodiversidad en México, por ser un tema profundamente desatendido en la vida nacional. La biodiversidad tiene una importancia económica, además del mencionado hecho de ser la base material para cualquier actividad económica y de la influencia de la naturaleza en la constitución de las estructuras sociales y culturales, en un aspecto más específico, entre mayor sea el acervo genético con el que cuente un país, mayor será la cantidad de bienes públicos -como los servicios ambientales- y otros bienes y servicios comerciales, que una economía nacional puede ofrecer, con lo cual es posible generar las

condiciones de crecimiento y desarrollo económico que pueden procurar un mayor bienestar.

Trasladando esta problemática a un contexto de relevancia, cabe preguntarse si realmente ¿se está dando una mayor disminución de la biodiversidad en nuestro país? En México existen diversas evidencias de que el subsistema económico, ya ha alcanzado o excedido los límites importantes de la biosfera como fuente de recursos naturales y de sumidero de CO<sub>2</sub> (Costanza, 1999), es decir, la biocapacidad. Para responder a esta pregunta, en el capítulo tres se revisa el comportamiento que han seguido los indicadores de cada una de las evidencias en nuestro país.

Entre las que más resaltan está la alta temperatura ambiental percibida en México en el año 2016 donde la temperatura global se situó 1,1 grados centígrados por encima de la que había en la era preindustrial (CINU, 2017), lo que habla de un cambio climático que afecta la existencia de distintas especies. Una segunda evidencia es la ruptura de la capa de ozono, que ha mejorado paulatinamente –en cuanto al grosor de su estructura dañada- según un comunicado emitido por la revista Ciencia UNAM, pero aun así sus efectos persisten . La tercer evidencia es la devastación del suelo, en el informe de la Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre que realizó la Semarnat en 2003 (CONABIO, 2006) el 44.9% de los suelos del país estaban afectados por algún proceso de degradación , este daño generalmente tiende a aumentar conforme más suelo marginal se destina a la producción (Costanza, 1999), adicionalmente según datos de la Semarnat, han disminuido dramáticamente todos los programas de conservación de suelos, casi hasta su desaparición total para el año 2012; finalmente el daño a la biodiversidad deja como saldo hasta el 2012 a 2486 especies en peligro de extinción en México (Semarnat, 2012), a causa de la invasión ilegal de hábitats para su explotación, corrupción, violencia, cambio climático, y otras evidencias.

Una consecuencia social que evidencia un interés económico sobre el bienestar de los ecosistemas consiste en la creciente tendencia de asesinatos de activistas de movimientos ecológicos. Este hecho puede interpretarse como una disminución de obstáculos para una explotación desmedida de recursos naturales. Casi tres cuartas partes de los asesinatos de activistas a nivel internacional son en centro América y Sudamérica (Malkin, 2017) lugares con una gran riqueza biológica. El año 2015 ha sido el año con más activistas ecológicos asesinados en lo que va del siglo, 69 más que en año anterior (Sánchez, 2016).

Es claro que la degradación de los ecosistemas es un hecho en México, y por ello cabe preguntarse ¿Cuáles son las causas de esta acelerada disminución? y si ¿Son las causas de origen antropogénicas las que tienen mayor impacto en la mayor disminución de biodiversidad en México? A lo largo de éste trabajo se sostiene que la creciente tendencia de la devastación de los ecosistemas en México es originado, en gran medida, por los cambios en el proceso socioeconómico, específicamente, con los cambios en los patrones de producción y consumo, los cuales tienden a incrementar la extracción insustentable de recursos, el uso ineficiente de los recursos – incluyendo procesos de alta entropía-, generación de contaminación y externalidades. Esta hipótesis es explicada en el capítulo cuatro de este trabajo mediante la revisión del comportamiento de los patrones de producción y consumo de los últimos años.

Finalmente es importante conocer de qué modo nos impactarán los actuales ritmos de la lógica actual de las interacciones de la esferas económicas, ecológicas y sociales. Dentro de las principales consecuencias de la degradación de ecosistemas se encuentra la disminución del acervo genético disponible en nuestro país, es decir, de la biodiversidad de México, lo que trae consigo otros efectos importantes como el desequilibrio de procesos naturales, y por ende el cambio en la provisión de servicios ambientales, pudiendo afectar a más de una especie -la nuestra- y generar así otros cambios perjudiciales, para los que no es posible saber

si existirá un resarcimiento o resiliencia a través de innovaciones tecnológicas, ya que en la biosfera existen límites para la biocapacidad.

## Capítulo I. Pensamiento Económico Ecológico

Para esta investigación se hace imprescindible el uso del enfoque que proporciona la Economía ecológica, el cual hace posible reunir de forma integral a fenómenos socioeconómicos y ecológicos para el análisis, específicamente los elementos teóricos que ayuden a explicar los patrones de producción y de consumo, que son responsables de generar externalidades negativas hacia el medio ambiente, y con ello la devastación de los ecosistemas y la reducción de la biodiversidad.

Las esferas económica, social y ambiental deben estudiarse conjuntamente para comprender su correlación y codependencia. Mediante este análisis, las problemáticas abordadas y los resultados que se generen en la presente investigación brindarán componentes más significativos para la ciencia económica. La economía ecológica es un enfoque que agrega valor al abordar algunas omisiones de la economía convencional, y del mismo modo lo hace con la esfera social. Cuando se usa al análisis ecológico como insumo en la investigación económica, pueden existir valiosos aportes para el objetivo de bienestar social -éste enfoque busca alcanzar escalas sustentables, distribución y asignación justa, mediante la integración de los elementos, instituciones e instrumentos nuevos, es decir, se trata de un análisis inclusivo acerca de la forma como funciona el mundo (Costanza, 1999).

La teoría que sustenta la economía ecológica internaliza ampliamente las restricciones que impone el ambiente hacia las distintas esferas de acción humana, aún así existen serias limitaciones prácticas para convertirla en políticas públicas, ya que en este sector prevalece un limitado conocimiento del comportamiento de los ecosistemas (CEPAL,2018), su funcionamiento y evolución. Por este motivo se hace necesaria la visión integral del problema, como la que ofrece la corriente teórica que se pretende abordar en esta investigación, con el objetivo de producir conocimiento útil para la generación de normas útiles en las interacciones sociales - ecológicas.

## 1.1 Antecedentes de la relación economía- ecológica

Las preocupaciones económicas fundamentadas en temas relativos a la biosfera, se abordaron de una manera más amplia dentro de la economía clásica y la economía neoclásica, pero esto no significa que se haya abordado de una forma transdisciplinaria como se hace en la Economía ecológica. Los antecedentes al pensamiento de la Economía ecológica le daban a la biosfera un tratamiento únicamente como un recurso explotable y no como el elemento vivo que sostiene cualquier relación social. La *Economía ecológica* es producto de un desarrollo histórico evolucionista, estudia las distintas interacciones entre sistemas económicos y sistemas ecológicos

<b>Cuadro 1.1 Antecedentes de la relación economía/ ecología</b>		
	<b>Economía Clásica</b>	<b>Economía neoclásica</b>
<b>Desarrollo del antecedente</b>	Se distingue la concepción de un límite ambiental se sostiene en el supuesto de que la provisión de tierras cultivables era fija. A esto se le suma la tendencia incremental de la población humana, de modo que la tendencia a largo plazo sería que los salarios de los trabajadores bajarían a nivel de subsistencia.	Hasta 1950 ignoraba las relaciones entre la economía y la ecología. Hacia 1960, las teorías del crecimiento económico, que dominaban la política económica no incluían al medio ambiente. Estas teorías implicaban que con una gestión económica adecuada los niveles de vida podrían aumentar indefinidamente. En 1970 surgen el interés por el medio ambiente, con las subdisciplinas: 1) Economía ambiental - se ocupa principalmente de lo que la economía introduce en el Medio Ambiente (MA) y de los problemas de la contaminación ambiental- ; y 2) Economía de los recursos naturales, que se ocupa de lo que la economía extrae del medio ambiente y de los problemas asociados con el uso de los recursos naturales-
<b>Fortalezas</b>	Se consideró que las posibilidades de mejorar los niveles de vida a largo plazo eran escasas, ya que estaba en función de los límites que imponía la naturaleza.	La economía neoclásica trata extensamente los problemas de la asignación y la distribución
<b>Debilidades</b>	Esta hipótesis no incluyó el progreso tecnológico dentro de su análisis, ni el uso sustentable de los recursos naturales.	Los economistas neoclásicos no hacen caso omiso del medio ambiente pero no consideran que comprender las relaciones entre Economía y el MA sea una parte esencial en la formación del economista. (Common,2008). La economía neoclásica no trata extensamente los problemas de escala.

Fuente: Elaboración propia con base en Common (2008) y Costanza (1999)

## 1.2 Economía ecológica

La *Economía ecológica* surgió durante la década de 1980 entre un grupo de académicos que comprendieron que los avances en la política y la administración ambiental, así como la protección del bienestar de las generaciones futuras dependían de la integración de estos campos del pensamiento (Costanza, 1999), ya que durante las tres últimas décadas del siglo XX, para muchos científicos se hizo más evidente que la actividad económica humana tenía consecuencias nuevas para la economía de las generaciones futuras (Common, 2008).

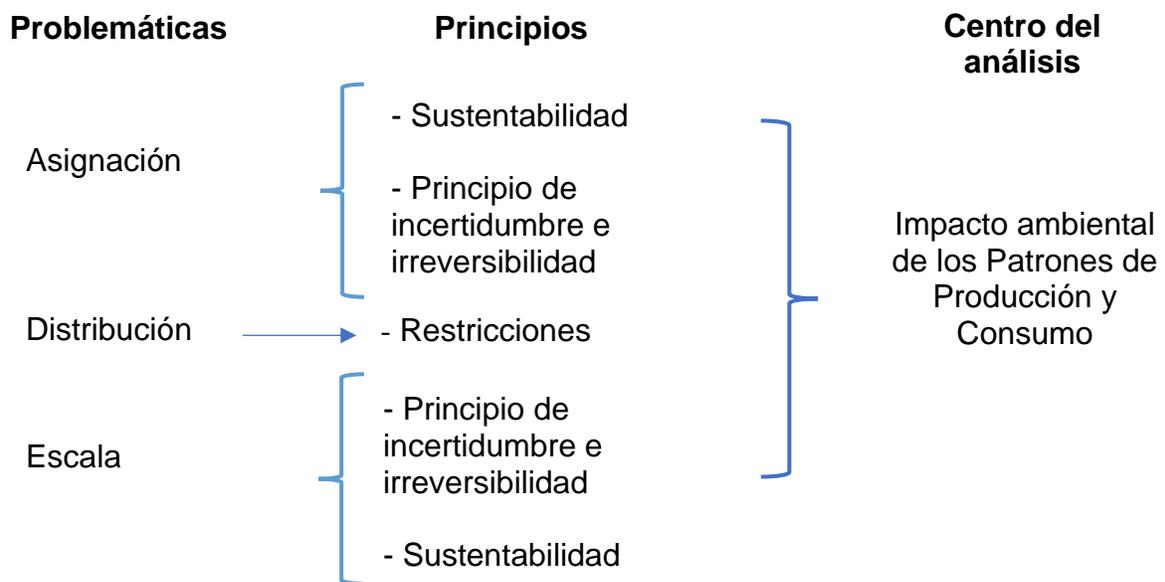
A pesar de que el análisis económico-ecológico surgió conjuntamente para combatir los primeros síntomas de la actual crisis ambiental, durante gran parte del siglo XX, estas ciencias continuaron siendo practicadas como disciplinas separadas. Al revisar por separado a las dos ciencias, la Ecología se define como el estudio de las interacciones de la flora y fauna con su medio físico y químico (Costanza, 2006); la Economía también estudia la forma en que los seres humanos subsisten, cómo satisfacen sus necesidades y deseos (Common 2008); pero ambas concepciones convergen en el hecho de estudiar las relaciones de seres vivos con su entorno en la búsqueda de los medios de subsistencia y satisfacción, la ecología lo hace con todos los seres vivos en la biosfera y la economía con los seres humanos. Es así como se puede llegar a una aproximación al concepto de *Economía ecológica*, entendiéndola como el estudio de la satisfacción de necesidades, pero en distintos niveles o esferas, es decir, como el estudio de distintos subconjuntos donde habitan seres vivos.

En términos más específicos e integradores, la Economía ecológica abarca la Economía y la Ecología y sus vínculos existentes en la forma de Economía ambiental y Economía de los recursos naturales, y el análisis del impacto ambiental (Costanza, 1999), así como su codependencia. Este análisis solo es posible con la integración de diversos campos de conocimiento que demanda una problemática tan compleja como la de la crisis ambiental. Es por ello que la Economía ecológica es transdisciplinaria ya que hay problemáticas que exceden los límites de las

ciencias individualmente. Ya que la ciencia económica tiene como base material de todas sus relaciones a los recursos naturales, es necesario aceptar el hecho de que los seres humanos son también una especie animal que está en función del estado de la biosfera, y no de un modo inverso.

### 1.3 Principios de la economía ecológica

La orientación del estudio de la Economía ecológica está guiada por los problemas de asignación, distribución y escala. En este trabajo de investigación se abordan estas problemáticas a través del análisis de principios eje que se desprenden de estas para hacer un análisis más especializado, a estos temas se les denomina principios de la Economía ecológica.



El uso de estos principios como eje que guíe la investigación, es necesario para describir como los problemas de asignación, distribución y escala inherentes a los actuales patrones de producción y consumo, son causantes de los crecientes impactos ambientales negativos en la biosfera.

### 1.3.1. Restricciones materiales.

La economía es un subsistema de la biosfera, y necesita de las interacciones que se dan aquí: intercambio de energía y materia, para satisfacer sus necesidades (Common, 2008). La biosfera es el sistema que encierra las relaciones de todos los subsistemas, este a su vez tiene cualidades que condicionan sus relaciones al interior, es un sistema termodinámicamente cerrado y que no crece en el aspecto material, lo que implica que hay límites al rendimiento biofísico de los recursos desde el ecosistema, a través del subsistema económico, y de regreso al ecosistema como desperdicios (Costanza, 1999). Es decir, existen restricciones ecológicas impuestas por la necesidad de conservar la capacidad de sustentación del planeta Tierra, (Riechmann,1995), donde el ecosistema global o biosfera, que es la fuente de todos los recursos necesarios para el subsistema económico, es materialmente finito y tiene capacidades limitadas de regeneración de las reservas naturales y de asimilación de desechos.

La biosfera genera todos los servicios ecológicos necesarios para que se den interacciones de sus subsistemas a través de la dinámica de funcionamiento de sus ecosistemas. Sus funciones fundamentales se dividen en dos: 1) la función ambiental denominada como *fuentes*, es la encargada de regenerar las reservas naturales para que puedan existir servicios ambientales de provisión, servicios ambientales de soporte y servicios ambientales culturales (INE,1997)-; 2) la capacidad de asimilación de desechos es también conocida como la función de *sumidero* de la biosfera, que se refiere a los servicios ambientales de regulación (INE,1997)-.

Para evitar llegar a los límites de la biosfera o superarlos, o para llegar a ellos más tarde, dentro de la *Economía Ecológica* se recomienda implementar prácticas sustentables en cada una de las decisiones de los distintos agentes económicos, así como en las decisiones políticas – ambas en el sentido de la satisfacción de las necesidades-, lo cual podría generar círculos virtuosos, donde una esfera

económica con prácticas sustentables sostenga –con recursos económicos- las decisiones políticas sustentables y viceversa (Acemoglu,2012).

### **a) Restricciones ecológicas**

La satisfacción de necesidades para cierta población está sujeta a la disponibilidad de recursos, y dado que la tierra se considera un sistema cerrado que no crece materialmente, entonces se dice que existen restricciones ecológicas al consumo.

Las restricciones ecológicas están en función de la dinámica propia de los ecosistemas que determina la disposición de servicios ambientales . Esta dinámica se explica mediante cuatro funciones consecutivas: explotación, conservación, liberación y reorganización.

La explotación es el conjunto de procesos responsables de la colonización rápida de ecosistemas alterados, en la que los organismos capturan fácilmente los recursos accesibles. La conservación se refiere a una acumulación lenta de recursos (capital natural) que construye y almacena estructuras cada vez más complejas. La liberación o destrucción creativa se da cuando las estructuras complejas elaboradas están estrechamente ligadas, con esto el sistema se ha hecho frágil, y es necesario que el capital almacenado se libere en un proceso de destrucción creativa, creada internamente pero causada por un desequilibrio externo, para eliminar esa organización. Así se da lugar a la etapa de reorganización, donde los materiales liberados son movilizados para hacerlos disponibles en la siguiente fase de explotación (Costanza, 1999). Es decir, a través de estas funciones, es posible que los ecosistemas evolucionen y consigan nuevos equilibrios que incluyen elementos que se integran a su sistema de forma integral, y consiguen así una nueva dinámica.

La demanda de satisfactores puede ser sustentable si los niveles de consumo tienen en cuenta en todas partes la sustentabilidad a largo plazo (Riechmann,1995), es decir, que: 1) Para los recursos renovables, la tasa de recolección no deberá

exceder a la tasa de regeneración (Producto sustentable); 2) Las tasas de generación de desechos de proyectos no deberán exceder la capacidad asimilativa del medio ambiente (eliminación sustentable de desechos); y 3) Para los recursos no renovables<sup>1</sup> la disminución de los recursos no renovables debería requerir desarrollo comparable de sustitutos renovables para ese recurso (Costanza, Daly, 1999).

## **b) Restricciones morales.**

El segundo tipo de restricciones que enfrenta la sociedad en su intento por conseguir un mayor nivel de satisfacción, son las restricciones morales. Las necesidades conocidas están determinadas social y culturalmente, y el desarrollo sustentable requiere la promoción de valores que alienten niveles de consumo que permanezcan dentro de los límites de lo ecológicamente posible y a los que todos puedan aspirar razonablemente (Riechmann,1995). Lo que sugiere cuestionamientos morales<sup>2</sup>.

Para decidir si una situación es moralmente correcta o no, existen dos escuelas generales de pensamiento: 1) la de las teorías deontológicas; y 2) la de las teorías consecuencialistas (Common, 2008).

Según las teorías deontológicas, la corrección moral es una cuestión de cumplir con obligaciones, una cuestión de deber (Common, 2008). Las restricciones morales nos las imponemos a nosotros mismos al renunciar a los niveles de consumo a los que no todos puedan aspirar razonablemente. Este principio ético igualitario para discriminar qué necesidades y qué deseos humanos puede satisfacerse podríamos formularlo como un criterio de generalización o de universalidad, rechazando

---

<sup>1</sup> El uso de los recursos no renovables (minerales, combustibles fósiles) habrá de ser lo más parsimonioso posible: "La tasa de agotamiento, el énfasis en el reciclaje y la economía del uso deberían graduarse de manera que se asegure que un recurso de ese tipo no se agote antes de hallarle un sucedáneo aceptable. El desarrollo sostenible requiere que la tasa de agotamiento de los recursos no renovables excluya el menor número posible de opciones futuras" (Costanza, 1999, p. 70)

<sup>2</sup> Cuáles son las necesidades, cómo distinguir entre necesidades básicas –las necesidades esenciales de los pobres-, necesidades no básicas y deseos socialmente legítimos, qué necesidades y deseos legítimos han de satisfacerse, y de acuerdo con qué criterio discriminador, qué hacer cuando distintos objetivos ecológicos colisionan entre sí, o lo hacen con objetivos sociales, o de otro tipo, según qué criterios decidiremos, se puede seguir identificando "desarrollo" con crecimiento en un contexto de sustentabilidad ecológica; cuántas generaciones futuras hemos de considerar, y de qué tamaño, cuando nos comprometamos con la perspectiva de solidaridad diacrónica que implica el concepto de desarrollo sostenible (Common, 2008)

aquellas pautas de comportamiento humano que no sean universalizables, es decir antisociales, pues su generalización pondría en peligro la capacidad de sustentación del planeta Tierra (Riechmann,1997).

Opuesto a lo anterior, el economista Fred Hirsch, en su libro *Los límites sociales del crecimiento* (1976), argumenta que existen *bienes posicionales*, que son bienes que dejan de serlo (que pierden su valor) cuando muchas personas los poseen –aunque un bien pueda ser posicional sin ser por eso antisocial-; mientras que Roy Harrod, en su concepto de *riqueza oligárquica* (opuesta a la riqueza democrática), dice que la satisfacción está influida negativamente por el uso general cuando la suma de decisiones individuales de comprar esos bienes impone costes sociales (Riechmann,1995). Ambos conceptos explican una pérdida de bienestar cuando se intenta generalizar o se generaliza el consumo de bienes antisociales. El problema radica, en este punto, cuando se universalizan bienes antisociales sin tomar en cuenta las pérdidas de bienestar ya sean sociales, económicas o ecológicas, y su magnitud.

Por otra parte, según las teorías consecuencialistas, la corrección moral se debe juzgar en términos de las consecuencias que derivan de una acción determinada. El utilitarismo es una variedad particular del consecuencialismo y es la base ética de la Economía. Para el utilitarismo, la corrección moral de una acción depende del equilibrio entre el placer y el dolor que produzca. Las acciones que aumentan el placer total o reducen el dolor total son moralmente correctas; las acciones que reducen el placer total o aumenta el dolor total son moralmente incorrectas, es decir, disminuyen la utilidad, y el bienestar individual. (Common, 2008).

La utilidad que vale para la Economía Ecológica es la de todos los seres humanos afectados por la acción. Algunos filósofos morales representantes de la escuela utilitarista sostienen que cuando se trata de lograr el equilibrio entre el placer y el dolor, se deben tener en cuenta todos los seres afectados capaces de experimentar dolor y placer, por lo que el bienestar dependería de las utilidades de todos los seres

sensibles. (Common, 2008). Tomar en cuenta las utilidades de todos los seres vivos, es una medida en pro de la conservación de la biodiversidad.

Regularmente, la lógica del mercado, y por lo tanto también la lógica de los patrones de producción y consumo, está fundamentada en una economía normativa que no tiene en cuenta las utilidades de los seres no humanos. Únicamente cuando los efectos que tiene una acción en seres no humanos producen dolor o placer a los seres humanos, ya sea físico o mental, entonces esto sí se tomará en cuenta dentro de la evaluación de la acción responsable del daño y del dolor, y en el cálculo de la utilidad y posteriormente del bienestar (Common, 2008). Continuar con esta lógica antropocéntrica está directamente relacionada con el desequilibrio de los ecosistemas.

La medición del dolor y placer humanos tiene una medición diferente en la Economía Ecológica, se valora más la eficiencia en el sentido de Pareto (Common, 2008), es decir, una situación en la que no es posible incrementar la utilidad de una persona sin reducir la utilidad de una o más personas. (Varian, 2010). En la Economía neoclásica, se determina por la doctrina de la soberanía del consumidor<sup>3</sup>. En la economía ecológica no se considera que las preferencias individuales sean ni soberanas ni la única fuente de criterios normativos para medir la utilidad. Puede existir un fundamento ético para comparar, evaluar y tratar de modificar preferencias, además se usan los requerimientos de la sostenibilidad como una fuente de criterios normativos (Common, 2008), con lo cual se estaría aportando a la conservación de los equilibrios ecológicos, al buscar la utilidad de la mayoría de seres vivos.

---

<sup>3</sup> Donde cada individuo humano afectado es el único juez que decide si su utilidad ha aumentado o disminuido; el cambio en la utilidad de un individuo se mide exclusivamente en términos de las preferencias de ese individuo; las preferencias individuales se dan por sentadas y no están sujetas a ninguna evaluación moral; siempre y cuando se pueda dar por sentado que un individuo posee toda la información relevante, no puede haber un fundamento ético para tratar de modificar sus preferencias. (Common, 2008)

### 1.3.2. Sustentabilidad

Esta investigación adopta la visión futura de un planeta sustentable con una mayor calidad de vida para sus habitantes -humanos o no- dentro de las restricciones materiales que el punto 1.3.1 impone, y dentro de las restricciones morales (Riechmann,1995). En esta investigación, se usará como base el concepto de *sustentabilidad* acuñado en el trabajo de la Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo: “El desarrollo sustentable es el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (ONU,1997). Esta nos remite a la forma en que se satisfacen las necesidades y aspiraciones humanas a través del desarrollo sustentable.

En la búsqueda de un concepto de *Desarrollo sustentable* que goce de mayor inclusión, se enriquecerá a la anterior definición base con elementos de su concepto predecesor *Ecodesarrollo*, definido por Maurice Strong<sup>4</sup> (1973) y el autor Ignacy Sachscon (1973); más algunas importantes contribuciones del autor Luis Jiménez en su texto *Desarrollo Sostenible y Economía Ecológica*. De este modo, al consolidar los aportes de los tres autores, el desarrollo sustentable en este texto se referirá a “El desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente asumiendo una distribución equitativa, eficacia económica, solidaridad sincrónica subyacente al desarrollo social, explotación de los recursos y desarrollo económico con aplicación de tecnologías ambientalmente adecuadas; sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. Esto bajo un esquema democrático y de participación popular”.

La acepción generalizada de Desarrollo sustentable es la que ofreció la Comisión Nacional para el Medio Ambiente, pero ésta contiene el factor de crecimiento indiscriminado relacionado directamente con un mayor desarrollo sustentable. Este es un crecimiento económico que no contribuye a aliviar los dos problemas

---

<sup>4</sup> Director ejecutivo del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), en la primera reunión del consejo de administración de este programa, celebrada en junio de 1973.

esenciales que explican al desarrollo sustentable: 1) satisfacer necesidades humanas, preponderando a las básicas, pero la visión productivista que fomenta, justifica el crecimiento que se da a costa de polarizar el bienestar de la sociedad, cuando el énfasis para lograr el objetivo debe ser la distribución; 2) los costos de las externalidades de tipo ambiental y social han incrementado con el tiempo a causa de la visión productivista, resultando insostenible a largo plazo por la biosfera, ya que si estos costos se incluyeran efectivamente en los balances, resultaría que en nuestra economía (global), llevamos creciendo negativamente hace un tiempo (Riechmann, 1995).

La atención que se ha puesto en otros aspectos antes no incluidos en el desarrollo sustentable, es porque las actividades humanas aceleran su ritmo hacia los límites últimos de la biosfera. Los límites están definidos por la capacidad de sustentación de una cantidad máxima de población de una especie que puede ser mantenida de manera indefinida, sin que se produzca una degradación en la base de recursos que pueda significar una reducción de la población en el futuro (Riechmann, 1995). Las evidencias de esta limitación y deterioro son: la apropiación de la biomasa humana, el cambio climático, la ruptura de la capa de ozono, la degradación del suelo, la pérdida de la biodiversidad (Costanza, 1999) y el incremento de la introducción de sustancias químicas tóxicas complejas y persistentes en el ambiente (Riechmann, 1995).

#### **a) Satisfacción de necesidades**

El nivel individual de decisión de los agentes económicos se toma como punto de partida para el análisis ya que el objetivo general del desarrollo sustentable, es la satisfacción de las necesidades y aspiraciones humanas, pero para encontrar esta satisfacción existen de forma predeterminada restricciones ecológicas, restricciones morales y restricciones tecnológicas. Las necesidades humanas pueden dividirse en dos categorías, la primera es la de las necesidades esenciales para subsistir o necesidades básicas, de las cuales su satisfacción es considerada esencial tanto por el propio individuo como por las políticas públicas; en segundo término se

encuentran las necesidades inducidas, necesidades comerciales o necesidades secundarias que son aquellas que satisfacen necesidades de emulación, estatus, pertenencia y un sentimiento inducido de insuficiencia material, se considera que el abuso en este tipo de consumo llega a ser el más dañino para el ambiente -también llamado consumismo-<sup>5</sup>.

Desde un inicio, la relación humano-naturaleza, surge para garantizar la satisfacción de necesidades humanas. En esta relación se manipulan aspectos de la biosfera para crear lo que se conoce como *segunda naturaleza*, es decir, se domestica al medio para relegarlo a la satisfacción de las necesidades humanas básicas, con el fin de disminuir la fatiga y la inseguridad material (Bookchin, 1978). La predisposición humana de conseguir los medios de subsistencia con un menor esfuerzo tuvo como consecuencia la centralización de los servicios que provee la biosfera hacia los humanos en detrimento de las demás especies, lo cual a largo plazo se verá contra el mismo ser humano, ya que el daño para las demás especies afecta negativamente al equilibrio de los ecosistemas y sus servicios ambientales. Con el paso del tiempo, este mismo proceso de satisfacción de necesidades primarias, se generalizó hacia la satisfacción de las necesidades secundarias. Es decir, se dio un proceso de evolución cultural humana, el cual, tuvo y tiene un profundo impacto sobre el ambiente. Al cambiar el comportamiento aprendido de los seres humanos se incorpora el uso de bienes, y con ello se permite que los requerimientos humanos individuales de recursos y sus impactos sobre sus ecosistemas de residencia varíen en magnitud (Costanza, 1999).

De este modo, el estudio de los procesos a través de los cuales son construidas socialmente las necesidades, es tan necesario como el del proceso que permite

---

<sup>5</sup> Según el blog de divulgación de ciencia UNAM "Paradigma XXI", el Antropoceno es la propuesta de una nueva era geológica que implica cambios en los procesos sedimentarios del planeta, a causa del inmenso impacto humano que ha sufrido el planeta.

Las fechas propuestas para el comienzo de este cambio varían de hace unos 11 mil años –cuando llegó la agricultura – al siglo XX, pasando por la Revolución Industrial iniciada en el siglo XVIII. El estudio del grupo de trabajo argumenta que después de la Segunda Guerra Mundial se produjo un consumo de recursos cada vez mayor, así como la transformación prácticamente de todos los ecosistemas, lo que a su vez ha afectado las capas de sedimentos formadas en tiempos recientes, y las que están en proceso de formación. Esta información hace una relación directa de daño a la biosfera provocado por el hombre con el inicio de su satisfacción de necesidades.

satisfacerlas con bienes y servicios producidos por la economía o producido con funciones medioambientales útiles no producidas y en general no producibles (Riechmann, 1995)

El impacto del consumo total se da tomando en cuenta el consumo básico y secundario, por medio del producto de la población y el uso de recursos per cápita de la población humana hacia el planeta (Costanza, 1999). Las fluctuaciones del consumo total tendrán vital importancia respecto al desarrollo sustentable, ya que si se vuelve grande en relación con la producción sustentable máxima del recurso, o dicho de otro modo, donde la capacidad regenerativa del recurso sea relativamente baja, o donde los incentivos y restricciones a los que se enfrentan los explotadores del recurso sean tales que los induzcan a valorar las ganancias presentes mucho más que las ganancias futuras (Costanza, 1999) entonces estaremos hablando de que no existe sustentabilidad, lo cual estará generando serias alteraciones en las funciones de fuente y sumidero de la biosfera.

Es importante resaltar que en este análisis, el consumo de recursos de las necesidades secundarias, tomará mayor importancia, ya que si las comparamos con la satisfacción de necesidades primarias, éstas últimas deben garantizarse y generalizarse hacia toda la población, tomando en cuenta el uso eficiente de los recursos; pero en el caso del consumo comercial no necesariamente es conveniente que se generalice, y si el uso de recursos no es eficiente puede tener efectos más dañinos como se explicará más adelante.

### **1.3.3 Principio de incertidumbre e irreversibilidad**

Este principio es un pilar para mantener procesos sustentables. Se basa en el reconocimiento de que del desarrollo de procesos ambientales la incertidumbre fundamental es grande e irreductible y ciertos procesos son irreversibles, por lo cual se requiere una postura precautoria (Costanza, 1999), a modo de garantizar la supervivencia de la mayoría de especies, así como sus interacciones.

La biosfera es el concepto que encierra todos los procesos ambientales y por lo tanto el punto fundamental de análisis de la Economía Ecológica. De ese modo, este término trae consigo dos principios irrenunciables: 1) principio de irreversibilidad cero, que enuncia que existe un límite en las capacidades de la biosfera para absorber productivamente a elementos que se conocen como intervenciones acumulativas, que impiden que la biosfera regrese a su equilibrio ecológico previo a las intervenciones y por lo tanto cambia la provisión de servicios ambientales -ejemplos de esto, son la emisión persistente de tóxicos que no son biodegradados y se acumulan en las cadenas tróficas-; y 2) principio de incertidumbre, el cual explica que la reacción de la biosfera ante excesivas intervenciones acumulativas presenta un alto grado de variabilidad, con distintos escenarios, que podrían ser positivos para el ser humano y otras especies, pero también de modo inverso. Ante esto, lo mejor es tomar medidas precautorias para conservar un escenario de la biosfera, que es el que conocemos, en el estado más óptimo.

### **1.3.3.1 Irreversibilidad**

Ante la irreversibilidad e incertidumbre, la aplicación de medidas resarcitorias o de tecnología, presenta un menor grado de utilidad total de la biosfera (Riechmann, 1995). Su aplicación existe en ese caso para suavizar la cadena de consecuencias y efectos ambientales, tal como la velocidad con la que se pierden ecosistemas.

Las intervenciones acumulativas y los daños irreversibles son resultado de externalidades negativas –afectación negativa hacia un tercero por la actividad económica realizada entre dos agentes- y de procesos de alta entropía – la ley de la entropía dice que en un sistema cerrado la cantidad de energía utilizable está limitada, y las diferencias de potencial, van disminuyendo (Sacristán, 2009), por lo que el uso óptimo de la energía, es fundamental para producir más bienes y menos males. Se dice que hay procesos de alta entropía cuando las actividades humanas productivas no son eficientes y como resultado hay una gran cantidad de energía

que no se utiliza de modo que se maximice su potencial productivo, y por lo tanto el remanente de energía no aprovechada, se transforma en algún tipo de contaminante o factor de degradación ambiental- ,que la biosfera no tiene la capacidad de biodegradar o convertir en algún elemento orgánico o en trabajo, que no atente contra su funcionamiento.

### **3.2 Incertidumbre**

Impera un alto grado de incertidumbre científica al tratar los temas relativos a los cambios que hay y habrá en los ecosistemas físicos durante su interacción con el ser humano. Podría seguirse la idea de que no hay que preocuparse por la desestabilización de un medio ambiente dado, porque en la naturaleza hay muchos otros equilibrios dinámicos posibles; pero la cuestión pragmática para la especie humana consiste en saber en cuáles de esos estados puede sobrevivir y en cuáles no (Sacristán, 2009). Debe tomarse en cuenta el progreso de la ciencia y la información que genera, que aunque no es absoluta ni tiene todas las respuestas, es un acercamiento.

La incertidumbre científica es una de las principales causas de los problemas con los métodos actuales de administración ambiental, por sí misma y por las expectativas y formas de operación divergentes que la ciencia y la política tienen para tratarla. La incertidumbre verdadera es un suceso con una probabilidad desconocida, denominado a veces una indeterminación, que no se incorpora adecuadamente dentro de la estrategia de protección ambiental.

La ciencia considera la incertidumbre como algo dado, una característica de toda la información que debe reconocerse y comunicarse honestamente. Con el paso de los años los científicos han desarrollado métodos cada vez más avanzados para medir y comunicar la incertidumbre que surge de diversas causas. Es importante notar que el progreso de la ciencia ha descubierto, en general, más incertidumbre en vez de conducir a la precisión absoluta. La ciencia nos puede decir el rango de

incertidumbre y tal vez algo sobre las probabilidades relativas de diferentes resultados o consecuencias, pero en la mayoría de los casos importantes no puede decirnos con ningún grado de exactitud cuál de las posibles consecuencias ocurrirá. (Costanza, 1999).

Ante la incertidumbre del escenario que se nos presentará en el futuro, si deseamos conservar una biosfera saludable donde exista la especie humana, según los criterios operativos para el desarrollo sostenible de Jorge Riechmann, debe aplicarse el principio de precaución, el cual enuncia que ante la magnitud de los riesgos a que nos enfrentamos como especie, se impone una actitud de vigilante anticipación que identifique y descarte, en un inicio, las vías que podrían llevar a desenlaces catastróficos, aún cuando la probabilidad de éstos parezca pequeña y las vías alternativas más difíciles. Cuando los riesgos alcanzan dimensiones de catástrofe, con la cuestión de la irreversibilidad de por medio, lo racional parece una conducta muy prudente (aún siendo conscientes de que la idea de una evolución social completamente libre de riesgos e incertidumbre es poco realista).

### **3.1 Tecnología y técnica**

Dentro de mi concepción de sustentabilidad del proceso de satisfacción de las necesidades presentes y futuras, se toma en cuenta la primicia del *Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo* (Naciones Unidas, 1987), para adoptar en el análisis la variable del estado actual de la tecnología, sus limitaciones y la organización social.

La acumulación de conocimientos y el desarrollo de la tecnología pueden aumentar la capacidad generadora de la base de recursos, así como su aprovechamiento óptimo. Pero aún así, siguen existiendo límites últimos que no deben rebasarse, y la tecnología y técnica deben ser útiles para alejarse de ellos o para postergar el acercamiento a ellos, no para explotar con mayor intensidad la biosfera. Como exigencia mínima, el desarrollo duradero no debe poner en peligro los sistemas

naturales que sostienen la vida en la Tierra: la atmósfera, las aguas, los suelos y los seres vivos (Riechmann, 1995)

Para tales fines debe aplicarse el principio de selección sostenible de tecnologías, según el cual las tecnologías deben favorecer que aumente la productividad de los recursos (el volumen de valor extraído por unidad de recursos) frente a las tecnologías que incrementen la cantidad extraída de recursos. Es decir, eficiencia frente a crecimiento.

La tecnología es útil para conservar cierto nivel de salud de los sistemas naturales de la biosfera siempre que se use para mejorar la eficiencia de los servicios ambientales, pero no es capaz de evitar las restricciones fundamentales de energía y recursos. Esto es lo que denuncia el escepticismo tecnológico, a la vez que advierte que si no se toman medidas precautorias y en su lugar se considera a la tecnología como remedio para eliminar los límites naturales de la capacidad de la biosfera, entonces, en el largo plazo el crecimiento económico material se detendrá y podría existir una situación de desastre ecológico. Lo ideal es mantener un nivel estable del crecimiento (Costanza, 1999).

En oposición a esta postura se encuentra el optimismo tecnológico, según el cual los límites de energía, recursos y contaminación para el crecimiento serán eliminados, mediante el desarrollo inteligente y el uso de tecnología nueva. Este pensamiento está basado en paradigmas fundados en la salud de la economía de acuerdo al crecimiento económico material continuo e ilimitado, lo cual permite que los problemas de equidad y sustentabilidad intergeneracional, intrageneracional y entre especies se ignoren o se pospongan, porque se les considera muy fáciles de resolver mediante el crecimiento económico adicional (Costanza, 1999).

Hacer caso omiso de los problemas ambientales y dejar su solución en manos de la tecnología, es un error. Es importante recordar que existen límites últimos de la

biosfera que no pueden ser revertidos por ninguna tecnología. Esto puede explicarse a través del esquema dialéctico hegeliano de filosofía de la historia, según el cual hay una aceptación del esquema de lo que se conoce como avance por el lado malo, es decir, dentro de la relación del hombre-biosfera, hay que dejar que las cosas sigan empeorando, hay que permitir que la naturaleza de la especie humana que la mueve a destruir su hábitat, siga adelante con un desarrollo técnico autodestructivo, ya que mediante una negación de la negación, si en el largo plazo se deja que las cosas sigan empeorando, se llegará a un punto que el mismo *lado malo* será la génesis de un *lado bueno* (Sacristán, 2009), y los problemas ambientales se verán mermados, y todo marchará mejor en cuanto a las leyes de la naturaleza, ya que la biosfera encontrará un nuevo equilibrio. Pero permitir este escenario es altamente riesgoso para la subsistencia, recordando los principios de irreversibilidad y de incertidumbre.

#### **1.3.4 Instituciones**

Este principio trata sobre el papel de las instituciones y la administración, las cuales, en la visión de la Economía Ecológica, deberán ser proactivas en vez de reactivas, e inclusivas, y deberán dar lugar a políticas sencillas, adaptativas e implementables, y sanciones adecuadas, basadas en una comprensión avanzada de los sistemas fundamentales y que reconozcan completamente las incertidumbres implícitas, generando así la base de políticas en sí mismas sustentables. (Costanza, 1999)

#### **1.3.5 Patrones de producción y consumo**

Los principios explicados previamente trazan los parámetros a través de los cuales se analizarán los patrones de producción y consumo, ya que mediante ellos es como se satisfacen las necesidades totales humanas. Las actividades económicas son las que tienen un mayor impacto sobre la biosfera, y para hacer el análisis sobre cómo ha sido su desarrollo durante el periodo de estudio, es útil la fórmula IPAT, donde Ehrlich y Holdren (1975) simplificaron la relación del impacto de la actividad humana sobre el ambiente del siguiente modo:  $I = P \times A \times T$ . La I representa el

impacto ambiental subordinado a: el tamaño de la población (P); la A significa Afluencia y se refiere al consumo total de bienes y recursos ; y el desarrollo tecnológico y político-administrativo (T).

En lo que a esta investigación concierne, se hará un análisis del impacto ambiental en función del uso de la variable de Afluencia para analizar los patrones de producción y consumo para entender cómo es su desarrollo histórico, ya que de este modo se podrán abordar las problemáticas de asignación, distribución y escala, en las que se basa la Economía Ecológica.

### **a) Lógica ecológica del sector productivo actual**

En el sector productivo hay señales de que la expansión industrial continúa con la misma lógica de la era de optimismo de Adam Smith<sup>6</sup> buscando una expansión económica para lograr el fin último del crecimiento económico, a través de, entre otras cosas, un mundo con amplios espacios vírgenes (Tamames, 1995) a los cuales hay que enajenarles mercancías, que aún no les han sido enajenadas.

En la actualidad, la expansión industrial es entendida como el proceso que consiste en la unión de lo físico, lo digital y lo biológico a través de la integración de tecnologías (Basilio, 2018), que conlleva consecutivos adelantos técnicos que buscan la automatización de procesos productivos altamente depredadores de recursos naturales, los cuales han sido alentados por el bajo costo de ciertos energéticos -en el caso de México son los Hidrocarburos- los cuales han orientado la técnica hacia formas abusivas en el empleo de este bien agotable. Todo ello alentado por la distribución desigual del fruto de la creciente productividad de la técnica, dada la índole de la estructura social y sus mutaciones resultantes de la concentración de recursos y también de la explotación irracional de los recursos naturales, sobre todo del recurso energético (Prebisch,1980).

---

<sup>6</sup> La era de optimismo de Adam Smith a la que me refiero, es cuando sistematiza y racionaliza las tendencias de la economía británica de la época en que hubo un cambio revolucionario: el paso del rígido mercantilismo a un nuevo orden de mayor flexibilidad, de libre comercio internacional, y de supresión de los vestigios feudales y de las intervenciones estatales en lo interno, eliminando obstáculos institucionales que frenaban una rápida expansión económica posible gracias a la nueva tecnología postnewtoniana durante la Revolución industrial (Tamames, 1995)

En este círculo vicioso, ha sido decisivo el poder hegemónico y demás presiones externas para mantener los precios bajos de los energéticos. Históricamente, los países exportadores de petróleo han carecido de poder para contrarrestar las fuerzas que influyen sobre el precio, por lo que no fue posible disminuir el ritmo de consumo (Prebisch, 1980). A pesar del importante papel de México en la producción de energéticos, esto no lo dota de poder económico para decidir sobre el precio del petróleo, como mecanismo de control ambiental sobre el abusivo consumo.

Las condiciones favorables mencionadas del sector productivo han traído una productividad creciente que conlleva una igualmente creciente diversificación, que buscará generalizar el consumo desde los principales centros de consumo<sup>7</sup>, hacia las periferias de consumo<sup>8</sup> para que éstos últimos emulen los patrones de los primeros (Prebisch, 1980). Esta democratización del consumo se hace a través de mecanismos de circulación de mercancías como estrategias publicitarias que promueven un consumo de emulación, consumo por estatus, así como una necesidad ficticia de insatisfacción material.

### **a) Lógica ecológica de los patrones de consumo actuales**

Antes del siglo XIX la inmensa mayoría de la población sólo **consumía** lo básico para la subsistencia y el consumo ostentoso o de lujo estaba reservado a una pequeñísima parte de la sociedad (Álvarez, 2000). Esta universalización de los bienes o “democratización de los hábitos consumistas<sup>9</sup>, no siempre maximiza el bienestar individual ni el bienestar colectivo, esta clase de reproducción tiene importantes contradicciones tal como la ambivalencia de la técnica, que mientras hace una contribución al bienestar humano gracias al aumento incesante de la productividad, a la vez, sus consecuencias sobre la biosfera presentan altos costos en el largo plazo.

---

<sup>7</sup>Ubicación geográfica donde se da un consumo más intenso de bienes y servicios.

<sup>8</sup> Ubicación geográfica donde se consume a un menor ritmo, sobre todo bienes secundarios.

<sup>9</sup> Tendencia inmoderada a gastar o consumir bienes no necesarios.(Álvarez Prada, 2000)

Si la producción y el consumo presente siguen creciendo lo harán en perjuicio de la producción y sociedad futura, y de un medio ambiente cada vez más frágil. Si tomamos con seriedad las consecuencias que traen estos patrones, para combatirlos se deberá recurrir a una decisión moral en cada momento del proceso económico (Common,2008; Costanza,1999).

En esta investigación, se considera la tendencia incremental de la magnitud de los impactos, a causa de la democratización del consumo, ya sea a través de una mayor demanda de subsistencia –mayor consumo de bienes que satisfacen necesidades básicas- y de una mayor demanda comercial –mayor consumo de bienes que satisfacen necesidades no básicas.

#### **1.4 Evaluación de los ecosistemas**

En la parte de este análisis que tiende más a lo ecológico, en esta investigación se hace énfasis en la evaluación de los ecosistemas, es decir, en cómo han evolucionado en cantidad y en calidad hasta fechas próximas, ya que ese resultado es un indicador de que tan sustentables han sido y son nuestros patrones de producción y consumo, y de qué modo se podría ver afectada la provisión de servicios ambientales.

La preocupación por el estado de los ecosistemas tiene como antecedentes el surgimiento de la Economía Ecológica, hecho a partir del cual se organizaron numerosos experimentos conjuntos entre economistas y ecologistas. En un inicio se exploraban las posibilidades de trabajar juntos en eventos como la Conferencia de Estocolmo (1972) donde se publicó la Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio humano; la Carta Mundial a la Naturaleza (1982) que generó cuatro principios generales; la Comisión Brundtland (1983) o Comisión Mundial sobre Ambiente y Desarrollo, generó el reporte “Nuestro Futuro Común” (1987) que promueve el desarrollo sustentable (CONABIO, 2018). La inconformidad por la omisión de los costos ambientales en el sistema de cuentas nacionales motivó

a economistas y los ecologistas a unirse, a partir de esos esfuerzos se formó la Sociedad Internacional para la Economía Ecológica (ISEE) durante un taller que se llevó a cabo en Barcelona a fines de 1987, y en 1989 se fundó la revista *Ecological Economics* (Costanza, 1999). En 1992 la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro, Brasil, con el objetivo de adoptar un enfoque de desarrollo en el que se protegía al medio ambiente mientras se asegurara el desarrollo económico y social; de este evento se desprendieron documentos como la Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo, Agenda 21, Convenio sobre la Diversidad Biológica, Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación. Posteriormente se creó una declaración de principios fundamentales para construir una sociedad global justa, sustentable y pacífica para el siglo XXI llamada Carta de la Tierra (2000), que contenía cuatro principios fundamentales: Respeto y cuidado de la comunidad de la vida; Integridad ecológica; Justicia social y económica; Democracia, no violencia y paz. En ese mismo año, la Organización de las Naciones Unidas lanzó los Objetivos del milenio con ocho objetivos para ser alcanzados en 2015 entre los que se incluía la sostenibilidad del medio ambiente. Dos años después se realiza la Conferencia de Johannesburgo, Sudáfrica para renovar el compromiso político manifestado en la Cumbre de la Tierra (1992), esto se manifestó en los documentos: Declaración de Johannesburgo sobre el Desarrollo Sostenible y el Plan de Aplicación de las Decisiones de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible (CONABIO, 2018).

Los eventos sucesivos, relativos a las medidas ambientales, se usarán como precedente para hacer una revisión de cómo han ido las cosas a partir de los resultados ambientales arrojados así como de las medidas defensivas. La *Evaluación de los ecosistemas del milenio*, es una evaluación internacional que inició en 1998 y culminó en 2005, donde analiza los cambios en los ecosistemas y sus consecuencias para el bienestar humano y las opciones para responder a los cambios.

La investigación que llevó a cabo se llevó a cabo respecto al estado de los ecosistemas para el año 2005, concluyó lo siguiente:

- Todas las personas del mundo dependen de la naturaleza y de los servicios de los ecosistemas para poder llevar una vida decorosa, saludable y segura.
- En las últimas décadas, los seres humanos han introducido cambios sin precedentes en los ecosistemas con el fin de satisfacer las crecientes demandas de alimento, agua, fibra y energía.
- Estos cambios han ayudado a mejorar la vida de miles de millones de personas, pero al mismo tiempo han debilitado la capacidad de la naturaleza para brindar otros servicios clave, tales como la purificación del aire y del agua, la protección contra los desastres y la provisión de medicinas
- Entre los problemas más destacados identificados por esta evaluación figuran: la situación extrema en que se encuentran muchas de las poblaciones de peces del mundo; la grave vulnerabilidad de los dos mil millones de personas que viven en las regiones secas frente a la pérdida de los servicios de los ecosistemas, incluido el suministro de agua; y las crecientes amenazas para los ecosistemas provenientes del cambio climático y de la contaminación con nutrientes.
- Las actividades humanas han llevado al planeta al borde de un episodio masivo de extinción de especies, amenazando aún más nuestro propio bienestar.
- La pérdida de los servicios derivados de los ecosistemas constituye una barrera importante para el logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio de reducir la pobreza, el hambre y las enfermedades.
- Las presiones globales sobre los ecosistemas van a aumentar en las próximas décadas, salvo que cambien las actitudes y acciones humanas.
- Es más probable que las medidas destinadas a conservar los recursos naturales tengan éxito si se otorga a las comunidades locales la propiedad de los mismos, y si ellas participan en el reparto de beneficios y están involucradas en las decisiones.

- Con la tecnología y el conocimiento disponibles ya se puede reducir considerablemente el impacto de los seres humanos sobre los ecosistemas. Pero es improbable que aquellos se utilicen plenamente mientras se perciba a los servicios de los ecosistemas como gratuitos e ilimitados, y su valor total no sea tomado en consideración.
- Para una mejor protección del capital natural se requerirán esfuerzos coordinados entre todos los sectores de los gobiernos, las empresas y las instituciones internacionales. La productividad de los ecosistemas depende de las políticas que se apliquen, incluidas las relativas a inversiones, comercio, subsidios, impuestos y regulación.

La cumbre más reciente relativa a temas ambientales fue la que se llevó a cabo en Brasil: Río+20, en ella se reivindicaron compromisos anteriores, se analizaron resultados y se tomaron nuevas medidas para desarrollar capacidades de protección y resiliencia ambiental.

En resumen, la Economía Ecológica ha sido producto de un desarrollo histórico evolucionista, surge para reconciliar ciencias separadas que se habían creído yuxtapuestas, pero que en realidad, al realizar un análisis que integre las interacciones de los sistemas económicos y ecológicos es posible tratar problemáticas complejas que impactan más allá de ambas esferas, y con ello es posible llegar a conclusiones de mayor relevancia.

La Economía ecológica tiene un enfoque de estudio más amplio e inclusivo, está guiada por los problemas de asignación, distribución y escala que incluyen en el análisis a la esfera económica, ecológica, social y política, de acuerdo con esto, es que surgen sus principios: restricciones materiales, sustentabilidad, principio de incertidumbre e irreversibilidad, instituciones.

El principio que toma mayor relevancia es el de desarrollo sustentable, enriquecido con sus conceptos predecesores que hacen posible entender al concepto como un proceso creador de sinergias entre lo ambiental, económico, social y político. El

desarrollo sustentable tiene como objeto central la satisfacción de necesidades que deben subordinarse a restricciones ecológicas y morales, que deben integrarse en los patrones de producción y consumo, para así garantizar bienestar.

Al hacer cualquier análisis que pretenda procurar el bienestar de la biosfera o una alta utilidad total, siempre debe tomarse en cuenta el principio de incertidumbre e irreversibilidad, ya que ante cualquier acción humana sobre la naturaleza, no existen modelos que puedan predecir exactamente los impactos futuros. A pesar de los adelantos tecnológicos, existen eventos de la naturaleza que no pueden ser determinados ni sustituidos, es por ello, que es preferible mantener condiciones saludables para la biosfera en las cuales sabemos que los subconjuntos de actividades humanas pueden desarrollarse.

En este sentido, el principal indicador, del estatus desarrollo sustentable será el estado actual de los ecosistemas, el cual genera un diagnóstico de los patrones de producción y consumo, así como de la provisión de servicios ambientales. Y dentro de los ecosistemas, se toma al estado de la biodiversidad se toma como unidad básica para su funcionamiento.

## Capítulo II. Ecosistemas y Biodiversidad en México

La vida humana está sustentada fundamentalmente en la existencia de un espacio que tenga condiciones específicas. La biosfera es ese espacio, es una de las cuatro capas de la Tierra<sup>10</sup>, pero la única donde se desarrolla la vida e incluye a todos los ecosistemas, que abarcan desde alturas de diez kilómetros sobre el nivel del mar hasta las profundidades marinas de más de 8 kilómetros de profundidad (CONABIO, 2018).

Los ecosistemas son las unidades básicas que conforman a la biosfera. Un ecosistema es la unidad funcional básica de la naturaleza, en donde interactúan sus propios elementos básicos, que son: componentes bióticos (plantas, animales, microorganismos) y abióticos (energía, agua, suelos, nutrientes, atmósfera) (CONABIO, 2009); así como también, existe una interacción con ecosistemas adyacentes.

En México pueden encontrarse casi todos los ecosistemas conocidos en el mundo (véase Cuadro 2.1), esto a causa de que existen importantes niveles de diversidad de flora y fauna, y también una variedad importante de condiciones geográficas, elementos que cuando tienen interacciones conjuntas dan mantenimiento a los ecosistemas y preservan sus funciones ecológicas, lo que dan como resultado una importante cantidad de servicios ambientales, que son los procesos que mantienen la biosfera en ciertas condiciones que son aptas para nuestra supervivencia y el desarrollo de los subconjuntos de actividades humanas, tal como lo es la práctica de la Economía. Esta última afirmación se hace patente al conocer que en nuestro país se practican todas las actividades económicas primarias de extracción<sup>11</sup> (véase Cuadro 2.2), es decir, las que se benefician directamente de la diversidad de ecosistemas, adicionalmente se reafirma la relevancia de la riqueza de los ecosistemas cuando en los resultados de crecimiento del sector primario es el que

---

<sup>10</sup> Ésta cuatro capas son: biósfera , la litósfera (rocas), hidrósfera (agua), y atmósfera (aire) (CONABIO, 2018)

<sup>11</sup> Actividades económicas que se fundamentan en la extracción de recursos naturales (biomasa) para su uso como materia prima o consumo final (Costanza, 2006)

representa un mayor crecimiento los tres sectores de actividades económicas en el mes de julio respecto al mismo mes del año anterior con un 1.7% respecto a un 1% del sector terciario y a un -1.7% del secundario (INEGI, 2019), así como su relevancia social al dar empleos para una importante proporción de la población ocupada en México con un 15 % (SEMARNAT, 2019).

Es entonces que las funciones y servicios de los ecosistemas abarcan todos los beneficios que las poblaciones humanas obtienen de los ecosistemas (DeFries, 2005). De este modo, la forma en que se desarrollen los ecosistemas nacionales va a condicionar la provisión de servicios ambientales y por ende, el estado de la economía mexicana . Y aunque si bien es cierto que los ecosistemas naturales han sido denominados *sistemas adaptativos complejos*, ya que es posible que evolucionen y encuentren nuevos equilibrios que sean funcionales para la humanidad, también es cierto que existe un grado limitado de pronosticabilidad (Costanza, 1999), por ello, dados los actuales impactos negativos hacia la biosfera que naturalmente afectan a nuestro país, no es posible saber si las futuras condiciones de nuestros ecosistemas causadas por la evolución adaptativa de sus especies, genera o generará condiciones que permitan el desarrollo de la vida humana y, por lo tanto, de sus interacciones sociales.

## **2.1 Ecosistemas**

Para mantener la estructura y funcionamiento de los ecosistemas debe haber retroalimentaciones sinérgicas entre organismos y su medio ambiente. Dentro de las variables exógenas se encuentra la energía solar, que es la fuerza impulsora de los ecosistemas, siendo la fotosíntesis el primer paso necesario para la conversión, ciclaje y transferencia a otros sistemas de materiales y sustancias químicas críticas que afectan el crecimiento y la producción; este flujo de energía y los ciclos biogeoquímicos establecen un límite superior a la cantidad y número de organismos, y al número de niveles tróficos que pueden existir en un ecosistema (Costanza, 1999). Por otra parte, dentro de las variables endógenas a la biosfera, sobre las cuales es posible actuar para mantener adecuados servicios ambientales, se

encuentra la diversidad de especies de flora y fauna, conocida como biodiversidad, que a su vez conforman en conjunta la diversidad de ecosistemas.

### **2.1.1 Importancia de la relación Ecosistemas y biodiversidad en México**

En este sentido la relevancia de nuestro país en el tema de los ecosistemas se encuentra en el reconocimiento internacional de México como un país megadiverso, es decir, forma parte de un selecto grupo de naciones que en conjunto poseen la mayor cantidad y diversidad de animales y plantas, casi el 70% de la diversidad mundial de especies; y a nivel individual, la diversidad conjunta de especies de México representa aproximadamente 12% del total mundial. (CONABIO, 2018). Su estatus lo vuelve un pilar en el mantenimiento saludable de la biosfera y de gran parte de la población mundial.

El concepto de biodiversidad abarca, de manera general, tres niveles de expresión: los ecosistemas, las especies y los genes (INE, 1997), los países que poseen grandes cifras en estas tres expresiones comparten ciertas características en cuanto a posición geográfica privilegiada, gran diversidad de paisajes, aislamiento, tamaño, historia evolutiva, y cultura (CONABIO, 2018).

El mantenimiento de los ecosistemas y de la biodiversidad tiene una importancia económica, además del mencionado hecho de ser la base material para cualquier actividad económica, en un aspecto más específico, entre mayor sea el nivel de biodiversidad con el que cuente un país, mayor será la cantidad de bienes públicos -como los servicios ambientales- y otros bienes y servicios comerciales que una economía nacional puede ofrecer, con lo cual es posible generar las condiciones de crecimiento y desarrollo, pero principalmente de bienestar. A continuación se aborda de modo más extenso la relevancia ecológica de los ecosistemas en el apartado de Diversidad de ecosistemas en México y la relevancia económico ecológica en el apartado de Provisión de servicios ambientales.

### **a) Diversidad de ecosistemas en México**

México cumple con su carácter de país megadiverso en el nivel de ecosistemas por dos diferentes razones: 1) está ubicado en una posición geográfica privilegiada: la zona tropical es donde existe mayor diversidad de especies, a México lo atraviesa el trópico de Cáncer ( $23^{\circ} 26' 22''$ ) que se extiende desde Baja California Norte ( $32^{\circ}$  Norte) a Chiapas ( $14^{\circ}$  Norte). México posee una gran variabilidad ecológica, resultado de una compleja topografía y geología, muy diversos climas y microclimas, lo que produce infinidad de hábitats; 2) posee una gran diversidad de paisajes: México es un país con una cubierta terrestre de diverso relieve, además está rodeado de mares; 3) aislamiento: en México se conjuntan la fauna y flora de dos continentes que estuvieron mucho tiempo aislados (Norteamérica y Sudamérica) esto permitió el desarrollo de floras y faunas únicas.; 4) tamaño: México ocupa el lugar número 14 de acuerdo a su tamaño con  $1,972,550 \text{ km}^2$ ; 5) historia evolutiva: en México confluyen la zona Neártica (que corresponde a Norteamérica) y la Neotropical (constituida por Sudamérica y Centroamérica) lo que significa que entran en contacto dos regiones biogeográficas en donde se mezclan faunas y floras con diferentes historias; 6) Cultura: la domesticación de plantas y animales ha contribuido a la riqueza natural, el indicador cultural en México son sus 66 lenguas indígenas además de sus variantes, es uno de los principales centros de domesticación en el mundo (CONABIO, 2018 e INE 1997). Descuidar cualquiera de estas características tendrá grandes consecuencias en el comportamiento de los ecosistemas y con ello cambios en la provisión de servicios ambientales a mayor escala de la biosfera por el importante lugar que ocupa México dentro de la biodiversidad.

México es uno de los cinco países con mayor variedad de ecosistemas. La compleja topografía y la variedad de climas del territorio mexicano forman un mosaico de condiciones ambientales y microambientales que, aunados a la compleja historia geológica del país, hacen de México un país de alta diversidad biológica (INE,

1997), lo que se refleja en la variedad de ecorregiones<sup>12</sup> caracterizadas; donde prácticamente todos los tipos de vegetación terrestre conocidos se encuentran representados en el país, y algunos ecosistemas, sólo se encuentran en México. (CONABIO, 2009).

Los ecosistemas pueden definirse en un rango de escalas que van desde un grupo de individuos y su ambiente hasta el nivel de toda la biosfera. A cada rango se le conoce como subsistema, y ocupan un área progresivamente más pequeña en el espacio. Como la vegetación es el rasgo externo más obvio, constituye la base sobre la cual los ecosistemas son definidos y clasificados, siguiendo de esta forma hasta que las unidades de vegetación más y más pequeñas puedan ser reconocidas, desde la biosfera, las formaciones vegetales hasta las plantas individuales y su ambiente (INECC, 2007).

La Clasificación de vegetación que se usará es la del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), ya que es el encargado de generar la información del uso del suelo y vegetación más relevante del país. Su clasificación es la fisonómica-ecológica. Fue creada por la UNESCO para hacer una comparación global de hábitats ecológicos indicados por combinaciones iguales de formas de vida de plantas o formas de vida vegetales. Las formaciones vegetales y otras divisiones fueron concebidas como combinaciones de formas de vida vegetales, es decir, como unidades fisonómicas. Para nombrarlas se han introducido términos ecológicos y hasta donde fue posible, las definiciones se basaron en criterios fisonómicos. Como unidades de vegetación, se distinguen: *clases de formaciones*, *subclases de formaciones*, *grupos de formaciones*, *formaciones*, *subformaciones* (INECC, 2007).

La información más actual sobre el estado de los ecosistemas en México se encuentra en la Carta de uso de suelo y vegetación VI con datos hasta el año 2017. Los grupos de vegetación que contiene la carta son: Selvas húmedas, selvas

---

<sup>12</sup> Las ecorregiones o biorregiones son unidades geográficas con flora, fauna y ecosistemas característicos.. Son una división de las grandes "ecozonas" o regiones biogeográficas (CONABIO, 2018)

subhúmedas, bosques templados, matorral xerófilo, pastizales, vegetación hidrófila, vegetación halófila, vegetación de galería, otros tipos de vegetación y coberturas.

**Cuadro 2.1 Ecosistemas mexicanos**

Formación vegetal	Tipo de vegetación	Condiciones (clima, geografía...)	Tipo de biodiversidad
Selva húmeda 4.7%	Selva alta perennifolia	Lluvia abundante todo el año y temperaturas cálidas (mayor de 18°C)	Dominada por vegetación como caoba, cedro rojo, orquidea, cacao, helechos, palmas. Los árboles pueden rebasar los 40 mts, y albergan a algunas de las más grandes comunidades biológicas diversas del mundo
	Selva alta subperennifolia		
	Selva baja perennifolia		
	Selva baja subperennifolia		
	Selva mediana perennifolia		
	Selva mediana subperennifolia		
	Selva mediana subcaducifolia		
Selvas subhúmedas	Selva baja caducifolia	Temporadas lluviosas y secas.	Hay árboles de hasta 30 m diferentes especies de hoja caduca. La selva se divide en alta y baja.
	Selva mediana caducifolia		
	Selva baja espinosa		
	Selva baja subcaducifolia		
Bosque templado 16%	Bosque bajo abierto	Presenta climas templados (12-23°C) y fríos (<0°C). El terreno puede ser montañoso o cordilleras.	Tres principales tipos de vegetación: árboles perrifolios como pinos, oyameles, ocotes, pinabetes, enebros, cedros y encinos. La fauna se compones de venados, pumas, tlacuaches, ardillas, mapaches, coatís, serpientes, mariposas.
	Bosque de ayarín		
	Bosque de cedro		
	Bosque de oyamel		
	Bosque de pino		
	Bosque de pino-encino		
	Bosque de táscate		
	Matorral de coníferas		
	Bosque de encino		
	Bosque de encino - pino		
Bosque mesófilo de montaña			
Matorral xerófilo 29.7%	Mezquital	Clima árido y semiárido, varían desde muy calurosos en las planicies costeras hasta algo fresco en las partes altas (de 12 -26°C). De 7-12 meses secos x año.	Dominado por arbustos, leguminosas, cactus, agaves, pastos. El número de endemismos es elevado debido a las condiciones extremas (agua escasa, suelos pobres ). La fauna se compone de borrego cimarrón, coyote, gato montés, puma, murciélagos, etc.
	Matorral crasicale		
	Matorral desértico micrófilo		
	Matorral desértico rosetófilo		
	Matorral espinosos tamaulipeco		
	Matorral rosetófilo costero		
	Matorral sarcocale		
	Matorral sarcocrasicale		
	Matorral sarcocrasicale de neblina		
	Vegetación de desiertos arenosos		
	Huizachal		

Fuentes: Elaboración propia con información de SEMARNAT y CONABIO

Formación Vegetal	Tipo de vegetación	Condiciones (clima, geografía...)	Tipo de biodiversidad
Pastizales 6.1%	Pastizal - huizachal	Zonas semiáridas y de clima fresco. Temperatura media de 12-20 grados celcius. Están en laderas de cerros y el fondo de valles con suelos fértiles y medianamente ricos.	Predominan los pastos con pocos árboles y arbustos como zacates, álamo, ocotillo. La fauna consta de perritos llaneros, liebres, águila real, berrendo.
Pastizales 6.1%	Pastizal natural	Temperatura media de 12-20 grados celcius. Están en laderas de cerros y el fondo de valles con suelos fértiles y medianamente ricos	arbustos como zacates, álamo, ocotillo. La fauna consta de perritos llaneros, liebres, águila real, berrendo
	Pradera de alta montaña		
Vegetación hidrófila 1.1%	Manglar	Se desarrolla en zonas acuáticas o húmedas como lagos, estanques, pantanos, orillas de los ríos y deltas	Plantas enraizadas en el fondo como el manglar, popal, tular, carrizal, vegetación flotante, sumergida y subacuática. Permiten resguardar a muchas especies de crustáceos, peces, aves y otras plantas.
	Popal		
	Tular		
	Petén		
	Vegetación halófila hidrófila		
Vegetación Halófila y gipsófila	Vegetación gipsófila	Baja altura, suelos con cuencas cerradas y alto contenido de sales y yeso.	Predominan los pastos rizomatosos y su cubierta arbustiva es escasa.
	Vegetación halófila		
	Pastizal gipsófilo		
	Pastizal halófilo		
Otros tipos de vegetación	Palmar natural		
	Vegetación de dunas costeras		
	Chaparral		
	Matorral submontano		
	Sabana		
	Matorral subtropical		
	Sabanoide		
Vegetación de galería	Bosque de galería		
	Selva de galería		
	Vegetación de galería		
Otras coberturas	Área sin vegetación aparente		
	Bosque cultivado		
	Bosque inducido		
	Pastizal cultivado		
	Pastizal inducido		
	Palmar inducido		
	Áreas agrícolas		
	Asentamientos humanos y zonas urbanas		
	Cuerpos de agua		

Fuentes: Elaboración propia con información de SEMARNAT y CONABIO



## **b) Provisión de servicios ambientales**

Los servicios que obtenemos de la biosfera gracias a su organización en ecosistemas se explican con base en su categorización: 1) servicios ambientales de provisión que son los que generan productos, recursos materiales y bienes que obtenemos directamente de la naturaleza; 2) servicios ambientales de regulación que son aquellos que se obtienen de los procesos ecológicos que regulan las condiciones de los elementos que conforman el estado de la biosfera a nivel local y regional y global, por ejemplo regulación del clima gracias a los sumideros de CO<sub>2</sub>; 3) servicios ambientales de soporte que son los que hacen posible que exista vida, ya que son servicios de base para la producción de los demás servicios ambientales, la diferencia con los demás es que sus beneficios se reciben de manera indirecta y a través de periodos muy largos, por ejemplo la formación del suelo; y 4) servicios ambientales culturales que son los que generan beneficios no materiales obtenidos de los ecosistemas tales como el ecoturismo, inspiración artística (INE, 2009). Ésta clasificación es usada a nivel nacional por el ahora Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), fue generada en la Evaluación de los Ecosistemas del milenio (Millenium Ecosystem Assessment, 2005).

La forma en la que se materializan los servicios ambientales para la satisfacción de nuestras necesidades se expresa en el Cuadro 1- México tiene una economía caracterizada por una gran producción de materias primas, esto es resultado de la gran diversidad de ecosistemas y los múltiples materiales y condiciones ambientales que puede ofrecer.

**Cuadro 2.2 Clasificación de los servicios ambientales.**

<b>Servicio</b>	<b>Importancia para el bienestar humano</b>	<b>Tipo de ecosistema que brinda el servicio</b>	<b>Procesos ecosistémicos involucrados en el servicio</b>	<b>Actividades humanas involucradas en la obtención del servicio</b>
Alimentos derivados de la agricultura	Sustento básico y recursos económicos	Campo agrícola	Productividad primaria; transformación de luz solar en tejido vegetal por medio de la fotosíntesis	Remoción de la cobertura vegetal, uso de insumos químicos, riego, maquinaria o sustitutos orgánicos, introducción de especies, selección o mejoramiento genético
Alimentos derivados de la ganadería		Pastizal, encierros, campo agrícola (complementos alimenticios), matorrales, selvas y bosque	Productividad secundaria/ terciaria; transferencia de energía desde los productores primarios (_que realizan la fotosíntesis) hacia niveles tróficos superiores.	Cría de ganado en pastizales, encierros o zonas con cobertura vegetal, suplementación alimenticia, introducción de especies, selección o mejoramiento genético.
Alimentos derivados de la pesca		Océanos, ecosistemas costeros y ecosistemas acuáticos continentales		Introducción de especies, construcción de estanques, establecimiento de granjas, suplementación alimenticia
Alimentos derivados de la acuicultura		Cuerpos de agua naturales y artificiales		Extracción de individuos de talla y especies comerciales, manejo forestal
Madera	Material de construcción y bienestar económico	Bosques y selvas	Productividad primaria	Extracción de individuos de talla y especies comerciales, manejo forestal
Leña	Fuente de energía	Bosques, selvas, matorrales, manglares, desiertos	Productividad primaria	Extracción
Recursos diversos	Usos múltiples, recursos económicos, importancia cultural (presente o futura)	Todos los ecosistemas del país	Mantenimiento de la biodiversidad y de las poblaciones de especies útiles	Extracción, manejo de especies, manejo de ecosistemas
Agua (cantidad)	Sustento básico, actividades productivas, funcionamiento de los ecosistemas	Ecosistemas terrestres y acuáticos continentales, océanos y atmósfera.	Interacción entre patrones climáticos, vegetación, suelo y procesos del ciclo hidrológico.	Construcción de presas, sistema de riesgo/alcantarillado, manejo de cuencas.

Fuente: El capital natural CONABIO, 2009

<b>Servicio</b>	<b>Importancia para el bienestar humano</b>	<b>Tipo de ecosistema que brinda el servicio</b>	<b>Procesos ecosistémicos involucrados en el servicio</b>	<b>Actividades humanas involucradas en la obtención del servicio</b>
Regulación de la biodiversidad	Regulación de casi todos los servicios ecosistémicos	Todos los ecosistemas del país	Interacciones biológicas entre organismos y con los componentes abióticos de los ecosistemas	Mantenimiento de la biodiversidad, manejo de especies individuales, manejo de ecosistemas, introducción de especies.
Regulación de plagas, de vectores de enfermedades y de la polinización	Regulación de los polinizadores, producción de algunos cultivos comerciales, regulación de plagas y vectores de enfermedades, control biológico de organismos nocivos.	Todos los ecosistemas del país	Interacciones biológicas entre organismos y con los componentes abióticos de los ecosistemas; mutualismo (polinización), competencia, depredación, mantenimiento	Mantenimiento de la biodiversidad, manejo de especies individuales, manejo de ecosistemas, introducción de especies.
Regulación de la erosión	Mantenimiento del suelo y sus servicios de moderación del ciclo hidrológico, soporte físico para las plantas, retención y disponibilidad de nutrientes, procesamiento de desechos y materia orgánica muerta, mantenimiento de la fertilidad del suelo y regulación de los ciclos de nutrientes.	Ecosistemas terrestres del país.	Interacciones entre la vegetación y los macro y microorganismos del suelo, que mantienen a este y sus funciones.	Mantenimiento de biodiversidad del suelo, de cobertura vegetal y de procesos.
Regulación del clima	Mantenimiento de condiciones climáticas adecuadas para la vida humana, sus actividades productivas y la vida en general	Atmósfera y todos los ecosistemas terrestres, acuáticos y marinos	Interacciones entre la atmósfera y sus componentes, y con la tierra y su tipo de cobertura	Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y conservación/manejo de cobertura vegetal.
Regulación de la calidad del aire	Regulación de concentraciones de contaminantes nocivos para la salud y para la visibilidad	Atmósfera y todos los ecosistemas terrestres, acuáticos y marinos	Interacciones entre la atmósfera y sus componentes, y con la tierra y su tipo de cobertura, y las actividades productivas	Reducción de emisiones de contaminantes y manejo de cobertura vegetal
Regulación de la respuesta a eventos naturales extremos	Regulación de la respuesta de los sistemas naturales al embate de eventos naturales extremos y sus consecuencias sobre la población humana	Atmósfera y todos los ecosistemas terrestres	Interacciones entre los componentes físicos y bióticos de los ecosistemas y los patrones climáticos	Conservación/manejo de ecosistemas terrestres
Servicios culturales	Seguridad, belleza, espiritualidad, recreación cultural y social para las poblaciones	Todos los ecosistemas del país	Evolución a lo largo del tiempo y del espacio de la interacción entre los humanos y los ecosistemas	Mantenimiento de la biodiversidad y de los ecosistemas del país, mantenimiento del conocimiento y percepciones.

Fuente: El capital natural CONABIO, 2009

El uso y la transformación de ecosistemas para obtener alimentos ha sido una actividad humana preponderante (Sarukhán, 2017), así es como se han podido desempeñar actividades diversas como la agricultura, pesca, ganadería, acuicultura, y extracción de diversas materias primas, consideradas parte del servicio de provisión.

Para llevar a cabo estas actividades se ha recurrido a la domesticación de las especies de mayor utilidad, seleccionándose variedades con distintas características, e incluso modificando genéticamente los organismos para conferirles las características deseadas. México es considerado uno de los centros de domesticación de plantas más importantes del mundo. Las últimas cifras de la SEMARNAT reconocen la domesticación de 120 especies representativas en territorio nacional. Otros autores estiman que han sido alrededor de 180 géneros de plantas sin considerar cada especie, por lo que el número de especies podría ser considerablemente mayor a las cifras oficiales. Sus usos han sido alimenticio, ornamental, la fabricación de textiles y utensilios (INE, 1997). La conservación de la diversidad de especies domesticadas para satisfacer necesidades básicas es muy importante, ya que el 15.4% de las especies que se consumen como alimento en el mundo tienen su origen en México (CONABIO, 2018).

A su vez, la disponibilidad de los componentes básicos de los ecosistemas, tal como el clima, flora y fauna, no solo han sido útiles para el desarrollo de actividades de subsistencia, también han permitido la provisión de servicios culturales. En el caso concreto de México, los distintos ecosistemas han determinado la cosmovisión de distintos pueblos, esto los orientó a explotar los recursos de una forma en que se respetaban los ciclos naturales. Se puede decir que el actual mosaico cultural en el país, es producto de la biodiversidad (INE,199). Esta riqueza es indicada a través de la existencia de pueblos originarios identificados de acuerdo con su lengua indígena que, dependiendo de los criterios de clasificación, van de 59 a 291 lenguas, que representan el total continental 30.2% y mundial 4.2% (Sarukhán, 2017).

En México más de 80% de los ecosistemas en buen estado de conservación, en donde se concentra gran parte de la biodiversidad, pertenece a comunidades rurales e indígenas. La superficie que ocupan los pueblos indígenas (24 millones de hectáreas, es decir, 12.4% del territorio nacional) tiene una cubierta de vegetación primaria y secundaria de 18 millones de hectáreas (75%); el resto son áreas de pastizales (11.3%) y tierras de uso agrícola (11.9%) en donde se alberga parte de la agrobiodiversidad mesoamericana, y cuerpos de agua y zonas urbanas (1.8%).

En los territorios indígenas que se encuentran en las partes altas de las cuencas se capta 21.7% de toda el agua del país. La mitad de las selvas húmedas y de los bosques de niebla y la cuarta parte de los bosques templados están en territorios indígenas (Sarukhán, 2017). Esto muestra la importancia de esas comunidades y de los territorios que ocupan para la conservación de la biodiversidad y el aporte de servicios ambientales.

### **2.3 Biodiversidad de especies y genes**

La magnitud de la biodiversidad de un país puede ser reflejada, además de con los diferentes tipos de ecosistemas y vegetación que contiene, con indicadores del número de especies que posee, el cambio en la riqueza de especies de una región a otra, los endemismos, la variación genética de las poblaciones, el número de plantas domesticadas, así como la variedad de procesos y funciones que desarrollan los seres vivos (INE, 1997). En este apartado se hará una revisión de la diversidad de especies y genes que hay en México. Esto es, la cantidad de acervo genético existente más importante en el territorio, que se expresa en las distintas especies de flora y fauna.

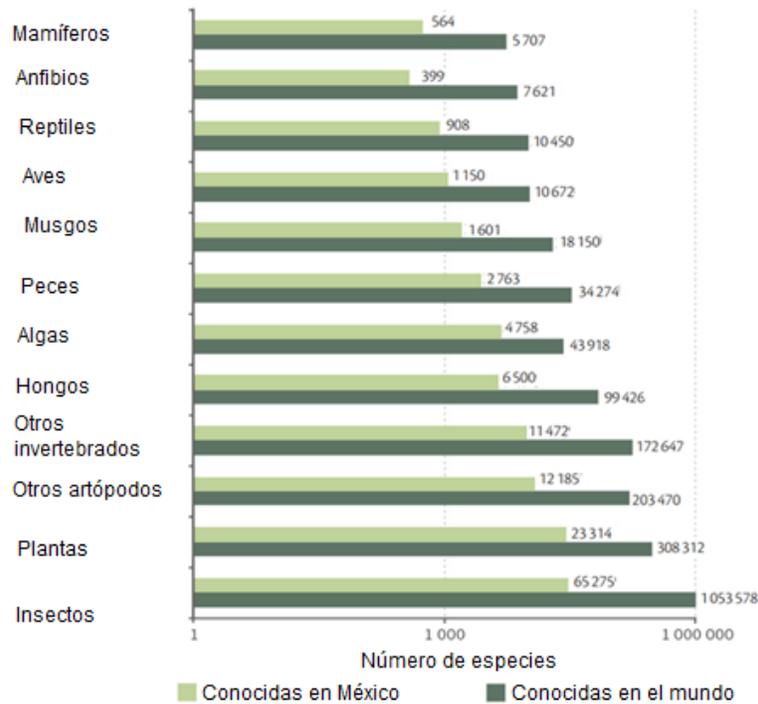
La diversidad de las especies tiene dos papeles principales en la autoorganización de ecosistemas a gran escala que permiten mantener la salud de un ecosistema: 1) proporciona las unidades mediante las cuales fluyen la energía y los materiales, dándole al sistema sus propiedades funcionales, cuando hay mayor diversidad se dice que utiliza un mayor número de vehículos para el flujo de energía y el ciclo de

nutrientes, aumentando la productividad de ecosistemas; 2) proporciona al ecosistema la resiliencia, ya que durante las fases de liberación y reorganización controlan al ecosistema usando su información genética latente para sobrevivir y generando nueva información que mantendrán latente hasta que se requiera de nuevo -potencial evolutivo-, en las siguientes fases de explotación y conservación también dirigen la dinámica -esta especies son denominadas de proceso de piedra angular-, (Costanza,1999 ) la cantidad de organismos que participan exitosamente en estos procesos son considerados como diversidad funcional y tienen la mayor importancia, pero como la pronosticabilidad de la evolución de los ecosistemas es incierta, tomando en cuenta el principio precautorio, deberían protegerse a todas las especies de flora y fauna actuales, ya que son las que sabemos, nos proveen servicios que requerimos para subsistir.

Además de las características biogeográficas del país, un hecho importante para explicar la biodiversidad mexicana es el proceso de autoorganización ecosistémica durante el periodo del Pleistoceno, México estuvo sujeto a cambios climáticos severos; los glaciares avanzaron a latitudes muy bajas y los climas fríos y templados cubrieron el territorio, con ello se establecieron especies de climas fríos mientras las especies de climas tropicales se extinguieron en gran medida y su distribución se restringió. El aislamiento de especies terminó cuando los glaciares se retiraron, este proceso produjo, un incremento considerable en el número de especies, las que aún se consideran de origen reciente (INE, 1997).

La última información que se tiene respecto a la cantidad de especies más importantes en México, dada su cantidad, es la proporcionada por la CONABIO, con datos reportados del año 2017:

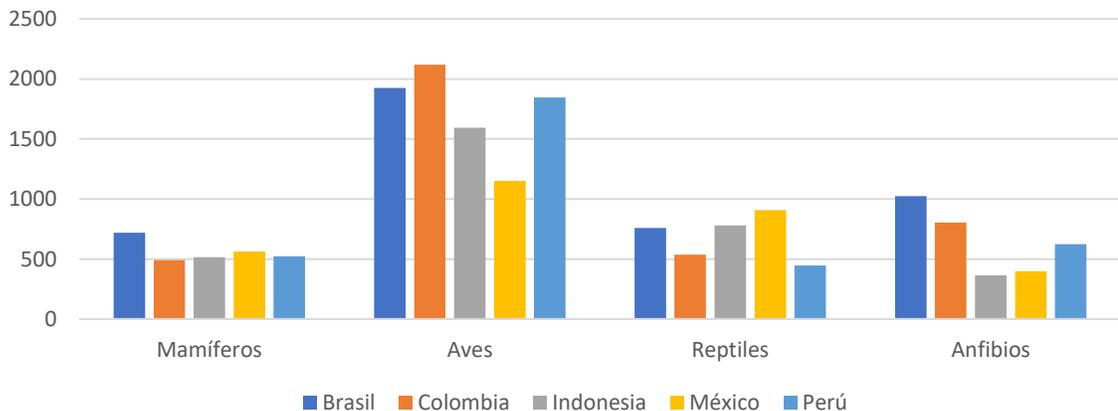
**Gráfica 2.1 Número de especies de hongos, plantas y animales en México y en el mundo**



Fuente: El Capital natural (Sarukhán, 2017)

La diversidad de especies mexicana, en un comparativo internacional, se cataloga en cuatro grandes grupos: vertebrados, invertebrados, plantas, hongos y protistas. Para tener idea de la posición de nuestro país en términos de países megadiversos, la siguiente gráfica muestra el lugar que ocupa México a nivel internacional comparativamente con los países más ricos en diversidad de especies.

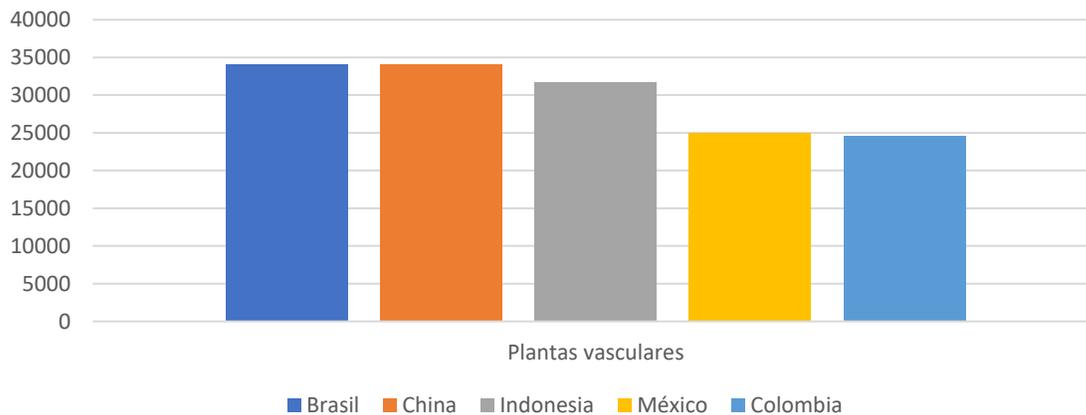
**Gráfica 2.2 Riqueza de especies en México**



Fuente: Elaboración propia con base en El Capital natural (Sarukhán, 2017)

El segundo grupo de relevancia representativa de los países megadiversos es el número de plantas, en México la CONABIO usa a las plantas vasculares para exponer la riqueza del país:

**Gráfica 2.3 Riqueza en especies de plantas vasculares**



Fuente: Elaboración propia con base en El Capital natural (Sarukhán, 2017)

Una vez generado el proceso autoorganizativo de ecosistemas en México a causa del aislamiento continental, responsable de la mayoría de las especies expuestas anteriormente; posteriormente se generó consecuentemente el proceso de evolución de especies, muchas de las cuales son exclusivas de nuestro territorio a causa de la separación continental. Este tipo de especies son conocidas como endémicas, y son las que tienen su distribución restringida a un territorio específico (CONABIO,2018) -a distinta escala ecosistémica-, esto significa que si una especie deja de existir en México, dejará de existir para siempre, esto hace evidente el mantenimiento de éstas especies, ya que no se sabe cuáles de ellas son del proceso de piedra angular y mantienen una diversidad funcional.

Para tener una idea de la relevancia de la biodiversidad de las especies endémicas con referencia al total, se muestra la siguiente gráfica:

## Gráfica 2.4 Proporción de especies en México



Fuente: Elaboración propia con base en El Capital natural (Sarukhán, 2017)

### 2.3.1 Diversidad genética

La variabilidad genética es un indicador de la biodiversidad. De acuerdo con el Sistema Nacional de Información Ambiental y de los Recursos Naturales (SNIARN), se define como las variaciones heredables que ocurren en cada organismo, entre los individuos de una población y entre las poblaciones dentro de una especie. Es el resultado de las diferencias que existen entre las distintas versiones (alelos) de las unidades de herencia (genes) de los individuos de una especie. Las diferencias heredables constituyen la materia prima sobre la que actúan las fuerzas evolutivas y moldean la variada complejidad de los seres vivos, esta información es crucial en los procesos dinámicos de los ecosistemas.

Son pocas las especies mexicanas a las que se han hecho estudios de su composición genética, en comparación de la gran cantidad de especies que tenemos.

**CUADRO 2.3 ESPECIES MEXICANAS CON ESTUDIOS AL NIVEL GENÓMICO**

<b>GRUPO</b>	<b>Número de taxones estudiados</b>
<b>MAÍZ Y TECOCINTLES</b>	4
<b>FRIJOLE DOMESTICADOS Y SILVESTRES</b>	2
<b>CALABAZAS DOMESTICADAS Y SILVESTRES</b>	2
<b>CHILE DOMESTICADO Y SILVESTRE</b>	2
<b>AGUACATE</b>	1
<b>AMARANTOS</b>	2

Fuente: El Capital Natural (Sarukhán, 2017)

Como se puede ver en el cuadro 2.3 Especies mexicanas con estudios al nivel genómico, son las especies de maíz, frijol, calabaza, chile, aguacate y amaranto, que han sido de origen y domesticación nacional en las que se ha enfocado el estudio, esto es a causa de que en el origen de las especies es donde existe mayor variabilidad genética (Sarukhán, 2017), dada la manipulación y selectividad que históricamente tuvieron. Es importante conocer nuestro acervo genético, para implementar medidas de protección, ya que dada su evolución su función ecosistema es altamente relevante, y de igual modo lo es su potencial económico.

### **2.3.2 Potencial económico de la biodiversidad**

Como seres humanos somos capaces de mejorar la productividad de distintos procesos, incluyendo los ecológicos, y dado que los sistemas ecológicos son los mejores modelos de sistemas sustentables donde se cierran ciclos (Costanza, 1999), es decir, donde a través de procesos de autoorganización nada es desaprovechado, se vuelve necesario tener un mayor entendimiento del funcionamiento intrínseco ecológico - potencial de reproducción, la capacidad de carga del medio ambiente, las tasas de reclutamiento y remplazo, así como la edad o estadio óptimo para la colecta- como de los factores extrínsecos -como las

interacciones con otros elementos de la biota y las condiciones ambientales que favorecen o entorpecen la producción y la susceptibilidad del recurso a cambios ambientales drásticos o cíclicos- (INE, 1997) de los sistemas ecológicos para tener sistemas económicos realmente sustentables.

Con la intención de llevar a los sistemas económicos y ecológicos a ciclos cerrados<sup>13</sup>, en la medida de lo posible, existen medidas como reducir desperdicios y de reintegrar desperdicios al sistema en forma de insumo -ya sea al sistema ecológico o al productivo-. En el sentido de reducir desperdicios, uniendo a los sistemas, se encuentra el caso de algunos recursos ecológicos que pueden estar exentos de usos actuales. Desde una perspectiva económica pueden ser la base para el descubrimiento futuro de nuevos productos farmacéuticos -plantas vasculares medicinales, insectos comestibles y medicinales, vertebrados silvestres útiles-, industriales -agricultura, productos forestales maderables y no maderables- o servicios -recreativos, culturales-; en la parte ecológica también pueden ser acervos de material genético de especies útiles, o fuente de especies con mejor capacidad de adaptación a condiciones climáticas futuras, es decir, son productos ecológicos que tienen ganancias económicas potenciales (Beattie, 2005; INE 1997). La intención de cerrar ciclos, es la de aprovechar los recursos ecológicamente y económicamente, en búsqueda de una diversificación de la presión que implica la extracción para algunas especies, no de incrementar la extracción de materiales. Los principales accionables para cerrar ciclos deberían centrarse en las siguientes actividades:

a) Producción de alimentos. A pesar del gran número de especies domesticadas y usadas en el país, únicamente tres –maíz, frijol y sorgo (que no es nativo de México)– cubren 49% de la superficie cultivada (Sarukhán, 2017). De diversificarse el número de especies cultivadas podrían darse beneficios económicos y ecológicos.

---

<sup>13</sup> Con ciclos cerrados me refiero a ciclos productivos que tiendan a aprovechar el total de la energía disponible durante el proceso productivo.

b) Servicios forestales. De la superficie con cobertura vegetal, que es de 141.8 millones de hectáreas, 64.9 millones corresponden a bosques y selvas, de las cuales 15 millones tienen potencial forestal maderable; de las que hasta el 2015 se han usado solamente alrededor de 7.4 millones de hectáreas y producido en promedio 6.74 millones de metros cúbicos anuales de madera (principalmente de pinos), volumen insuficiente para abastecer la demanda interna, por lo que dicho déficit se cubre con productos importados y con ello se ocasiona además un déficit comercial creciente. Por otro lado, México ocupa el primer lugar del mundo en el manejo comunitario de bosques certificados como sustentables en zonas templadas y tropicales (Sarukhán, 2017), es decir, existe un alto potencial para el uso forestal sustentable.

c) Potencial de producción de bienes forestales no maderables. Se estima que en México, se utilizan cientos de productos no maderables (hojas, frutos, semillas, cortezas, gomas, ceras, fibras, colorantes, entre otros), obtenidos de entre 5 000 a 7 000 especies distribuidas en los diferentes ecosistemas del territorio nacional, pero la falta de datos estadísticos no permite saber el número exacto de productos que se utilizan ni el valor de la producción (Sarukhán, 2017)-

d) Medicina tradicional. Es muy representativo culturalmente el tema de la medicina tradicional, se estima que México alberga alrededor de 4000 especies de plantas con flores (aproximadamente 15% de la flora total) tienen atributos medicinales, es decir que más o menos una de cada siete especies posee alguna propiedad curativa; sin embargo, hay aproximaciones que la validación química, farmacológica y biomédica de los principios activos que contienen se ha llevado a cabo sólo en 5% de estas especies (Ocegueda, 2005).

No solo la explotación directa tiene relevancia económica, también el estudio de los genes de las especies -para su uso medicinal, biológico, como alimento con otras especies de animales, control biológico, conservación de germoplasma (INE, 1997)

la tiene, esto se hace patente con el comercio internacional y con el alto índice de robo de recursos genéticos. La última situación se trata del hecho de convertir a la especie en un recurso y reclamarlo como propio a través del uso de patentes, evitando así que alguien más pueda usarlo (Universidad Iberoamericana, 2008).

Además de usarse para actividades de subsistencia, los recursos o materiales naturales pueden usarse de manera indirecta o como subproducto de cierta explotación directa de algunos recursos. En la mayoría de los casos se trata de una producción mínima y más con interés artesanal que con objeto de encontrar una fuente alternativa de ingresos o una ocupación para los tiempos en que no se pueden dedicar a las actividades principales (INE, 1997). El ecoturismo ha sido una de éstas actividades alternativas en zonas donde hay una gran biodiversidad. Organización Mundial del Turismo en sus registros de la dinámica turística global en 2017 se estableció una cifra de 25.9 millones de turistas con 1,186 millones de turistas internacionales que generaron 21,300 millones de dólares en divisas (SECTUR, 2018).

En conclusión, la relevancia de los ecosistemas mexicanos se da en dos sentidos: ecológico y social. En cuanto a la parte puramente ecológica su importancia está en que al ser la unidad básica de la biosfera cumple con procesos dinámicos que son los encargados de mantener funcional un sistema, y por lo tanto de la biosfera, con ello los seres humanos pueden desarrollar sus actividades, entre ellas el desarrollo del subsistema económico. Adicionalmente en el ensamblaje internacional de ecosistemas el papel de México en el mantenimiento saludable de la biosfera es fundamental, dado su alto contenido de ecosistemas y por lo tanto de biodiversidad, por ello, el garantizar la conservación de la diversidad de especies a lo largo del tiempo a través de la la ejecución sustentable de los patrones de producción y consumo, así como de políticas que sustenten este modelo, se generará mayor capacidad de resiliencia global ante externalidades, lo cual preservará la provisión de los servicios ambientales.

La relevancia de la biodiversidad en términos económicos y sociales no es menor. En el Convenio sobre Diversidad Biológica (1993), se consideró que los recursos biológicos representan al menos el 40% de la economía mundial y el 80% de las necesidades de la población con bajos ingresos son cubiertas por estos recursos. Los objetivos de este Convenio buscaban la conservación de la diversidad biológica, a través de la sustentabilidad y la distribución justa y equitativa de los beneficios derivados de la utilización de los recursos genéticos.

De forma conjunta, el entendimiento del funcionamiento ecológico de los ecosistemas es una guía de cómo desarrollar actividades humanas con una mayor eficiencia, sustentabilidad y una menor generación de impactos ecológicos negativos en el largo plazo, que es posible cuando se busca compatibilidad del subsistema económico con el proceso de cierre de ciclos de los sistemas naturales.

La falta de información de la diversidad de especies y sus procesos provoca que los cambios en el medio ambiente y recursos naturales sean percibidos en menor medida y tomados poco en cuenta, a no ser que la magnitud del cambio ya haya provocado efectos muy evidentes, sobre todo en los subsistemas económicos y en el bienestar social, que en la mayoría de los casos ya son irreversibles. En México el ignorar la relación directa de la economía con la ecología ha llevado a hacer un uso ineficiente de los ecosistemas, destinándolos a actividades donde no se optimiza su utilidad ecológica ya que se desconoce este potencial por no realizar los estudios pertinentes que incluyan el análisis de variables tanto económicas como ecológicas. La falta de este tipo de análisis además de impactar en el crecimiento económico por las ineficiencias mencionadas durante la explotación -ignorancia del potencial y capacidad de diversificación-, también generan sus respectivos impactos ecológicos al generar sobreexplotación y mal uso de ecosistemas, con lo que se puede decir que hay una pérdida de activos económicos ecológicos irreversibles.

### **Capítulo III. Factores próximos de destrucción de ecosistemas y disminución de la biodiversidad en México**

La dinámica evolucionista de los ecosistemas genera resiliencia para mantener los ecosistemas funcionales, pero es importante comprender que ésta dinámica plantea problemas y restricciones que afectan su propia funcionalidad cuando presentan desequilibrios, es decir, cuando los componentes del ecosistema no pueden autoorganizarse exitosamente. Las problemáticas y restricciones pueden ser causadas por externalidades negativas y por procesos -económicos- de alta entropía. El resultado de las problemáticas es la pérdida de ecosistemas. En este capítulo se describirán únicamente los factores directos o próximos, causantes de la pérdida de ecosistemas en México.

#### **3.1 Factores directos o próximos**

De acuerdo con la clasificación de factores de cambio en la biodiversidad de la CONABIO, los factores directos se presentan cuando la biodiversidad de una región dada es afectada directamente por la acción humana mediante actividades diversas de impacto inmediato próximo, es decir, estos factores presentan consecuencias ambientales inmediatas y visibles. No operan de forma independiente ni de forma lineal, sino como redes complejas de relaciones entre diversas variables. Existen también procesos de retroalimentación, resultantes de un impacto sobre la biodiversidad que interactúa con el impacto inicial, aumentando o disminuyendo su efecto -retroalimentación positiva o negativa, respectivamente-.

Los factores de cambio directo se clasifican en cinco categorías principales: 1) factores de cambio en la cobertura y uso del suelo, incluyendo la deforestación y su consecuente fragmentación y efecto de borde del hábitat, y los incendios forestales no naturales; 2) sobreexplotación por la extracción o por consumo directo; 3) introducción de especies (especies invasoras exóticas); 4) factores del cambio climático antropogénico (calentamiento atmosférico y modificaciones en la precipitación, así como el esperable aumento del nivel del mar y de la incidencia y

magnitud de huracanes); y 5) la contaminación o adición de productos exógenos (contaminantes y fertilizantes) al ecosistema. Estos procesos y agentes directos representan los factores próximos causantes del deterioro ambiental, como la pérdida de la biodiversidad en sus diferentes aspectos y la pérdida o deterioro de los servicios ambientales (Challenger, 2009).

### **3.1.1. Cambios en la cobertura y uso de suelo**

La pérdida y deterioro de los hábitats es la principal causa de pérdida de biodiversidad, y se da por cambios en el uso del suelo, por lo que un espacio destinado a mantener la interacción de ciertas floras y faunas, ahora es usado para un fin distinto a este (CONABIO, 2018). La transformación puede ser completa o puede ser deterioro de la composición, estructura o función de los ecosistemas que impacta a las especies y a los bienes y servicios que obtenemos de la naturaleza (LEEGEPA, 2018).

Durante los últimos 50 a 100 años, en México, se ha dado un impacto más notable en los ecosistemas, que se distingue por una tasa muy alta de cambio en la cobertura de la vegetación y el uso del suelo (SEMARNAT, 2018).

La vegetación en su conjunto - los ecosistemas forestales (es decir, arbolados) y no forestales (los no arbolados)-, no siempre fue de este modo. Los estudios sobre el uso de suelo en México, toman al año de 1976 como el año base, es decir, en este año se considera que las regiones tenían la cobertura original del país, también llamada vegetación primaria, definida como la cobertura más conservada y madura, cuya estructura y composición de especies se asemeja más a las condiciones de la vegetación en ausencia de impacto humano –aunque se calcula que de la cobertura original real del país, ya se había reducido en 38%- en 1976 (Sarukhán, 2010).

**Cuadro 3.1 Transformación de la cobertura vegetal en México (miles de ha x año)**

Periodo	Vegetación primaria	Selvas	Bosques	Matorrales	Pastizales
1976-1993	489.94	206.34	31.58	135.01	
1993-2002	335.63	147.47	39.87	88.47	12.62
2002-2007	382.15	167.06	4.8	67.57	83.88
2007-2011	285.14	129.51	6.86	96.87	34.29
$\Delta$ Total %	-41.80	-37.23	-78.28	-28.25	1.72

Fuente: Elaboración propia con base en datos de SEMARNAT, 2018

La transformación de la cobertura vegetal es la que se inicia en un lugar donde, previamente, existió un ecosistema y que, tras una serie de transformaciones por causas naturales o provocadas, se convierte en otro diferente. El problema con el cambio en las coberturas es que no sabemos cuáles serán funcionales para la humanidad. En el periodo de estudio, todas las coberturas vegetales han mostrado una disminución en la transformación de hectáreas por año, principalmente los bosques, la vegetación primaria y las selvas. Este cambio se puede deber al funcionamiento de las políticas ambientales, pero también a que ya no existen o se están terminando las áreas que se pueden transformar, al respecto de esto de acuerdo con la CONABIO se asegura que estas tendencias continúan a lo largo de la década siguiente, aunque a una tasa menor, de 0.5% anual, debido, a que mucha de la vegetación de regiones selváticas en las tierras bajas del trópico húmedo ya había sido desmontada. En este sentido es importante recordar que las selvas y bosques son de los ecosistemas más susceptibles a la explotación, como se verá en el apartado de *Sobreexplotación* de este capítulo.

**Cuadro 3.2 Degradación de la cobertura vegetal en México (miles de ha x año)**

Periodo	Vegetación primaria	Selvas	Bosques	Matorrales	Pastizales
1976-1993	939.89	341.5	275.91	150.75	-
1993-2002	525.2	91.73	293	76.22	4.74
2002-2007	495.73	115.19	181.31	96.99	43.84
2007-2011	121.4	34.69	-6.61	87.51	15.36
$\Delta$ Total %	-0.87	-0.90	-1.02	-0.42	224.05

Fuente: Elaboración propia con base en datos de SEMARNAT, 2018

La degradación de la cobertura vegetal implica la pérdida de cualidades que se han tenido históricamente -es importante mencionar que la pérdida de cualidades puede ser de forma positiva cuando se pasa de cobertura secundaria a primaria-. Aunque esto no implica la remoción total de la cubierta natural, puede ocasionar cambios importantes en la composición y densidad de las especies, en su estructura y funcionamiento y en los servicios ambientales que proporcionan. Por tipo de ecosistema, los más afectados en México entre 2007 y 2011 fueron los matorrales (incrementaron su superficie neta degradada en 87.5 miles de hectáreas anualmente), seguidos por las selvas (poco menos de 35 mil hectáreas) y los pastizales (15.4 miles de hectáreas). En contraste, 6.6 miles de hectáreas de bosques se recuperaron de tal forma que tenían características semejantes a los bosques primarios (SEMARNAT, 2018).

Una forma más para precisar el daño hacia los ecosistemas es a través de la contabilización de su pérdida. La evolución del tipo de vegetación en México (Cuadro 3.3) se hace partiendo del periodo de estudio previo del que se tiene conocimiento 1970 – 1979. En 1993 los mayores impactos en la vegetación respecto al periodo anterior se dieron: en la vegetación primaria con una disminución del 46.63% y del 15.96%, de la selva húmeda y de bosques templados respectivamente; en la vegetación secundaria los mayores impactos fueron en la vegetación hidrófila con un aumento casi del triple, mientras que los bosques templados y la selva húmeda tuvieron un incremento de su superficie ocupada en 73.31 % y 23.23%. Es posible que la superficie primaria de bosques y selvas se haya transformado en vegetación secundaria.

**Cuadro 3.3 Evolución del tipo de vegetación en México 1970 – 2002 (tasas de cambio)**

<i>Tipo de vegetación</i>	<b>1993</b>			<b>2002</b>		
	Primaria	Secundaria	Total	Primaria	Secundaria	Total
<i>Selva húmeda</i>	-46.63	23.23	-10.85	-11.75	1.18	-2.60
<i>Bosques templados</i>	-15.96	73.31	-1.53	-10.69	23.13	-1.07
<i>Matorral xerófilo</i>	-5.63	7.74	-4.67	-1.76	-2.73	-1.84
<i>Pastizales</i>	-12.71	51.43	4.45	-0.67	882.48	-1.09
<i>Vegetación hidrófila</i>	12.25	180.82	12.60	-3.85	442.14	-1.53
<i>Zonas urbanas</i>			457.28			14.30

Fuente: Elaboración propia con base en Sánchez, 2009

Por su parte, en el año 2002, continuaron los mismos patrones del periodo anterior para la vegetación primaria a excepción de que disminuyó el porcentaje de desaparición de cobertura de selva húmeda y bosques templados a 11.75% y a 10.69% respectivamente. En la vegetación secundaria, los pastizales incrementaron su ocupación casi en 10 veces, y la vegetación hidrófila en alrededor de 5 veces. Este cambio pudo estar incentivado por el desarrollo de la ganadería y de la actividad acuícola, pesquera.

**Cuadro 3.4 Superficies de usos del suelo y vegetación en México (tasas de cambio)**

<b>Año</b>	<b>Acuícola</b>	<b>Bosque cultivado</b>	<b>Pastizal cultivado</b>	<b>Cuerpos de agua</b>	<b>Asentamientos urbanos y áreas de infraestructura</b>	<b>Áreas desprovistas de vegetación</b>	<b>Vegetación natural e inducida</b>
<b>2011</b>	15.60	59.93	0.87	15.21	15.49	86.95	-0.34
<b>2014</b>	10.53	25.78	1.39	-8.99	17.67	67.01	-1.18

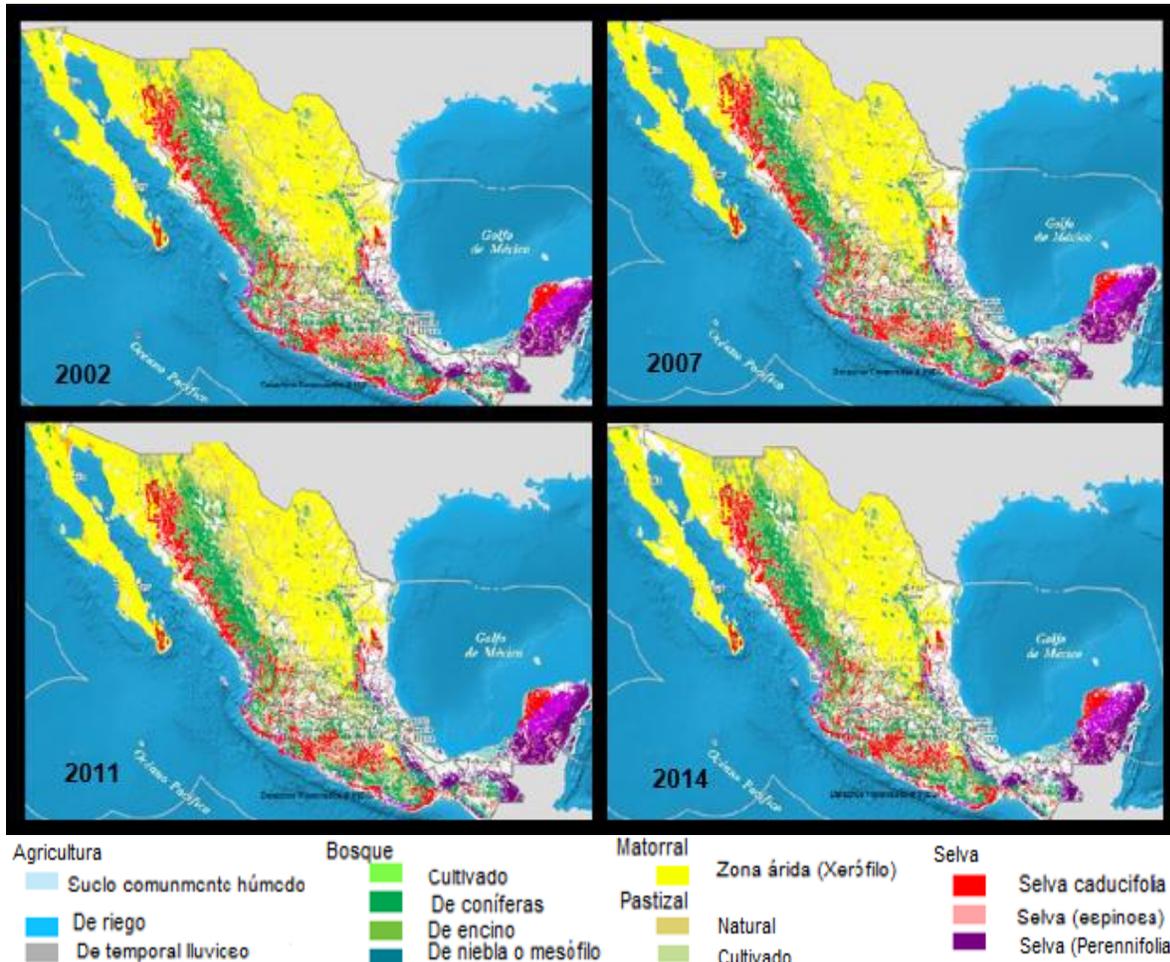
*Fuente: Elaboración propia con base en datos del SNIARN, 2017.*

Las últimas cifras sobre el estado de la cobertura vegetal en México (Cuadro 3.4) presentadas por SEMARNAT, hacen referencia a una categorización de coberturas vegetales distinta a la de los cuadros 3.2 y 3.3 presentados por CONABIO, por lo tanto no es posible compararlos. De igual modo presentan datos importantes. Para el año 2011 las áreas que experimentaron cambios más significativos respecto al 2007 fueron, de modo positivo, los bosques cultivados (vegetación secundaria) ganando superficie en 59.93%, también los ecosistemas hidrófilos (acuícola y cuerpos de agua) crecieron en alrededor del 15%. En contraste las áreas desprovistas de vegetación crecieron casi al doble.

En el año de 2014 los cambios positivos no fueron en tantas áreas, los bosques cultivados aumentaron en 25.78%, la vegetación acuícola aumento en 10.53% pero los cuerpos de agua disminuyeron en 9%. Las áreas desprovistas de vegetación

siguieron con aumentos importantes pero menores a los del periodo anterior, esto fue 67.01%. Esquemáticamente, los cambios se han dado del siguiente modo:

**Mapa 3.1. Evolución del uso del suelo y vegetación en México 2002 - 2011**



Fuente Elaboración propia con base en Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) 2014

La zona árida es la de mayor presencia en el país, sobre todo al norte; le sigue el bosque templado de coníferas y después las selvas. Las principales transformaciones del suelo se han llevado a cabo en las selvas húmedas y secas, los pastizales, los bosques nublados y los manglares y en menor grado en matorrales y bosques templados, que son los ecosistemas más accesibles, productivos, con mejores suelos y en lugares planos han sido los más transformados (Challenger, 2009).

**Cuadro 3.5 Causas de pérdida de vegetación en México por tipo de ecosistema**

Selva húmeda	Bosque mesófilo de montaña	Bosque templado de coníferas	Ecosistemas áridos y semiáridos	Humedales
La deforestación -es la más alta en México-; cambio de uso de suelo para dedicarlo a agricultura o ganadería; el cambio climático que se prevé que ocasione condiciones más cálidas secas lo cual ocasionaría la ampliación de ecosistemas secos afectando a los húmedos; la extracción desmedida de flora y fauna para tráfico ilegal.	Un factor importante de alteración de estos bosques es la tala crónica a pequeña escala; por la ganadería extensiva y, en menor medida, por el crecimiento urbano y el aprovechamiento forestal de productos maderables y no maderables	Deforestación para crear pastizales para la ganadería extensiva, para abastecer de materiales de construcción a las nuevas ciudades, para proveer durmientes para las vías férreas e insumos para las fábricas de papel, aprovechamiento forestal no sustentable, la tala ilegal, los incendios forestales, el reparto agrario y las políticas de fomento agropecuario.	El pastoreo no sustentable, los desmontes para agricultura y ganadería, extracción de especies maderables y explotación no sustentable de plantas como materia prima industrial, cacería excesiva, la construcción de presas - provocó desecación-	Sufren contaminación orgánica derivada de las industrias de la alimentación y bebidas, la papelera, la textil y la azucarera, así como por aguas residuales municipales, por agroquímicos y estiércol lixivados de campos agropecuarios.

Fuente: Elaboración propia con base en Sarukhán, 2010; CONABIO,2018

### 3.1.2. Especies invasoras

Las especies nativas se encuentran de manera natural en una región como resultado de un largo proceso de adaptación a las condiciones ambientales existentes y del desarrollo de complejas interacciones con otras especies, pero entre ellas se encuentran las especies exóticas invasoras (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010). Una especie invasora es aquella que, como consecuencia de las actividades humanas, se ha expandido fuera de su rango de distribución natural, ha aumentado su densidad dentro de comunidades naturales de especies nativas y/o tiene impactos negativos en la biodiversidad de dichas comunidades (UNAM,2018). Se calcula que aproximadamente el 17% de las

extinciones de especies animales en tiempos históricos, en todo el mundo, pudo deberse a la introducción de especies exóticas (Álvarez-Romero, 2008).

Afectan a las especies nativas a través de la depredación, el desplazamiento de especies por competencia, la transmisión de enfermedades e, incluso, por la hibridación con especies originarias, alterando su acervo genético y amenazando la subsistencia de la especie, modificación de hábitat y afectación en el funcionamiento de los ecosistemas (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010). Así se generan desequilibrios ecológicos que dañan la salud de la biosfera y de humanos.

En la Estrategia Nacional sobre especies invasoras en México 2010 se identifica a las actividades humanas como principales vías de introducción. Las crecientes actividades humanas que figuran dentro de la introducción de especies invasoras son: el incremento de la población, sus desplazamientos y actividades, derivados del desarrollo económico, social y cultural, han aumentado la frecuencia, el número y la diversidad de organismos exóticos que son transportados y que pueden establecerse en nuevas áreas. Estos procesos sociales de impacto ecológico son denominados  *rutas de introducción artificial, con sus subclasificaciones: deliberadas* - asociadas con comercio de organismos vivos y sus productos-  *e incidentales* - transporte de personas y bienes-. No obstante, algunas especies son introducidas por medios naturales como vientos, huracanes, tormentas o corrientes marinas, que sumadas al cambio climático global, incrementa el establecimiento de especies exóticas invasoras.

En el Cuadro 3.6 Especies invasoras identificadas por ecosistema en México es posible ver la evolución que ha tenido la introducción de especies en los ecosistemas mexicanos. La clasificación de ecosistemas tan amplia del cuadro: terrestres, no terrestres y varios, es de ese modo porque eran las únicas características coincidentes. Conforme avanzaban los años, en la contabilización e identificación de los grupos taxonómicos de las especies y la clasificación de ecosistemas fueron aumentando y haciéndose más específicos. El Sistema

Nacional de Información Ambiental de Recursos Naturales pasó de incluir 11 especies de flora y fauna terrestre y acuática en el 2007 a cerca de 18 especies terrestres, acuáticas y de varios ambientes.

**Cuadro 3.6 Especies invasoras identificadas por ecosistema en México**

<b>Año</b>	<b>Terrestre</b>	<b>No terrestre</b>	<b>Varios</b>	<b>Sin Información</b>	<b>Total</b>
2007	719	92	-	-	811
2008	195	163	-	-	358
2009	-	-	-	-	-
2010	90	361	-	-	451
2011	99	485	-	-	584
2012	130	1260	-	-	1390
2013	-	-	-	-	-
2014	742	208	69	789	1808
2015	1043	508	156	85	1792
2016	1050	514	158	78	1800
2017	1151	627	196	30	2004

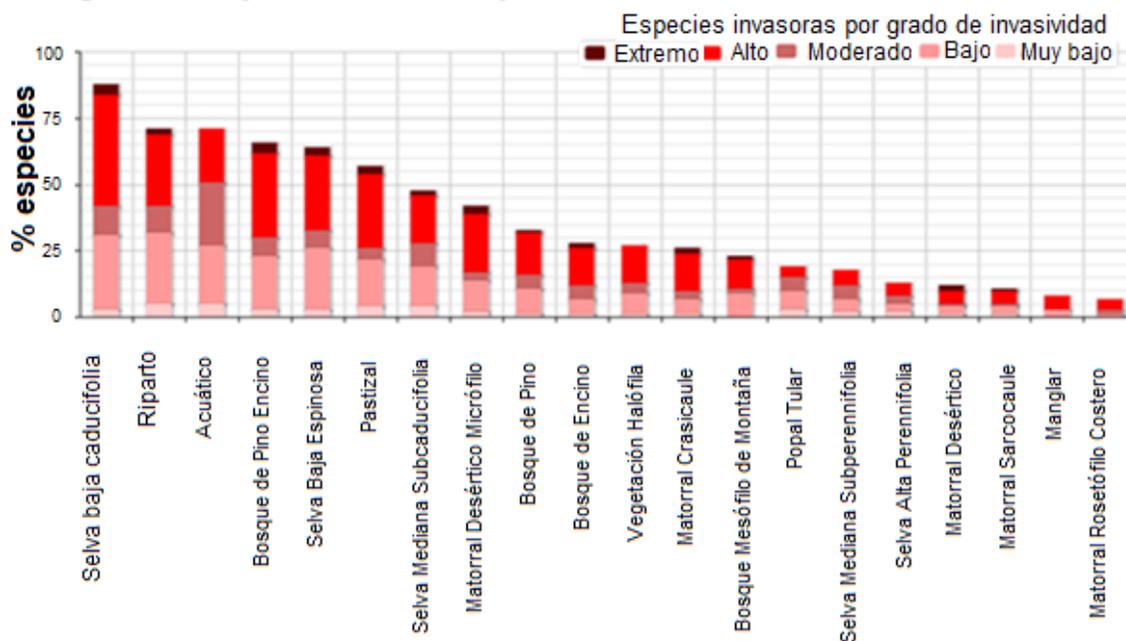
Fuente: Elaboración propia con datos del Sistema Nacional de Información Ambiental de Recursos Naturales (SNIARN), 2018.

El propósito de este cuadro es mostrar la evolución de la cantidad de especies identificada como habitante de ecosistemas mexicanos. La tendencia ha sido creciente a excepción del año 2008, pero en este año el número de especies que se incluyeron en el estudio de cada ecosistema fue menor que en los demás años. En los años donde la tendencia fue invariablemente creciente las especies analizadas por ecosistema fueron del mismo modo creciendo por año. Es importante mencionar que durante los años donde los efectos de la crisis fueron más notorios, esta contabilización no se realizó, esto pudo deberse a recortes presupuestarios.

El grado de invasión de las especies exóticas invasoras es necesario para saber qué tan afectado puede estar un ecosistema. Es también importante diferenciar entre el número de especies que invaden un ecosistema y la cantidad que existe de cada especie, porque pueden haber organismos que se adapten al ecosistema mejor que otros y se reproduzcan con mayor facilidad y rapidez, lo que puede catalogarlas como plagas, dado su alto impacto negativo; en cambio pueden haber

otras especies invasoras, que aunque están presentes en el ecosistema tiene una pequeña presencia en número, lo que hace que su impacto negativo sea menor. El Monitoreo de estado de las invasiones biológicas de plantas en México tiene cinco niveles de invasividad que van desde muy bajo a extremo, donde los ecosistemas están en grave peligro.

**Gráfica 3.1 Especies Invasoras por tipo de ecosistema en México**



Fuente: Monitoreo del estado de las invasiones biológicas de plantas en México, 2010.

Los ecosistemas más afectados por un elevado número de especies exóticas diversas son los que tienen un clima de templado a cálido como por ejemplo las selvas y bosques. Es posible observar en la Gráfica 3.1 Especies Invasoras por tipo de ecosistema en México, que en la mayoría de los ecosistemas con un alto número de especies invasoras tienen también una elevado número de estas especies tienen también un nivel alto de invasividad, lo que es un indicativo de adaptación de éstas especies, lo que significa que a éstos ecosistemas se les está dañando en gran medida, y pueden perder su equilibrio. El daño a ecosistemas y a paisajes es el último paso del daño de las especies exóticas invasivas al ocasionar cambios en las tasas de suministro de recursos, tasas de adquisición de recursos por plantas y animales, modificaciones de ciclos geoquímicos, o aumento en las tasas de erosión, intensidad y frecuencia de fuegos, entre otros (Álvarez-Romero, 2008).

El impacto de estas especies en los ecosistemas, que posteriormente afecta los subsistemas económicos tiene especial relevancia en México. La introducción de especies exóticas producen importantes pérdidas económicas ya que afectan principalmente: la agricultura con disminución de la productividad, pérdida de cosechas, reducción de la calidad de productos; la Silvicultura con bajas en la productividad o calidad de los productos por la introducción de plagas exóticas; la ganadería con transmisión de enfermedades, competencia con ganado doméstico; también pueden llegar a dañar patrimonio cultural, viviendas, presas de agua, muelles, diques, instalaciones eléctricas y de telecomunicaciones (Álvarez-Romero, 2008). Como se mostró en este texto en el *Capítulo II. Biodiversidad de México*, México es un país donde los ecosistemas generan poderosamente servicios ambientales de provisión que son aprovechados económicamente, es decir, a través de la inserción de trabajo humano son convertidos en actividades primarias que principalmente producen alimentos. Entonces, si no existe un adecuado control de la inserción de las especies exóticas en territorio nacional, la economía nacional deberá asumir fuertes costos. Se estima que el impacto anual de la invasión de especies exóticas es de 5% del Producto Interno Bruto mundial (González y colb, 2017).

### **3.1.3. Sobreexplotación.**

La sobreexplotación se refiere a la extracción de forma insustentables (Álvarez-Romero, 2008), es decir, es la extracción de especies o materiales de una a una tasa mayor a la de su reproducción (Costanza, 2006; SNIARN, 2018). La extracción de especies incluye floras y faunas mientras que los materiales pueden ser minerales o no minerales. Cuando esto sucede las poblaciones que son directamente extraídas disminuyen, y de forma indirecta otras especies también pueden disminuir en número por motivos derivados de la cadena alimenticia.

En México, en términos de extracción, sobresalen los recursos denominados como altamente requeridos, éstos son los que tradicionalmente son muy conocidos y demandados por la mayor parte de la sociedad y, por tanto, han recibido un alto valor económico y comercial, lo que tradicionalmente ha resultado en la sobreexplotación de éstos (INE,1997). Por otra parte, existen especies novedosas que podrían fungir como sustitutos y restar presión a diversas especies y ecosistemas, pero el desconocimiento y neofobia han sido sus principales obstáculos. Al final, el resultado de la sobreexplotación tendrá consecuencias económicas como escasez y altos precios (INE,1997).

**Cuadro 3.7 Extracción de materiales en México  
(millones de toneladas anuales)**

AÑO	BIOMASA				TOTAL
	CULTIVOS	FORRAJES	PESCA	MADERA	
2004	109.22	180.42	1.26	27.20	318.10
2005	109.80	179.34	1.22	27.09	317.44
2006	112.65	180.33	1.27	26.97	321.22
2007	116.73	181.67	1.35	27.68	327.43
2008	118.06	183.52	1.46	26.91	329.95
2009	109.24	186.15	1.48	26.80	323.67
2010	114.70	187.73	1.35	26.71	330.49
2011	108.42	189.13	1.40	26.67	325.61
2012	118.00	184.55	1.43	26.84	330.82
2013	130.90	186.70	1.50	26.81	345.91
2014	129.64	189.77	1.43	26.72	347.56
Tasa Media anual	1.87	0.51	1.39	-0.17	0.91
Δ total porcentual	18.70	5.19	13.34	-1.77	9.26

Fuente: Elaboración propia con base en datos del SNIARN, 2018

La explotación de recursos naturales requiere una planeación sustentable para garantizar su supervivencia, y el de los habitantes en condiciones sociales vulnerables que son los que dependen en gran medida de la explotación directa para satisfacer sus necesidades. En México se estima que el 20% de la población -regularmente de bajos recursos- sobrevive de la explotación directa (Sarukhán, 2017) de los recursos naturales que se encuentran en su entorno.

El SNIARN presenta un indicador de extracción de materiales que mide las toneladas de la extracción efectuada en el territorio nacional de materias primas también llamadas materiales que después se insertan en la economía; se incluyen a los minerales (metálicos, industriales y de construcción), la biomasa (que considera los cultivos, forrajes y las producciones forestal y pesquera) y los

combustibles fósiles (petróleo, carbón y gas natural). La extracción mide la presión humana sobre la calidad ambiental y las reservas de recursos naturales nacionales.

El total de la extracción de biomasa presenta una tendencia creciente, a una tasa anual media de 0.91% y con un crecimiento total en el periodo de 9.26%. La extracción de cultivos es la que ha representado un mayor crecimiento en el periodo con 18.7% que representa 20 millones de toneladas. El valor creciente de los volúmenes de extracción de biomasa puede representar una mayor presión sobre las reservas de recursos naturales y sobre la calidad ambiental nacional. En este sentido es importante reconocer que nuestra producción de materias primas está orientada a la exportación (Calderón, 2015), y ante una población creciente, cabe cuestionarse la calidad de los nuevos satisfactores.

**CUADRO 3.8 EXTRACCIÓN DE MATERIALES EN MÉXICO (MILLONES DE TONELADAS ANUALES)**

AÑO	COMBUSTIBLES FÓSILES			TOTAL
	PETRÓLEO	GAS NATURAL	CARBÓN	
2004	188.18	37.81	8.96	234.95
2005	185.11	39.89	9.94	234.93
2006	179.98	44.71	10.88	235.57
2007	169.36	50.85	11.89	232.1
2008	152.98	57.74	10.4	221.12
2009	141.41	58.13	9.5	209.04
2010	139.63	58.05	11.25	208.92
2011	137.98	54.52	13.72	206.22
2012	137.48	52.79	13.66	203.93
2013	136.08	52.67	13.07	201.82
2014	130.67	54.01	13.44	198.12
<b>TASA MEDIA ANUAL DE CRECIMIENTO</b>	-3.53	3.85	4.69	-1.67
<b>Δ TOTAL %</b>	-30.56	42.84	49.89	-15.68

Fuente: Elaboración propia con base en datos del SNIARN, 2018

En cuanto a la extracción de combustibles fósiles, es conocido que la destrucción de hábitats, así como la contaminación del ambiente van acompañados de este

proceso. En el recuadro anterior puede verse que mientras la extracción de petróleo va en descenso, la de gas natural y la de carbón van en crecimiento, con una tasa media anual de crecimiento de 3.85% y de 4.69% respectivamente, con un cambio total en el periodo de -30.56% para el petróleo, de 42.84% en el gas natural y de 49.89% en el carbón.

La causa de la mayor extracción de gas natural es por la Estrategia Nacional de Energía 2013-2027, que incentiva el consumo de este combustible con la promesa de generar menos emisiones al ambiente, pero el problema con la extracción de este energético es la técnica de fracking que se utiliza, la cual consiste en explotar el gas acumulado en los poros y fisuras de ciertas rocas sedimentarias estratificadas, para ello es necesario realizar cientos de pozos ocupando amplias áreas (la separación entre ellos ronda entre 0,6 a 2 km) e inyectar en ellos millones de litros de agua cargados con un cóctel químico y tóxico para extraerlo, lo que implica la contaminación de las aguas subterráneas, contaminación atmosférica, emisión de gases de efecto invernadero (metano), terremotos (sismicidad inducida), contaminación acústica e impactos paisajísticos, y tráfico de vehículos (Greenpeace, 2018).

En lo correspondiente a la extracción de carbón que ocupa el lugar principal en términos de extracción, será más conveniente analizarla en términos de la extracción causada por la minera junto con la extracción de minerales, que tienen en común un procedimiento similar, que es la extracción a través de la minería.

**Cuadro 3.9 Extracción de materiales en México  
(millones de toneladas anuales)**

<b>Año</b>	<b>MINERALES, METÁLICOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN</b>			<b>TOTAL</b>
	<b>METÁLICOS</b>	<b>NO METÁLICOS INDUSTRIALES</b>	<b>CONSTRUCCIÓN</b>	
2004	79.55	30.87	306.98	417.40
2005	85.22	57.91	281.15	424.28
2006	81.53	54.78	342.74	479.06
2007	91.10	54.23	360.21	505.54
2008	90.25	57.86	350.88	498.98
2009	97.60	25.97	375.70	499.27
2010	116.77	26.63	373.39	516.79
2011	144.34	25.99	379.40	549.74
2012	163.12	29.81	391.96	584.89
2013	173.93	29.45	391.00	594.39
2014	177.60	28.75	429.22	635.57
<i>Tasa media anual de crecimiento</i>	8.67	4.40	3.69	4.37
$\Delta$ total %	123.24	-6.87	39.82	52.27

Fuente: Elaboración propia con datos del SNIARN, 2018

Comparativamente las tasas de extracción anuales promedio de los minerales, metálicos, materiales de construcción y carbón son mayores que las demás, siendo de 4.69%, 8.67%, 4.40% y 3.69%, respectivamente. El consumo de estos materiales es altamente requerido. El carbón térmico provee más del 26% de las necesidades globales de energía primaria, genera alrededor de 41% de la electricidad mundial y el 68% del total de la producción mundial de acero depende del carbón (Secretaría de Economía, 2014); por la parte de los minerales metálicos y no metálicos México está dentro los primeros 12 y 14 lugares, respectivamente, de la producción por principal producto a nivel mundial (Servicio Geológico Mexicano, 2018)

La extracción de este tipo de materiales se da en su mayoría a través de la minería a cielo abierto, responsable del 60% de los materiales extraídos en el mundo (Conflict Minerals, 2018). Sus efectos pueden ser tan destructivos como para cancelar las posibilidades de desarrollo de cualquier forma de vida sobre cierta área

(FUNDAR, 2002). Los impactos hacia la atmosfera incluyen emisiones sólidas, emisión de gases durante la extracción (CO<sub>2</sub>, CO, grisú -mezcla de metano y aire), combustión de carbón (CO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>) y pirometalurgia (SO<sub>2</sub>); aerosoles tóxicos; desertización -deforestación, erosión, pérdida de suelo fértil-; modificación del relieve y alteración de la dinámica de los procesos de ladera; desestabilización de laderas por sobrecargas y/o excavaciones y alteraciones en el nivel freático; pérdida de propiedades físicas del suelo; pérdida de propiedades químicas del suelo como contaminación por metales pesados e hidrocarburos (HC), acidificación, adición de sales al suelo; alteraciones en la dinámica fluvial como incorporación de partículas sólidas en la corriente, pérdida de masas de agua. Del mismo modo a nivel social genera destrucción de comunidades indígenas, dependencia económica de los países del Sur a los del Norte, y agravación de la pobreza y las desigualdades sociales (Lillo, 2006 ).

En términos generales se ha podido observar el grado de extracción de recursos naturales, en su gran mayoría, sigue una tendencia creciente, lo que sugiere que el daño hacia los ecosistemas también tiene una tendencia creciente. Para agregar más evidencias a que la extracción creciente es resultado de sobreexplotación - dada su susceptibilidad a generar beneficios económicos- se analizará a las actividades económicas de mayor presencia, y que potencialmente pueden generar un daño ambiental más grave. Estas actividades son resultado directo de los servicios ambientales de provisión

### **1) Pesca**

La extracción directa se manifiesta con gran intensidad en sistemas acuáticos, principalmente marinos y de agua dulce. México es un país pesquero por tradición, que ha ocupado en los últimos cinco años el lugar 16 en el mundo.

De acuerdo con cálculos de la CONABIO, la Carta Nacional Pesquera del 2004 señaló que de 75 unidades de manejo, 45 (60%) han alcanzado su rendimiento máximo (completamente explotadas) y en 20 (26.6%) se registra sobreexplotación

de los recursos pesqueros (Sarukhán, 2017; SAGARPA, 2004). La Carta Nacional Pesquera señala que de 83.2 % (2010, 2012) unidades pesqueras marinas ya no son susceptibles de ningún incremento de producción y que muchas de ellas requieren acciones de manejo y protección para detener su deterioro e impulsar de manejo pesquero con criterios ecológicos, otros analistas estiman que esta cifra es de 93.2% (Sarukhán, 2017; SAGARPA, 2004); los datos del Instituto Nacional de la Pesca para el año 2012 evaluaron que del total de las pesquerías evaluadas, un 27% se encuentra en deterioro, un 53 % en un máximo aprovechamiento y, solamente, un 20 % tiene posibilidades de aumento de la producción (FAO, 2018). Esta evolución del rendimiento de la pesca significa que el número de unidades pesqueras sobreexplotadas ha ido aumentando a lo largo del tiempo, tomando en cuenta los cálculos de extracción de materiales del Cuadro 3.7 que muestran que la tasa de crecimiento anual promedio de extracción de recursos provenientes de la pesca ha sido de 1.34% desde el 2004 al 2010 bajo condiciones de sobreexplotación en 26.6% de las unidades y el 60% opera bajo condiciones más allá de su máximo rendimiento. De acuerdo con los datos anteriores, para el periodo 2012-2014 se registra del 80% al 93.2% de unidades han llegado a su máximo de producción, es decir, han explotado hasta el límite de la capacidad ambiental, sin embargo, en ese periodo la producción tuvo un incremento para el segundo año y se mantuvo constante para el tercer año respecto al primero, este incremento se puede deber al 20% de las unidades que aún tenían posibilidad de desarrollo, pero esto implica una presión adicional a éstas unidades con potencial, lo que en el largo plazo puede llevarlas a la sobreexplotación si no se implementan las medidas de producción sustentable que se requieren.

Para los cuerpos de agua dulce de mayor tamaño en México se tienen poblaciones en deterioro, el 3% ha alcanzado su rendimiento máximo sostenible y solo 8% tienen potencial para incrementar el esfuerzo pesquero (Anta, 2008; Semarnat, 2005).

**Cuadro 3.10 Nivel de extracción directa**

<b>Actividad</b>	<b>Décadas anteriores</b>	<b>Hace 20 años</b>	<b>Última Década</b>
<b>Pesca</b>	1. 257 millones de toneladas (1980)	1.45 millones de toneladas	1.745 millones de toneladas (2013)

Fuente: Elaboración propia con datos de CONABIO e INEGI (2013)

Esta actividad solo podrá ser sostenible en la medida que existan aumentos en la productividad que respeten los equilibrios naturales que sostienen los hábitats que permiten el desarrollo de ésta actividad. Otro problema consiste en la no diversificación de especies de consumo, en México destaca un mayor desarrollo del cultivo de las especies exóticas en comparación con las especies nativas (FAO, 2012).

## **2) Sector forestal**

En el ámbito terrestre, otra de las actividades que tiene gran impacto en el deterioro de los ecosistemas se debe a los volúmenes de productos forestales extraídos, y en mayor medida a las pautas poco sustentables de dicha explotación (Sarukhán, 2017). Además la variedad de selvas y bosques, que hay en México, es un incentivo para aprovecharlos en mayor medida, de acuerdo con el cuadro de servicios ambientales de la CONABIO, expuesto en el Capítulo 1 de este trabajo, expone de entre los servicios ambientales más aprovechados en México a los de provisión de productos maderables.

Hace 20 años los volúmenes de extracción anuales iban de 60 a 70 % respecto a lo autorizado mediante permisos de aprovechamiento, (FAO, 2003), es decir, no se aprovechó el potencial que permitían los ciclos naturales, pero eso no implica que se haya realizado de forma sustentable.

De acuerdo con el Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2016 , en lo referente al comportamiento de la producción maderable autorizada para su aprovechamiento, durante el periodo comprendido entre los años 2002 y 2016,

destacando un incremento a partir del año 2008 y alcanzando en 2010 los 21,479 miles de m<sup>3</sup>r, a partir de ese año descendió gradualmente hasta 2014 donde se presentó un aumento que alcanzó en 2015 los 22,134 miles de m<sup>3</sup>r autorizados lo que representa un incremento del 57.2% con respecto al año 2014, para el año 2016 el volumen autorizado descendió a 19,671 miles de m<sup>3</sup>r, aún así sigue siendo una cantidad mayor que a la de la década pasada.

El número de autorizaciones otorgadas en 2016, que en su mayoría coincide con los estados con mayor superficie de bosques de coníferas y latifoliadas.

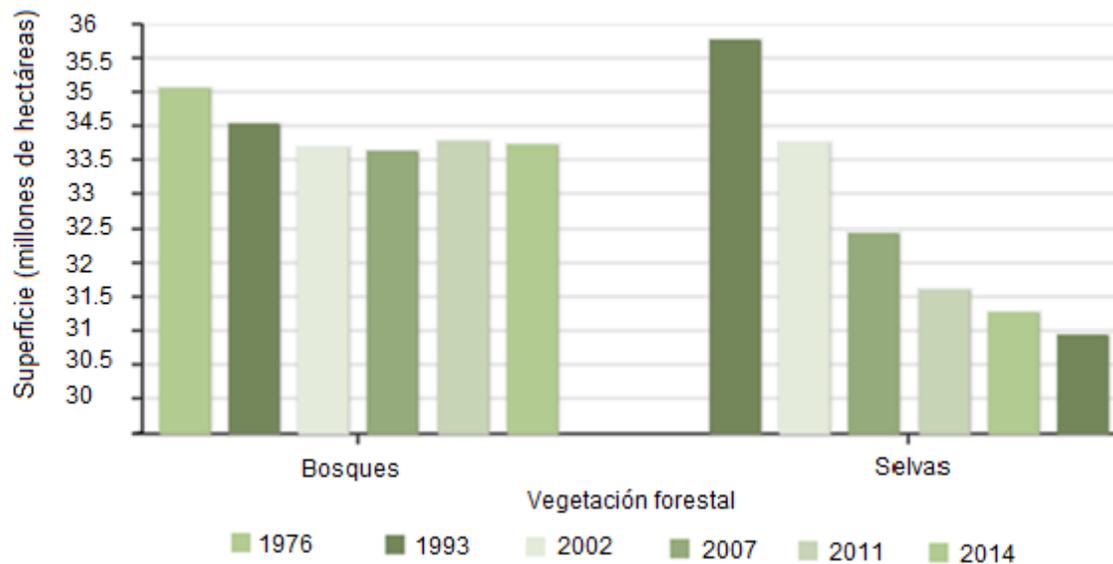
**Cuadro 3.11 Nivel de extracción directa de Recursos Naturales**

<i>Actividad</i>	Décadas anteriores (media anual)	Hace 20 años (media anual)	Última década (media anual)
<i>Forestal legal</i>	7.06 millones de metros cúbicos de madera en rollo	7.5 millones de metros cúbicos de madera en rollo	6.86 millones de metros cúbicos de madera en rollo

Fuente: Elaboración propia con datos del Anuario Estadístico de Producción Forestal (2018)

Históricamente la extracción directa anual de madera en rollo en la última década representa una menor extracción que en otras décadas, esto puede ser a causa del creciente cambio en el uso de suelo de la cobertura forestal -para convertirlos en áreas agrícolas, ganaderas, por la minería, entre otras- , es decir, la reducción de los ecosistemas que proveen bienes forestales. De acuerdo con el cuadro *Provisión de servicios ambientales* del Capítulo 1 de este trabajo, se reconoce a bosques y selvas como los ecosistemas componentes de la cobertura forestal.

**Gráfica 3.2 Situación/tendencia de la Vegetación Forestal en México**



Fuente: Elaboración propia con base en SEMARNAT (2014)

De la superficie con cobertura vegetal total, que es de 141.8 millones de hectáreas, cerca de 64.9 millones (45.7%) corresponden a bosques y selvas, de las cuales 15 millones tienen potencial forestal maderable; de estas, entre 1993 y 2015 se han usado solamente alrededor de 7.4 millones de hectáreas (Sarukhán, 2017), es decir, solo explotamos el 11.4% del potencial. La evolución histórica de la vegetación forestal se puede decir que en general ha ido en disminución, a excepción del 2011 al 2014 donde los bosques tuvieron un ligero repunte en 2011 y 2014. Esto significa que las áreas con potencial forestal maderable también van en caída, de acuerdo con el cuadro de Extracción de materiales, la producción de madera disminuye a una tasa promedio anual de -0.17%, durante el periodo 2004 -2014.

Las cifras anteriores no toman en cuenta el volumen de madera extraído mediante otras fuentes como la tala ilegal, que se estima que equivale al 30% de la producción total autorizada; y el uso de hogares para combustible en el ámbito rural (fuente principal de energía doméstica, y usos artesanales); se estima que ambas actividades no contabilizadas oficialmente, equivalen en total a un volumen anual de alrededor de 37 millones de metros cúbicos de madera (CONABIO, 2006). Aunque una parte muy importante de este volumen es de madera muerta (FAO,

2003), es importante tomarlo en cuenta porque este tipo de extracción no se realiza de forma sustentable y es una amenaza para la conservación de hábitats y por lo tanto para la biodiversidad que ahí existe.

Adicionalmente el no aprovechar el potencial forestal maderable, hace que se pierda la oportunidad de albergar, al menos temporalmente, especies en esos hábitats. De no aprovechar las áreas con potencial maderable, el cambio de uso del suelo hacia actividades más redituables como agricultura o ganadería, generarán pérdidas irreparables de esos hábitats.

### **3) Agricultura.**

Hace aproximadamente cinco décadas el sector agrícola tuvo un desarrollo agrícola acelerado llegando a cifras récord en el uso de suelo, posteriormente hubo abandono de tierras y cambio su uso de suelo a otras actividades (Sarukhán, 2017). Los hábitats con mayor impacto de la agricultura, de acuerdo con cifras del INEGI del año 2005 son la selva espinosa con una apropiación de territorio del 26.6% de su total, pastizal con 6.33% y selva caducifolia con 5.22%. Para 2012, las principales regiones que concentraron la agricultura fueron las de desiertos de América del Norte y sierra templada donde la principal área de cultivo son pastos, le secundan bosque o selva y áreas sin vegetación.

Las cifras agrícolas son una aproximación, no reflejan la verdadera superficie del área que se destina a esta actividad, ya que buena parte de la superficie de temporal (que no está contabilizada) requiere descanso de manera periódica y por lo tanto el campesino se ve obligado a desmontar nuevas áreas para cultivo, muchas de las cuales se ubican en laderas pronunciadas, no aptas para la agricultura, lo que ocasiona erosión del suelo. (Challenger,2009).

**Cuadro 3.12 Superficie ocupada por la agricultura**

<b>Actividad / Periodo</b>	<b>Última década</b>	<b>2014</b>	<b>2017</b>
<b>Agricultura</b>	145 millones de hectáreas	109 millones de hectáreas	110 millones de hectáreas

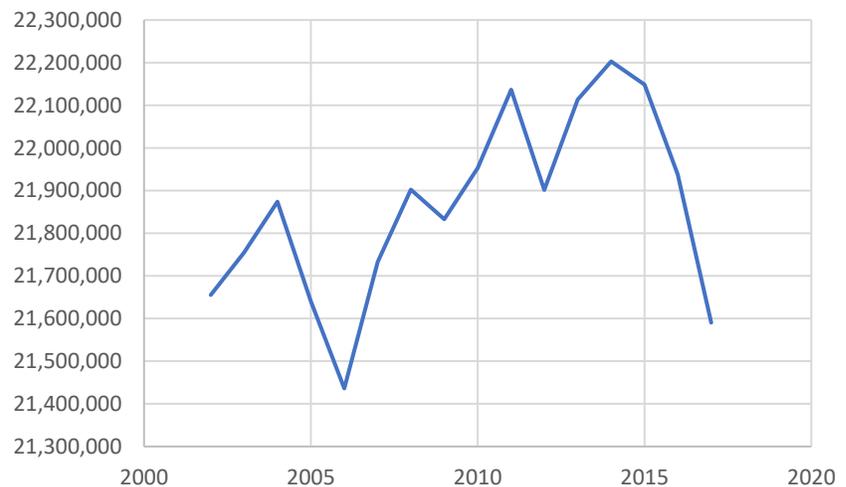
Cuadro 3.12 Elaboración propia con datos de FAO 2009 y Encuesta Nacional Agropecuaria 2017

Después del pico histórico de la ocupación de suelo para usos agrícola, en los últimos años, específicamente 2014 y 2017, es notorio el cambio en el uso de suelo y el abandono de esa actividad. La superficie se ha reducido en un 55% en el 2014 y en 55.55% en el 2017. La actual expansión de esta actividad se hace a ritmos lentos.

**Cuadro 3.13 Superficie agrícola sembrada**

<b>Año</b>	<b>Superficie (Ha)</b>
2002	21,655,473.58
2003	21,754,408.89
2004	21,874,034.40
2005	21,640,071.79
2006	21,436,172.01
2007	21,733,229.76
2008	21,902,572.70
2009	21,832,754.02
2010	21,952,745.02
2011	22,136,741.63
2012	21,901,600.26
2013	22,113,662.82
2014	22,202,784.03
2015	22,148,241.07
2016	21,938,183.82
2017	21,590,574.60

**Gráfica 3.3 Superficie agrícola sembrada Superficie (Ha)**



Fuente: Cuadro 3.11. Elaboración propia con datos del SNIARN, 2017

Fuente: Cuadro 3.11. Elaboración propia con datos del SNIARN, 2017

En el cuadro 3.13 *Superficie agrícola sembrada* del periodo de estudio es posible observar que el área se ha mantenido relativamente constante alrededor de los 21 millones de hectáreas. Esto puede ser un indicativo de que no se ha avanzado en el cambio de uso de suelo de otras cubiertas vegetales para incorporarlas a la agricultura. La extracción de materiales agrícolas, es decir de cultivos, muestra en el Cuadro 3.7 “Extracción de materiales” ha crecido a una tasa media anual de 1.87%, que es superior a la media de toda la biomasa, que es de 0.91%. La provisión de bienes de la agricultura representa un 35.30% de la cantidad (ton) total de biomasa extraída, con lo que ocupa el segundo lugar en niveles de extracción. Esta cantidad creciente, dada la evidencia de no expansión de territorio, se debe a mejoras en la productividad, que pueden hacerse a través de técnicas que armonizan con los ciclos naturales como fertilizantes orgánicos, conocimiento de las mejores combinaciones de especies, permacultura, agricultura climáticamente inteligente, entre otras; pero en general, se usan técnicas no del todo amigables con el ambiente como el uso de bienes de capital como maquinaria -que genera emisiones y daña el suelo y especies-, organismos genéticamente modificados, pesticidas, fertilizantes dañinos, aguas residuales, etc.

La agricultura puede crear agroecosistemas que pueden resultar en externalidades positivas para especies de otros ecosistemas, pero para que esto sea posible y de un modo eficiente es necesario tener en un buen estado los agroecosistemas, o en caso de que se quiera cambiar el uso de suelo, pueden reestablecerse ecosistemas en esa área, si se le dieron los cuidados adecuados a los agroecosistemas.

Las cifras del INEGI del Sistema de información ambiental, acerca de la tecnología aplicada a la región ecológica, donde del área a la que se le aplica tecnología (29 902 091.42 ha), se aplican fertilizantes químicos al 26.32% (7 870 743.81 ha) se les aplican fertilizantes químicos; al 13.9% (4 156 802.26 ha) se les aplican semillas mejoradas; y solo al 4.4% se le aplican abonos naturales, que es la única medida sustentable. Las dos primeras tecnologías son reconocidas por su productividad

temporal, propensión a esterilizar suelos, y generar externalidades negativas para las producciones vecinas.

Por otra parte, en los últimos años las políticas ambientales se han hecho más populares. De acuerdo con la Encuesta Nacional Agropecuaria 2017, actualmente se han alcanzado los siguientes logros en términos ambientales en la agricultura:

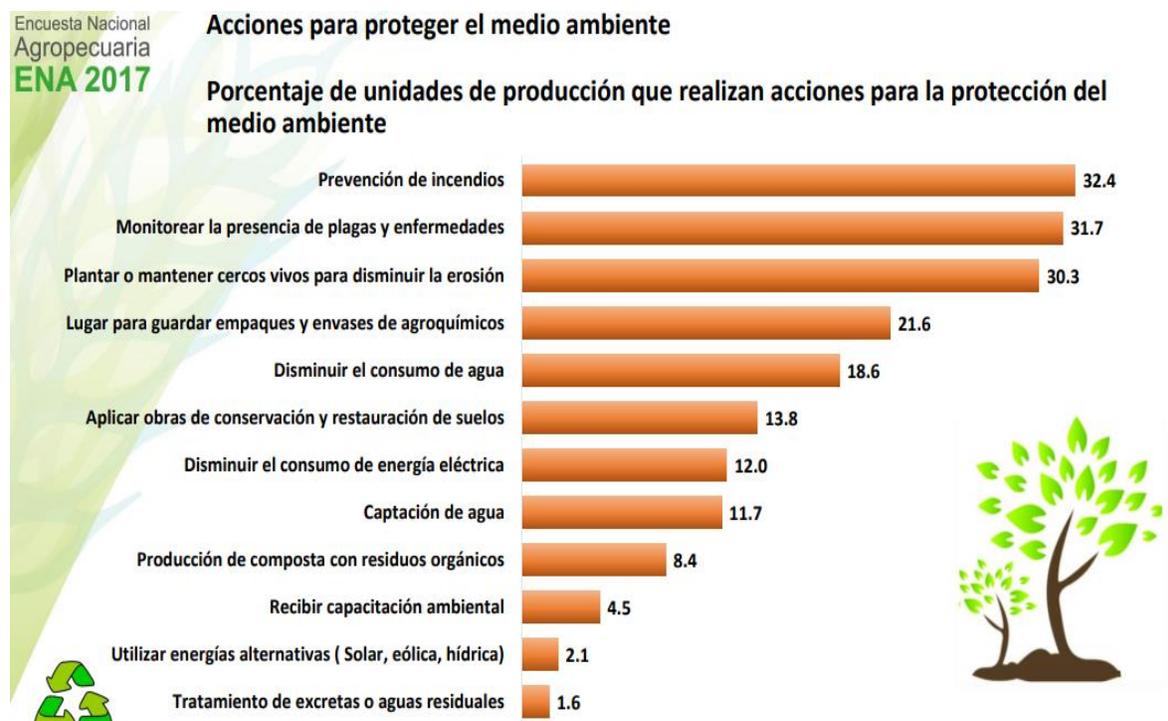


Figura. 3.5 Acciones para proteger el medio ambiente (ENA, 2017)

En los primeros lugares de actividades a las que se dedica una importante parte de productores agrícolas están actividades encaminadas a mantener un mejor grado de productividad, por ejemplo: prevención de incendios, monitorear la presencia de plagas y enfermedades, disminuir la erosión y el consumo de agua. Si bien son importantes avances en la búsqueda de una biosfera más sana, no existe aceptación en gran medida de acciones que verdaderamente busquen un cierre de ciclos tanto económico como ecológico.

#### 4) Ganadería.

Los ecosistemas transformados para la producción ganadera bovina constituyen el uso del suelo más extendido en todo el territorio y representan el principal factor asociado al cambio de uso del suelo en el país. La ganadería es la etapa final, difícilmente reversible —en particular en los trópicos, a causa de la desertificación y por la compactación y esterilización del suelo—, de la transformación de los ecosistemas forestales (Sarukhán, 2017). Los datos con los que se cuentan, acerca de la superficie ocupada por la ganadería son para el año de 1999 con una superficie de 109,782,300 Ha, y para el año de 2012 con una superficie de 108,936,165 (SNIARN, 2017). A pesar de que ha sido una disminución de superficie ocupada por la ganadería, es una cantidad pequeña dado el periodo de 13 años de la comparación, es un cambio que no parece obedecer a medidas sustentables dada su suavidad.

De acuerdo con el SNIARN (2018), la Comisión Técnico Consultiva de Coeficientes de Agostadero (COTECOCA) determina la capacidad de carga de las superficies designadas para la actividad ganadera -para sostener a una Unidad Animal (UA) al año- en forma permanente y sin deteriorar los recursos naturales, basándose en una superficie total de 196,717,300, es decir, esta es la superficie ganadera sustentable, que es casi el doble de la que se usa actualmente, aunque debe tomarse en cuenta que esta superficie depende inversamente del estado de salud del ecosistema. Los ecosistemas que son más utilizados para esta actividad son pastizales, matorrales, selvas, bosques, sabanas, páramos.

**Cuadro 3.14 Superficie ganadera por ecosistema**

<i>Tipo de vegetación</i>	<b>Superficie</b>	<b>Estructura porcentual (%)</b>
<i>Pastizal</i>	22,769,641.00	11.57
<i>Matorral</i>	61,542,091.00	31.28
<i>Selva</i>	47,818,710.00	24.31
<i>Bosque</i>	45974597	23.37
<i>Otros tipos</i>	6933256	3.52
<i>Otras superficies</i>	11679005	5.94
<b>Total</b>	<b>196717300</b>	100

Cuadro 3.14 Superficie ganadera por ecosistema (SNIARN, 2018)

Si bien, esta actividad aún está lejos de llegar a la superficie total límite designada por la COTECOCA, hay que señalar que dentro de su medición del coeficiente de agostadero, se permite solo cierta capacidad de carga en determinada superficie para evitar daños ambientales. La capacidad de carga es el número de unidades animales, y en las cifras del Cuadro 3.7 Extracción de materiales-biomasa, el sector forrajero es el que ocupa el primer lugar de extracción de biomasa con el 56.09%, aunque representa una tasa promedio de crecimiento anual del 0.51% que es inferior a la media 0.91%, pero dado que se ha reducido la superficie de ocupación ganadera, significa que hay una mayor carga en las superficies existentes, lo que traerá consecuencias irreversibles en el suelo que ocupan.

### Extinción

Extinción significa en biología la desaparición de una especie o de un grupo taxonómico superior tal como una familia, un orden; con ello queda truncado un proceso evolutivo. (Baena, 2008). La extinción es la consecuencia directa de una sobreexplotación, impacta directamente en las especies que se están extrayendo directamente de una forma no sustentable; pero también afectan de forma indirecta a otras especies en términos de la cadena alimenticia o cuando una extinción afecta el equilibrio del ecosistema y las otras especies no pueden autoorganizarse.

Algunas especies son más vulnerables que otras por sus características biológicas como: distribución restringida, abundancia baja, tasa alta de mortalidad, tasa reproductiva baja, alta congregación de la población, entre otras.

**Cuadro 3.15 Especies en riesgo de extinción en la NOM-059 SEMARNAT-2010**

<i>Categoría de riesgo</i>	Plantas	Hongos	Invertebrados	Peces	Anfibios	Reptiles	Aves	Mamíferos
<i>E</i>	6	0	0	13	0	0	19	11
<i>P</i>	183	10	20	81	7	27	95	52
<i>A</i>	340	28	12	80	44	142	126	124
<i>Pr</i>	458	8	17	30	143	274	152	104
<i>Total</i>	987	46	49	204	194	443	392	291

Cuadro 3.15 Especies en riesgo de extinción en la NOM-059 SEMARNAT-2010 (Sarukhán, 2017)

Los datos del 2010 de este cuadro muestran a las especies probablemente extintas en el medio silvestre (E), en peligro de extinción (P), amenazada (A), sujetas a protección especial (PR). Incluye a los grupos taxonómicos más importantes en cuanto a diversidad de especies.



**Figura 3.1 Especies en riesgo de México**

IUCN Red List version 2018-2: Table 5  
Last Updated: 14 November 2018

**NORTH & CENTRAL AMERICA**

Mesoamerica	Mammals	Birds	Reptiles*	Amphibians	Fishes*	Molluscs*	Other Inverts*	Plants*	Fungi & Protists*	Total*
Mexico	96	71	98	219	181	8	103	484	1	1,261

Fuente: International Union for Conservation of Nature (IUCN). Red List

La IUCN es uno de los organismos dedicados a la protección de la naturaleza con mayor credibilidad a nivel internacional y más actualizados en sus estudios, sobre todo su lista de las especies amenazadas *Red List*. Los últimos datos mostrados en esta lista muestran a las especies en peligro crítico, en peligro y vulnerables, que equivalen a las categorías de SEMARNAT exceptuando a las especies extintas. Si se comparan las cifras totales, aún excluyendo a las especies extintas, parece que en el pasado hubo un mayor número de especies en peligro que en las fechas actuales, pero habría que preguntarse si es un asunto metodológico porque las categorizaciones de SEMARNAT y de IUCN difieren; o es que se han extinto suficientes especies como para quedar fuera de la *Red List*.

### 3.1.4. Contaminación

La contaminación, es un producto secundario de la actividad de una parte del sistema, tiene un efecto desorganizador en otra parte del sistema a causa de que las especies no pudieron usar al producto secundario como un insumo productivo y con ello integrarlo como un componente funcional del sistema. A través de un largo proceso adaptativo -en ocasiones millones de años- las especies pueden usar este producto secundario como un insumo productivo. Aunque existen sustancias tóxicas

que los sistemas naturales nunca han experimentado y no hay sistema alguno que los pueda usar como un insumo positivo; como las sustancias químicas pueden ser insumos en otros procesos industriales, pero no en los ecosistemas naturales. (Costanza, 2006).

El aumento en la presencia de sustancias químicas en el ambiente como resultado del crecimiento de la escala de las actividades humanas tiene graves consecuencias para muchas especies, ya que como se expuso, no les es posible usarlas productivamente. Las actividades industriales, agrícolas, ganaderas y urbanas contribuyen substancialmente a la contaminación de aire, agua y suelo.

### a) Contaminación atmosférica

#### Calidad del aire

En cuanto a contaminación atmosférica, los problemas más importantes, por sus efectos sobre los ecosistemas naturales y la salud de la población, son la disminución de la calidad del aire, la reducción del espesor de la capa de ozono estratosférico y el fenómeno de cambio climático global (SEMARNAT, 2011).

La disminución de la calidad del aire se debe a la emisión de contaminantes atmosféricos. A inicios de la década de 1990, del 75-85% de los contaminantes eran emitidos por vehículos de combustión interna o fuentes móviles, mientras que el 12.6% se originan en la industria (Legorreta, 1991).

**Cuadro 3.16 Inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos de fuentes fijas por origen de las emisiones, 2014 (Toneladas)**

<i>Origen de las emisiones</i>	SO2	CO	Nox	COV	PM10	PM2.5	NH3
<b>Combustión</b>	1,120,035.69	209,286.87	587,224.53	16,114.53	124,620.78	90,163.01	5,640.88
<b>Proceso</b>	189,406.99	130,368.05	71,773.97	158,620.82	54,841.54	40,828.93	0.00
<b>Total</b>	1,309,442.68	339,654.92	658,998.51	174,735.35	179,462.31	130,991.94	5,640.88

Fuente: Elaboración propia con base en el Inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos de fuentes fijas por origen de las emisiones (SNIARN, 2014)

Los datos más actuales muestran que la tendencia no ha cambiado, el cuadro 3.16 presenta las emisiones de contaminantes generados por las instalaciones (fuentes fijas). Estas fuentes tienen como finalidad desarrollar operaciones o procesos industriales, comerciales, de servicios o actividades que generen o puedan generar emisiones contaminantes a la atmósfera. El origen de estas emisiones se clasifica de manera amplia en Combustión - son resultado de la quema de combustibles fósiles y biomasa en equipos tanto de combustión interna como externa- y Proceso - emisiones provenientes de las actividades de transformación de las materias primas en productos- (SNIARN, 2014). Las emisiones se concentran en la combustión, principalmente a causa de la quema de combustibles fósiles.

Estas concentraciones de emisiones han provocado, de acuerdo con el Indicador clave 5 de la Atmósfera “Días en que se excede el valor de la norma”, que las principales zonas metropolitanas y ciudades de México -que son las que se toman de parámetro para las mediciones de la calidad del aire dado su alto nivel histórico-, presenten de 0-190 días en que se excede la norma de Partículas iguales o menores a 10 micrómetros (PM10); de 7 -123 días en los que se excedió la norma de Ozono (O3), con una tendencia creciente para los años posteriores en todas las áreas; de 2 – 45 días se excedió la norma para Partículas iguales o menores a 2.5 micrómetros; para todos los demás contaminantes no se cuenta con datos para el año 2014, pero los 6 años anteriores se mostró que el indicador mantuvo una tendencia constante para el Bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y para el Monóxido de carbono (CO); y para el Bióxido de Carbono (NO<sub>2</sub>) en el 2009 el máximo fue de 1 día en el que se excedió la norma de NO<sub>2</sub>, y hasta el 2011 ha sido de 0 días (SNIARN, 2018). Cuando se exceden los umbrales máximos definidos en las normas existentes se está poniendo en peligro la salud de distintas especies. En el Capítulo IV, se hará el análisis de las fuentes móviles relevantes y sus efectos en el ambiente.

### **Capa de ozono**

La capa de ozono, que protege a los seres vivos de la radiación ultravioleta, que sigue debilitándose, a pesar de que el agujero sobre la Antártida, se está cerrando, la concentración de ozono atmosférico en otras latitudes del planeta sigue bajando.

Las posibles causas de la disminución son: partículas de origen industrial, sobre todo el metano y óxido nitroso; o el cambio climático (Pérez, 2014).

**Cuadro 3.17 Atmósfera**

Emisiones de metano y óxido nitroso originadas por fuentes antropogénicas por países seleccionados								
Periodo	Metano				Óxido nitroso			
	2005	2010	2015	2020	2005	2010	2015	2020
Total	4555	4750	4942	5554	1976	2069	2195	2298
México	182	191	194	200	23	28	28	29
Participación %	4%	4%	4%	4%	1%	1%	1%	1%

Fuente Elaboración propia con base en Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2016

En México la emisión de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) más dañinos para el mantenimiento de la capa de ozono no muestra una tendencia alentadora, y que en el periodo del 2010 al 2015 las emisiones de metano incrementaron en un 1.25% y de óxido nitroso en 2.85%, con proyecciones crecientes para el próximo año 2020. De continuarse con esta tendencia, los efectos ya presentes del cambio climático empeorarán, amenazando en mayor medida los hábitats de diversas especies, para las cuales no es posible saber si su capacidad de resiliencia podrá ser suficiente para garantizar su subsistencia.

#### **b) Contaminación cuerpos de agua.**

El mar es el mayor cuerpo receptor para las emisiones y contaminantes generados en todos los continentes. Los sistemas acuáticos en general, y en los costeros en particular, son afectados por los procesos afines de eutrofización ocasionados por esta contaminación de nutrientes excesivos, también por contaminación con metales pesados, solventes e hidrocarburos derivados de las actividades petrolera, petroquímica, química y otras industrias (Carabias y Landa 2006).

Actualmente la calidad del agua es evaluada a través tres indicadores: la Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días (DBO5) es proporcional a la cantidad de materia orgánica biodegradable; la Demanda Química de Oxígeno (DQO) lo es de la cantidad total de materia orgánica; y los Sólidos Suspendidos Totales (SST)

miden la cantidad de sólidos sedimentables, sólidos y materia orgánica en suspensión y/o coloidal.

**Figura 3.2 Diagnóstico de la calidad de agua en México**

Indicador	Región hidrológico-administrativa	Excelente	Buena calidad	Aceptable	Contaminada	Fuertemente contaminada
DBO <sub>5</sub> , 2016	Nacional	57.5	13.9	18.6	6.4	3.6
DQO, 2016	Nacional	24.2	19.3	24.8	24.9	6.8
SST, 2016	Nacional	50.0	33.1	11.1	4.8	1.0

Fuente: Elaboración propia con base en Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2018)

La mayoría del agua analizada tiene bajo nivel de contaminación en materia orgánica biodegradable se encuentra en su mayoría de un estado aceptable a excelente que en suma es 90%; en la contaminación por materia orgánica total se encuentra de fuertemente contaminada a contaminada en un 31.7%, mientras que la parte de calidad excelente a aceptable es de un 68.3%; los sólidos suspendidos totales en el agua contaminan en total 5.8%, por lo tanto el agua en estado excelente a aceptable es del 94.2%. En términos generales la calidad del agua parece estar en su mayoría en un estado de excelente a aceptable. Es importante mencionar que las muestras fueron cuerpos de agua con alta actividad humana (CONAGUA, 2017), por lo que los cuerpos donde son vertidos contaminantes pero no son atendidos por las actividades humanas, pueden presentar niveles de contaminación que difieran en gran medida de los datos de las muestras.

Un dato que nos puede acercar a entender el nivel de contaminación del agua es el tratamiento del agua residual, que es importante para identificar el grado en el que el agua es regresada a diversos ecosistemas y subsistemas humanos. En el cuadro 3.15 se observa que el agua residual, es decir, el agua contaminada, ha tenido en general una tendencia decreciente, de acuerdo con el SNIARN esto no significa que haya menos contaminación del agua, sino que se ha provisto una menor cantidad de agua a la población, en total 10.33%. En contraste el agua residual colectada ha ido aumentando, mientras que el agua tratada lo ha hecho en más del doble para el 2016, y en términos absolutos pasó de tratarse el 29.67% de agua residual al 58.24%. Por lo que se puede decir que se está regresando al sistema ecológico

menos agua contaminada. Solo faltarían datos de una evaluación más grande de la calidad del agua que no está siendo tratada, y datos sobre el agua que tiene pocas posibilidades de ser útil dado su alto contenido en contaminantes

**Cuadro 3.18 Tratamiento del agua en México (metros cúbicos por segundo)**

<b>Año</b>	<b>Agua residual generada</b>	<b>Agua residual colectada</b>	<b>Agua residual tratada</b>	<b>% Agua residual tratada</b>
2003	255.3	203.01	60.24	29.67
2004	255.17	205.06	64.54	31.47
2005	265.63	205.02	71.78	35.01
2006	242.1	205.84	74.39	36.14
2007	242.81	207.13	79.29	38.28
2008	235.84	208.01	83.64	40.21
2009	237.46	209.09	88.13	42.15
2010	235.08	209.07	93.6	44.77
2011	236.35	210.14	97.64	46.46
2012	229.73	210.17	99.75	47.46
2013	230.16	211.06	105.94	50.19
2014	228.74	210.99	111.25	52.73
2015	229.12	212.2	120.9	56.97
2016	228.94	212.2	123.59	58.24
<i>Tasa promedio de cambio anual</i>	-0.79	0.34	5.71	-
<i>Δ total %</i>	-10.33	4.53	105.16	-

Fuente: Elaboración propia con base en el Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales (SNIARN, 2018)

A pesar de estos resultados alentadores, la presión del crecimiento poblacional y de la industria, así como la insuficiencia de equipo necesario para tratar y distribuir el agua, ha provocado que en el periodo de 2003-2014 los acuíferos sobreexplotados aumentaran en un 12%; por su parte los cuerpos de agua con intrusión marina creciente en 12.5%; y los que tienen salinización de suelos<sup>14</sup> y aguas subterráneas

<sup>14</sup> Incremento de sales hidrosolubles en el suelo como magnesio, calcio, cloruro, sulfato, carbonato y bicarbonato, afectando negativamente al crecimiento vegetal (FAO, <http://www.fao.org/3/a-i6471s.pdf>)

salobres<sup>15</sup> aumentaron en un 246%. El incremento de estas áreas quiere decir que se han ido contaminantes hacia el mar en una medida creciente.

### **c) Suelo**

En lo respectivo al suelo y su contaminación, la consecuencia directa es la degradación, de la cual existen cuatro tipos: erosión hídrica y eólica; y degradación física y química. Cada tipo de degradación, tiene al componente humano como causa. Para el año 2002, de acuerdo con la Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales en su indicador de uso del suelo, mostró que el 45.2% de la superficie del país, presentaba algún grado de degradación, la degradación química representó el 17.9%, dentro de la cual la pérdida de la fertilidad de los suelos es el tipo de degradación química dominante. En cuanto a superficie afectada es por erosión hídrica (11.8%), seguida por la erosión eólica (9.5%) y la degradación física representó el 6%. El nivel predominante de degradación es el ligero con 23.2% de la superficie, seguido por moderado con 19.7%, severo con 1.4% y extremo con 0.9%.

En 2007, INEGI realizó un estudio donde muestra la condición de las áreas sin vegetación, lo cual resultó en lo siguiente:

**Cuadro 3.19 Suelo**

Superficie sin vegetación de las unidades de producción según su condición o característica por región ecológica (ha)							
Región ecológica	superficie total sin vegetación	con arenales o pedregales	ensalitrada	erosionada	cubierta con agua la mayor parte del año	Contaminada	Otra
<b>México</b>	2,123,826	823,112	139,256	115,549	1,004,207	10,675	31,024

Fuente Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2007)

Estos datos del 2007, no solo muestran la problemática del área erosionada, sino que se resalta que las áreas sin vegetación son susceptibles a quedar sin potencial para albergar vida y generar servicios ambientales, al encontrarse en condiciones

<sup>15</sup> Aguas con mayor cantidad de sales de lo normal (FAO)

de arenales, ensalitradas, cubiertas con agua la mayor parte del año y llenas de contaminación.

Para 2015, INEGI clasifica las formas de erosión del suelo en dos tipos: antropogénica con un 0.11% de un grado extremo de erosión; e hídrica, con un 0.43% en nivel extremo, un 5.45% en nivel fuerte, un 36.18% en moderado; y un 23.93 en nivel moderado. El resto del porcentaje corresponde a suelo estable. (

En los temas sobre contaminación, hacer comparaciones históricas resulta complicado dado que no se sigue la misma metodología para la captación de datos sobre el estado de la contaminación en las diversas áreas, imposibilitando así el generar diagnósticos concluyentes.

Adicionalmente a lo mencionado, también se considera al exceso de energía como sonido, calor o luz como un contaminante, y a los organismos transgénicos, que puede afectar directamente a muchos organismos en lugares remotos (Sarukhán, 2010).

## **5. Cambio Climático**

Durante los pasados 100 años se ha documentado el aumento de la temperatura promedio de la atmósfera y de los océanos del planeta debido al incremento en la concentración de Gases de Efecto Invernadero (GEI) -Bióxido de carbono, metano, óxidos de nitrógeno, ozono, clorofluorocarbonados y vapor de agua- producidos por la quema de combustibles fósiles (CONABIO, 2006) y por la pérdida de sumideros naturales de carbono, una combinación de producción en exceso y reducida capacidad para capturar la contaminación

Las consecuencias son cambios radicales en la distribución de ecosistemas y especies, aumento en el nivel del mar, desaparición de glaciares y de grandes extensiones de corales, climas impredecibles y extremos como sequías y tormentas. El cambio climático afecta a todos los organismos del planeta, ya que en mayor medida, a través de, la alteración de los ciclos biológicos y distribución geográfica de la flora y fauna, y sus migraciones (Conde y López, 2016). En México, son

especialmente susceptibles las especies endémicas, para las cuales no se garantiza su supervivencia si su hábitat con factores tan específicos sufre cambios.

El cambio climático en México ha generado desde la década de 1960 un aumento en las temperaturas promedio a nivel nacional 0.85° C y las temperaturas invernales 1.3°C y la precipitación ha disminuido en la porción sureste desde hace medio siglo. El efecto más marcado ha sido en los ecosistemas de afinidad fría y templada (bosques de coníferas de altura, bosques mixtos y bosques mesófilos) con una reducción proporcional que va de intermedia (50%), y uno probablemente menor en los de afinidad cálido-húmeda (selvas secas y húmedas) con un incremento proporcional pequeño (5 a 10 %) (Sarukhán, 2006).

**Cuadro 3.20 Inventario Nacional de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (Gases en Gg de CO<sub>2</sub>e; Carbono negro en Gg)**

<b>Año</b>	<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>CH<sub>4</sub></b>	<b>N<sub>2</sub>O</b>	<b>HFC</b>	<b>PFC</b>	<b>SF<sub>6</sub></b>	<b>Emisiones de gases</b>	<b>Carbono negro</b>
2004	412,390.34	108,782.7	36,253.98	3,019.54	0	116.97	560,563.60	92.87
2005	424,324.73	111,422.3	37,855.31	4,423.71	0	123.07	578,149.18	111
2006	443,371.48	113,947.4	37,621.26	6,029.47	0	126.01	601,095.70	110.43
2007	470,994.69	116,425.0	38,719.87	7,699.39	0	141.64	633,980.59	119.09
2008	513,673.67	118,943.4	37,695.77	8,951.71	0	144.58	679,409.21	133.03
2009	486,565.42	124,124.7	38,085.24	9,508.28	0	145.64	658,429.33	121.68
2010	479,535.53	127,407.7	38,919.51	10,551.39	0	157.99	656,572.17	115.22
2011	484,442.23	133,180.1	39,814.15	11,042.15	0	165.36	668,644.02	117.65
2012	478,798.42	129,151.5	40,100.78	10,722.40	0	170.85	658,944.00	114.54
2013	484,745.18	131,431.5	40,647.60	11,528.03	0	183.86	668,536.21	120.34
2014	482,876.61	132,625.3	41,228.15	13,029.86	0	187.54	669,947.49	113.14
2015	487,022.81	142,076.1	41,048.19	12,616.74	0	195.25	682,959.10	112.24
<i>Tasa promedio anual de cambio</i>	1.59	2.49	1.15	14.83		4.82	1.85	2.04
<i>Δ total %</i>	18.10	30.61	13.22	317.84		66.92	21.83	20.86

Fuente. Elaboración propia con base en el Inventario Nacional de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (SNIARN, 2018)

El cambio climático está directamente relacionado con los gases y compuestos de efecto invernadero. A lo largo del periodo de estudio solo se han visto incrementos,

es decir, el cambio climático seguirá desarrollándose junto con sus efectos. Pero comparativamente con la década anterior de 1990-2003, las emisiones que se han intensificado son las de CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, emisiones de gases y carbono negro, que en conjunto tienen un impacto mayor que el resto de las emisiones.

**Cuadro 3.21 Inventario Nacional de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (1990-2003)**  
(Gases en Gg de CO<sub>2</sub>e; Carbono negro en Gg)

<b>Año</b>	<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>CH<sub>4</sub></b>	<b>N<sub>2</sub>O</b>	<b>HFC</b>	<b>PFC</b>	<b>SF<sub>6</sub></b>	<b>Emisiones de gases</b>	<b>Carbono negro</b>
<i>Tasa promedio anual de cambio</i>	1.99	1.40	-0.16	17.49	0	9.68	1.72	0.49
<i>Δ total %</i>	28.59	16.68	-3.75	225.84	-40.13	189.20	23.73	4.88

Fuente: Elaboración propia con base en Inventario Nacional de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (2018) y datos del Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales (2018)

De acuerdo con los datos expuestos, se puede concluir que en México el cambio en la cobertura terrestre -principal indicador del daño ecosistémico- ha seguido una tendencia creciente en la última década, pero a un ritmo menos intenso. Uno de los motivos por los que el ritmo de devastación de cobertura de vegetación nacional ha disminuido es por políticas de protección ambiental y porque el grado de devastación actual impide explotar en la misma medida que antes, ya que los ecosistemas parecen estar llegando a sus límites.

En cuanto al resto de las evidencias, es claro que a nivel nacional la intensificación con la que se dan los patrones de producción y consumo nos acercan a los límites que la biosfera esto se evidencia con las tendencias crecientes de la extracción de materiales (sobreexplotación), incremento importante de presencia de especies invasoras por falta de regulación en nuestras leyes y contaminación por exceso de uso de combustibles, materiales nocivos y métodos ineficientes de extracción. Por otra parte tenemos recursos ignorados con potencial económico que pueden ser sustitutos de los sobreexplotados.

Existen muchas causas, que en general afectan a toda la biosfera, pero las que tienen un mayor impacto son las cinco evidencias del capítulo, que en parte pueden tener un origen natural, pero como se ha visto hasta ahora Cada una de estas actividades ha sido casi por completo, impulsada por el ser humano.

## **Capítulo IV. Factores de raíz de la degradación de la biodiversidad en México**

La interacción de cualquier sociedad humana con el medio ambiente se da mediante sus sistemas culturales, económicos y tecnológicos. Estos elementos son llamados factores indirectos de presión ambiental y son únicamente antropogénicos. Están implicados en las tendencias de cambio de los ecosistemas y por lo tanto también en la biodiversidad.

En 1971 Ehrlich y Holdren simplificaron la relación del impacto de la actividad humana sobre el ambiente con la fórmula:  $I = P \times A \times T$ . La  $I$  representa el impacto ambiental subordinado a: el tamaño de la población ( $P$ ); a su consumo de bienes y recursos —que se define por el término afluencia ( $A$ )— y el desarrollo tecnológico y político-administrativo ( $T$ ) con que cuenta dicha población para la producción y distribución de los bienes y recursos, así como para el manejo y disposición final de los residuos.

En este capítulo se abordará en primer lugar al sector productivo, por una parte desde el punto de vista de la técnica como factor dominante, en el proceso de generación directa de contaminación. Por otra parte, el sistema productivo crea condiciones materiales que tienen graves repercusiones sobre la biosfera, lo que puede entenderse como generación indirecta de contaminación, es decir, crea incentivos para contaminar.

En términos de la contaminación directa, el sector productivo hace uso de una técnica abusiva en el uso de los combustibles más baratos, pero no de los menos contaminantes. En la parte de los incentivos, el actual sistema productivo crea condiciones materiales con graves consecuencias sobre la biosfera, empujado por una técnica que genera productividad creciente, la cual, a su vez requiere de estrategias de circulación de los bienes, así como de mecanismos de mercado, que garanticen una absorción exitosa de sus productos, una situación que se piensa que subvierte la soberanía del consumidor.

El análisis del sector productivo que se hace en este capítulo tiene además relevancia puramente económica por las implicaciones en la distribución desigual de los recursos, como resultado de los impactos ambientales negativos generados por la generalización de patrones de producción y consumo dañinos. Esto se explica mediante el desarrollo de mecanismos usados para encontrar una absorción exitosa de los bienes que resultan del fenómeno de la creciente productividad; que es el punto de partida de un ciclo que permite que el capital se concentre en ciertos sectores con ventajas tecnológicas, los cuales recurren a la diversificación de productos para acaparar mercados nuevos en la búsqueda de captar a consumidores de otros estratos, como el de la llamada periferia del consumo, que es donde se consume en menor cantidad comparativamente con las ciudades.

Del lado del consumidor, se tratará la causalidad de los patrones de consumo que generan impactos ambientales dañinos. En primer término se aborda la subversión de la soberanía del consumidor, que se da por medio de dos mecanismos: 1) estrategias de circulación de los bienes como la creación de incentivos que promueven un consumo excesivo<sup>16</sup> de bienes en la periferia; 2) mecanismos de mercado como precios y salarios.

Desde la perspectiva del consumo, para explicar sus patrones dañinos, se abordan las necesidades ficticias entendidas como las necesidades humanas no básicas, para ello se hace una medición. Lo cual es una herramienta para tener aproximaciones teóricas del grado de subversión de la soberanía del consumidor, ya que para adquirir productos de segunda necesidad deben existir incentivos que no sean inherentes a la instintiva búsqueda de satisfacción de necesidades básicas humanas, es decir, incentivos que son creados por terceros, los cuales se traducen en consumo secundario que genera una cantidad de impactos ambientales negativos innecesaria.

---

<sup>16</sup> Con consumo excesivo me refiero a una cantidad de consumo que no es compatible con los ciclos de renovación natural de los ecosistemas, ya sea porque su producción implica una alta extracción, baja productividad o alto nivel de generación de desechos.

Los mecanismos de precios y salarios son el segundo condicionante para consumir una determinada cantidad de productos tanto básicos como secundarios. Es importante analizar el comportamiento de estos mecanismos, ya que a través de su evolución y del desarrollo del sector productivo, sumados al nivel de devastación ambiental, son un indicador de en qué medida se ha destinado una parte del capital para la protección ambiental.

La degradación ambiental y, el cambio que le preceden, son factores cruciales en la provisión de servicios ambientales. Estos cambios dan pie a un círculo vicioso que determina ciertos cambios en el crecimiento económico, lo que a su vez trae consecuencias en el desarrollo económico, con el surgimiento de problemas tanto sociales (pobreza, menor nivel educativo, problemas de salud), como de mercado (demanda de bienes y servicios insatisfecha, ya sea por escasez del bien a causa de la degradación del ecosistema donde surgen sus insumos, aumento de los costos en la producción de los bienes haciendo productos inasequibles).

**Figura 4.0 Ciclo nocivo de los patrones de producción**

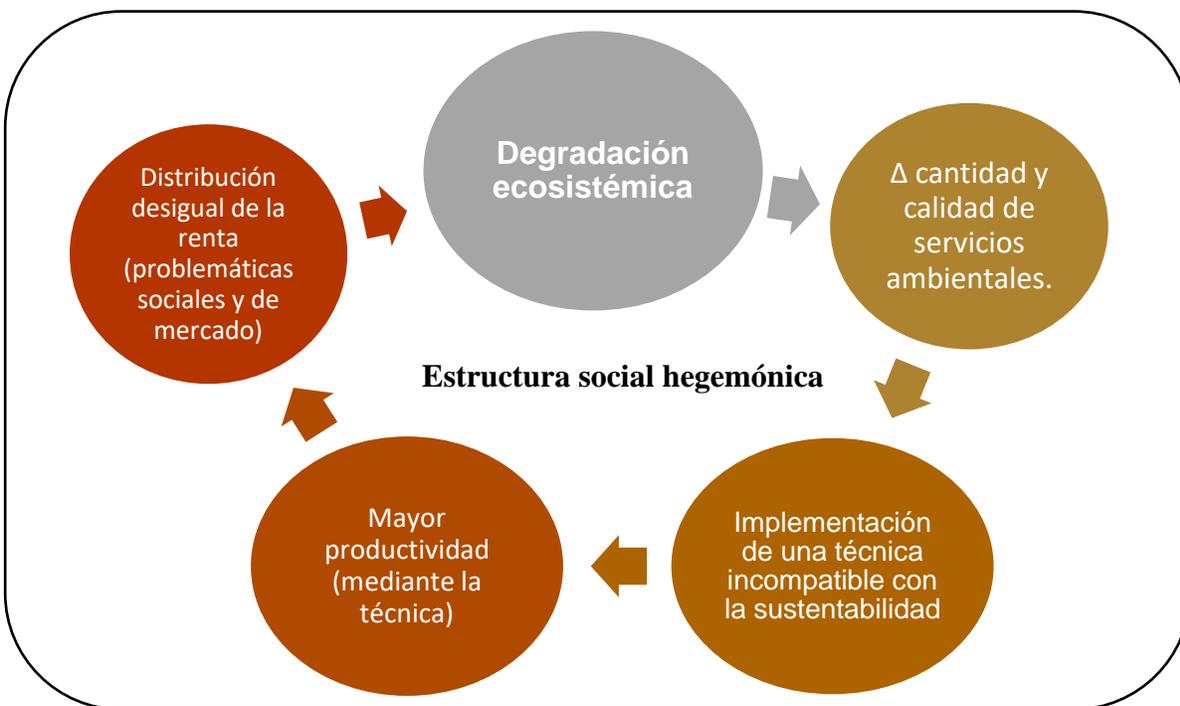


Figura 4.0 Elaboración propia con base en Costanza, 2006; INE,1997; Prebisch, 1980.

## **Afluencia**

### **4.1. Sector productivo**

La naturaleza antiecológica de nuestro sistema y la destrucción del mundo natural parece resultar propia de la lógica de la producción capitalista. La competencia y la acumulación constituyen sus leyes esenciales y fueron resumidas en la frase “producción por producción misma”. Aquí todas las cosas, incluyendo la biosfera, tienen su precio y son acogidas por el mercado (Bookchin, 1978). En una sociedad de este tipo, la naturaleza recibe el trato que corresponde a un mero recurso digno de ser explotado y saqueado.

Murray Bookchin (1978) reconoce a la sociedad jerárquica como “históricamente necesaria” para dominar a la naturaleza, sin olvidar que el concepto de dominación de la naturaleza fue una proyección de la dominación del hombre por el hombre. Es decir, tanto los humanos como la naturaleza han sido siempre las víctimas comunes de la sociedad jerárquica.

Los elementos anteriores se ven plasmados en la realidad de nuestro país cuando la estructura social jerárquica dada. Por una parte, la competencia incentiva el surgimiento de una técnica de creciente productividad; este fenómeno acompañado del esquema social jerárquico hace posible que se den condiciones favorables para el desarrollo de esta técnica, la cual no armoniza con los ciclos naturales, sino que busca dominar y moldear la naturaleza para satisfacer las necesidades humanas, con la mayor ganancia posible. Este fenómeno conserva y acentúa las desigualdades que implica la estructura social predeterminada. Esta estructura se basa en una técnica altamente productiva que se sustenta en el bajo costo del petróleo para su funcionamiento.

De acuerdo con Raúl Prebisch (1980) la hegemonía económica ha traído un abuso en el uso de los insumos de menor costo para así generar una mayor acumulación,

sin importar el impacto ambiental negativo de esta decisión. México es reconocido como un país en desarrollo, siendo así la mayoría de sus exportaciones materias primas, con un peso importante en la generación y exportación de petróleo. Para el 2017 México ocupó el sitio número 13 en el ranking de la OPEP de los países con mayor producción de crudo (El Economista, 2017). De acuerdo con la Secretaría de Energía (Sener), en la producción de energía primaria, los hidrocarburos fueron el mayor producto energético generado durante el año 2017.

El petróleo y sus derivados, gracias a su bajo costo, se han asumido como los factores que mayor relevancia han tenido en el proceso de generación directa de contaminación – haciendo uso abusivo de este bien agotable y creando las condiciones materiales que incentivan el mismo proceso (Prebisch, 1980).

A pesar del importante papel de México en la producción de energéticos, esto no lo dota de poder económico para decidir sobre el precio del petróleo, como mecanismo de control ambiental sobre el abusivo consumo.

#### **4.1.1 Generación directa de contaminación**

Las condiciones actuales han orientado la técnica hacia formas abusivas en el empleo de un bien agotable (Prebisch,1980) como los son los hidrocarburos producidos a nivel nacional. De este modo, la técnica se convierte en un factor dominante en el proceso de generación directa de contaminación, al preferir energía barata pero contaminante, sobre la energía “limpia” pero más costosa, comparativamente.

Entendiendo que es un hecho que el sector productivo tiene lo necesario para crecer y expandirse -incentivos económicos, condiciones que facilitan su expansión, demanda suficiente -, y que no va a detenerse ni en su crecimiento ni en el impacto ambiental negativo que esto genera; lo que resta es hacer una revisión del grado de responsabilidad ambiental con la que se están usando los recursos naturales.

Revisando desde la forma en la que el sector productivo se abastece de materia prima, el volumen de sus requerimientos, así como su aprovechamiento productivo.

Las actividades que sustentan el abasto del sector productivo y el consumo final, se dividen en extracción, procesamiento, circulación y consumo. Estas actividades constituyen los impulsores más importantes del deterioro ambiental promoviendo la pérdida y degradación de los hábitats naturales y su biodiversidad, al generar externalidades negativas y un extractivismo excesivo. La información que mide la evolución de las mencionadas actividades de sustento productivo y de consumo, debe considerarse en los análisis sobre desarrollo económico para generar resultados más concluyentes que sirvan como un insumo importante en la toma de decisiones del sector público y privado.

### **Técnica basada en hidrocarburos**

La dependencia de México con los combustibles fósiles, es clara con los resultados que reportan los Balances Energéticos de la Secretaría de Energía (SENER). Dentro de la producción y oferta energética nacional, el papel de los hidrocarburos es preponderante como puede observarse en el siguiente cuadro. A pesar de que la producción nacional de hidrocarburos ha tenido una tasa anual promedio de -3.42%, esta producción sigue siendo un incentivo hacia la técnica, al menos en la disponibilidad de esta materia prima, ya que del periodo del año 2006 al 2016, la estructura porcentual del total de producción de energía primaria posiciona a los hidrocarburos como el principal producto energético, con valores que oscilan en un rango del 90.5 %, en 2009 como el valor más alto del periodo de estudio, al 86.79% su valor más bajo (en el 2016).

### Cuadro 4.0 Producción de Energía en México

<i>Año</i>	<b>Total de Producción de hidrocarburos (petajoules)</b>	<b>Estructura Porcentual (respecto al total de producción de energía primaria)</b>
2006	9519.76	90.23
2007	9165.21	89.68
2008	9278.03	90.2
2009	8920.38	90.5
2010	8304.34	89.76
2011	8151.63	88.69
2012	8035.66	88.7
2013	7945.54	88.09
2014	7755.2	87.87
2015	7203.85	87.2
2016	6694.85	86.79

Cuadro 4.0. Elaboración propia con base en la Secretaría de Energía (SENER, 2018)

Con un comportamiento similar, la oferta interna bruta de hidrocarburos (HC) que es igual al consumo nacional de HC, en el periodo de estudio ha tenido oscilaciones a la alza, su tendencia creciente ha tenido como máximo un diferencial positivo de 2.5 puntos porcentuales entre cada año. Dentro del consumo nacional de energía, el consumo de HC es dominante, en promedio, del 2006 al 2016, se consumió 86.13% de HC respecto al consumo interno total energético.

### Cuadro 4.1. Oferta interna bruta de HC

<b>Año</b>	<b>Gas natural y condensados</b>	<b>Crudo y petrolíferos</b>	<b>% GN-C</b>	<b>% crudo y Pet.</b>	<b>Total HC %</b>
2006	3154.68	3668.06	39.16	45.53	84.69
2007	3084.04	3814.12	38.11	47.13	85.24
2008	3283.89	3945.02	39.61	47.58	87.19
2009	3486.68	3685.63	42.28	44.7	86.98
2010	3400.29	3649	41.71	44.77	86.48
2011	3536.96	3753.8	42.11	44.7	86.81
2012	3626.06	3932.76	41.16	44.64	85.8
2013	3782.52	3892.1	42.299	43.51	85.81
2014	3843.61	3505.06	44.6	40.6	85.2
2015	3791.01	3462.18	44.44	40.6	85.04
2016	4281.11	3592.94	46.7	39.2	85.9
				Promedio	86.13

Nota: \*Las cantidades expresadas en porcentaje son respecto a la oferta interna bruta de energéticos  
 .\*La oferta interna bruta de HC es igual al consumo nacional de HC. Fuente *Elaboración propia con base e* SENER, 2018

Como pudo observarse, en México se ha optado por la preferencia del uso de hidrocarburos (HC) –petróleo crudo, condensados y gas natural- , que son un tipo de energético que dada su naturaleza y su uso, son de los más contaminantes, comparativamente. Son considerados contaminantes primarios ya que son vertidos directamente a la atmósfera por alguna fuente de emisión.

Las emisiones en la atmósfera de HC son de gran relevancia ya que cuando los HC son utilizados en la industria se transforman en contaminantes secundarios, de donde se desprenden compuestos orgánicos volátiles (COV) -son precursores del ozono y algunos de ellos, como el benceno, formaldehído y acetaldehído, tienen una alta toxicidad para el ser humano-, dioxinas, furanos, bifenilos policlorados (PCB) y los hidrocarburos policíclicos aromáticos (PAH), que son contaminantes prioritarios de la atmósfera (SEMARNAT, 2013) ; así como también desprende CO<sub>2</sub> que es un GEI (Congreso Forestal Mundial, 2003). Y en segundo término monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, bióxido de azufre, partículas (PM), plomo, amoníaco, metano, óxido nitroso -es un GEI 310 veces mayor que el bióxido de carbono- (INECC, 2003)

Esta contaminación está asociada a la mala combustión de HC, incluyendo. Las fuentes más importantes de emisión son el transporte por carretera, los disolventes, pinturas, vertederos y la producción de energía (SEMARNAT, 2013), todas estas actividades se llevan a cabo a gran escala en la industria mexicana.

Dentro del consumo final de energéticos, para el uso puramente industrial se ocupó un promedio del 30.6% del total de energéticos disponibles en la economía, dentro del periodo de estudio. El energético que aparece en la primera posición en este sector, dado su mayor uso, es el gas seco con 37.59 %. Le siguen en quinta posición el combustóleo, en sexta el diésel o gasóleo y en octava el gas licuado. Todos estos productos contienen hidrocarburos en distinta medida, son derivados de petróleo. En total tienen una participación promedio del 47.2 % del total de HC en la

economía, constatándose que su participación en el consumo energético del sector, sigue siendo muy importante.

En los últimos años, el uso del gas natural (GN) ha ido en aumento por sus atributos comerciales, y aparentemente también ambientales. El gas seco y gas licuado son los principales componentes del GN, están procesados para su comercialización. El GN es una mezcla gaseosa que se extrae conjuntamente con el petróleo, o de los yacimientos que son únicamente de gas. El GN contiene cantidades menores de hidrocarburos más pesados que el metano (SEMARNAT, 2013). Este tipo de HC, se ha presentado como un HC más limpio, y el gobierno mexicano lo considera como un medio para cumplir los compromisos de las agendas de cambio climático y desarrollo sustentable (Fundar, 2016).

Dada la menor cantidad de HC contenidos en el gas natural -que es considerado un HC no convencional-, cuando se combustiona para generar energía, genera emisiones inferiores a las de otras energías fósiles. Por lo anterior, se infiere que comparativamente, el gas natural genera menor contaminación que otros HC, dentro del proceso del consumo final, pero debe también tomarse en cuenta, que para ofrecer este producto, su proceso de producción es altamente extractivo y contaminante. Obtener GN conlleva el uso y contaminación de grandes cantidades de agua, adicionalmente su procesamiento, almacenamiento, traslado y distribución implican un alto grado de contaminación a causa de ineficiencias en estas actividades, lo cual genera emisión de metano -gas con un potencial para atrapar el calor 86 veces superior al CO<sub>2</sub> en un periodo de 20 años- (Fundar, 2016).

Por otra parte, la electricidad es el segundo energético más utilizado por la industria, en la última década ha sido usado en una proporción promedio del 32.64 % respecto al total de energéticos, de acuerdo con datos de la SENER. Su producción en su mayoría es generada con combustóleo, que es un HC con altos índices de contaminación – genera cenizas, azufre, nitrógeno- (Forbes, 2016).

En términos general, ya sea directa o indirectamente, el uso de HC sigue siendo dominante, prefiriéndose a la energía fósil, ya que posee la ventaja de ser alentada por la distribución desigual del fruto de la creciente productividad de la técnica (Presbisch,1980). Es decir, históricamente la industria se desarrolló con base en HC, y sus cualidades comerciales, que perpetuaron el ciclo de continuar desarrollando una técnica que permita una mayor productividad basada en HC, ya que es la fórmula que permite mayores ganancias. Este ciclo ha generado barreras para el financiamiento e interés económico por producir bienes y servicios que coexistan en mayor armonía con los ciclos naturales dado su mayor costo.

El ciclo nocivo que perpetúa el desarrollo de técnica basada en HC, está fundamentado en la conservación de estructuras sociales jerárquicas. Es decir, la hegemonía económica se mantiene en manos de los mismos agentes durante un largo periodo, lo que a su vez hace que se conserve el mismo patrón producto ya que resulta más beneficioso en el corto plazo, ya que no sólo permite que exista un incremento de la productividad, sino que también se diversifique la industria captando un mayor mercado y retroalimentándose entre sí distintas actividades económicas que se sustentan en el ciclo nocivo del desarrollo técnico. Es así como se genera una fórmula de negocio fundamentada en HC, que permite que solo los agentes participantes concentren una mayor cantidad de recursos, donde el paso final es la diversificación de bienes democratizada, lo cual trae una concentración aún mayor de capital, para repetir el referido patrón nocivo de producción.

**Cuadro 4.2. Consumo final de HC del sector industrial (estructura porcentual)**

<i>Año</i>	<b>Consumo de la industria</b>	<b>Gas seco</b>	<b>Diésel</b>	<b>Gas licuado</b>	<b>Combustóleo</b>	<b>Gasolinas y naftas</b>	<b>Consumo total HC</b>	
2006	30.9	33.6	3.3	2.7	7.4	0.1	47.2	
2007	29.2	31.5	3.6	3.0	7.4	0.1	45.6	
2008	28.5	31.4	3.9	2.9	5.8	0.2	44.2	
2009	28	37.3	4	3.1	6.5	0	50.9	
2010	29	37.3	4	3.1	6.5	0	50.9	
2011	29	38.4	4.3	2.8	3.6	0	49.1	
2012	31	35.8	4.2	2.7	2.2	0.03	44.93	
2013	33	36.8	4	2.8	1.6	0.1	45.3	
2014	32	38.5	3.8	2.7	0.9	0.1	46	
2015	31.4	38	4.7	2.6	1.4	0.1	46.8	
2016	31.7	38.6	4.9	2.7	1.9	0.1	48.2	
<i>Nota: La columna Consumo de la industria tiene un porcentaje respecto al total del consumo final energético de todos los sectores.</i>							Promedio	47.2
<i>Fuente: Elaboración propia con datos de la SENER , 2018</i>								

Dada la expansión de las industrias que dependen de HC, podría pensarse que quienes producen este recurso también son grandes captadores de recursos económicos, pero no siempre es así. En México, a pesar de los incrementos históricos en el precio del petróleo, no pudo haber un mejor desempeño económico nacional (Alarco, 2004), esto puede ser un indicador de distintas ineficiencias, entre ellas, la ineficiencia del aprovechamiento productivo de los energéticos al interior del país, generando así procesos de alta entropía. De haber existido un mejor desempeño en la economía gracias al uso óptimo de HC, teóricamente se pudo haber destinado una parte del capital hacia el desarrollo de mercados verdes, con la producción a gran escala de energías renovables y limpias a menor costo, con la visión de un sector energético rentable económica y ambientalmente en el largo plazo.

El efecto positivo que trae el aumento de precio del petróleo en los países exportadores, no siempre tiene efectos proporcionales para el desempeño de las economías en desarrollo como México -ya que esto obedece a otros factores, entre ellos: políticas de precios y balanza comercial, la mayor propensión a importar, la reconcentración del ingreso nacional en favor de los inversionistas (la cual reduce

el multiplicador del gasto) y menores componentes nacionales de la inversión, que disminuyen su aportación a la demanda y al producto agregado- (Alarco, 2004), esto imposibilita que se den las condiciones al menos financieras para que se desarrollara una producción rentable de energías “limpias”, que podrían guiar consecuentemente a la técnica hacia otra dirección.

El interés económico, va en una dirección totalmente opuesta a los mercados verdes de acuerdo con Prebisch quién asegura que la investigación tecnológica está orientada para sustituir los componentes naturales por material sintético y plástico, gracias a la baratura de la energía, especialmente en los países en desarrollo, en detrimento de la investigación al mejoramiento de las condiciones del producto natural.

### **Aprovechamiento de los recursos**

La técnica de la que hasta aquí se ha tratado, es un factor clave para redireccionar la investigación tecnológica hacia la diversificación incesante de bienes y servicios basada en el empleo intenso de insumos, se da generalmente con desperdicio de energía y otros recursos materiales (Prebisch, 1980). En lo respectivo, en México debe hacerse un análisis sobre el aprovechamiento de sus materias primas más representativas como hidrocarburos y productos agrícolas.

En apartados anteriores se ha analizado el impacto ambiental directo que implican en general las actividades humanas; y en particular, la generación directa de contaminación por el sector productivo a través de una de sus actividades pilar: transformación de recursos. A continuación se analizará el impacto ambiental de los patrones de producción, a través del análisis de sus dos actividades pilar faltantes: extracción y circulación.

Para el propósito de este apartado, primero se analizará la productividad de la extracción de los materiales, a través de la relación Pesos (PIB)/ Kg de material extraído. Se interpreta como las unidades de PIB que se producen por cada kilogramo (kg) de material extraído. Un resultado positivo de la tasa anual de

crecimiento del indicador de extracción de materiales, significa que se están produciendo más bienes y servicios con la misma cantidad de materiales extraídos, es decir, hay un mejor aprovechamiento a través de tecnología, o que se están creando productos que remedian las mismas necesidades pero con una menor cantidad de recursos, o que se están aprovechando residuos que antes no. En cualquiera de los casos podría tratarse de un ahorro de recursos, lo que disminuye la carga económica que deben asumir los ecosistemas.

**Cuadro 4.3 Productividad de los materiales (Índice 2000 = 100; total en pesos por kilogramo)**

<b>AÑO</b>	<b>BIOMASA</b>	<b>MINERALES Y METALES</b>	<b>MINERALES Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN</b>	<b>COMBUSTIBLES FÓSILES</b>	<b>TOTAL</b>
2000	100	100	100	100	11.59
2001	96.5	97.9	102.6	102.5	11.63
2002	97.8	109	98	95.3	11.32
2003	96.1	161	105.3	95.4	12.4
2004	100.1	110.2	96.1	99.7	11.59
2005	103.2	107.6	110	97.4	11.95
2006	104.8	113.4	92.3	101.6	11.7
2007	107.3	93	91.1	102.5	11.39
2008	113.4	98.5	98.4	100.2	11.95
2009	103	115.1	86.1	98.9	11.25
2010	108.3	102.1	90.3	103.3	11.53
2011	114.8	108.3	89.5	104.8	11.93
2012	118.6	80.5	89.9	105	11.38
2013	118.9	68	93.7	107.8	11.07
2014	120.6	86.1	87.1	110.6	11.35
<b>Tasa Media de Cambio anual</b>	<b>1.5</b>	<b>-1</b>	<b>-0.9</b>	<b>0.8</b>	<b>0</b>
<b>Tasa de Cambio Total</b>	<b>20.5</b>	<b>-24.1</b>	<b>-9</b>	<b>10.9</b>	<b>-0.2</b>

Elaboración propia con base en SNIARN, 2019

Al respecto del cuadro anterior, comparado con el consumo de recursos, la productividad crece a ritmos mayores que la extracción. Por ejemplo, en el cuadro 3.7 Extracción de materiales en México, la extracción de biomasa crece a un ritmo promedio anual de 0.91%, mientras que la productividad de extracción de biomasa (Cuadro 4.4) crece a un ritmo promedio anual de 1.5%. Por parte de los

combustibles fósiles la tasa media de productividad crece a un ritmo de 0.8% anual, mientras que su tasa de extracción ha tenido una tendencia decreciente, cada año en promedio disminuye 1.67%, esto no puede ser un efecto compensatorio, ya que la creciente productividad no alcanza a cubrir la disminución de la obtención de combustibles fósiles, esto no garantiza una disminución de la contaminación y por ende de la devastación ambiental, que como ya se ha mostrado en el Capítulo 3 de este documento, va en aumento, la contaminación por combustión de combustibles fósiles; sino que se debe estar buscando un sustituto de la extracción del combustible nacional, ya sea a través de la importación o a través de otro producto que genere el mismo efecto.

#### 4.1.2 Generación indirecta de contaminación

Por el lado del sector productivo, para que exista una circulación exitosa de sus bienes, es necesario recurrir al sector transporte. Este último es el responsable del consumo final energético del 47 %, donde por redondeo, el total de su consumo es de HC.

**Cuadro 4.4. Consumo final del sector transporte (estructura porcentual)**

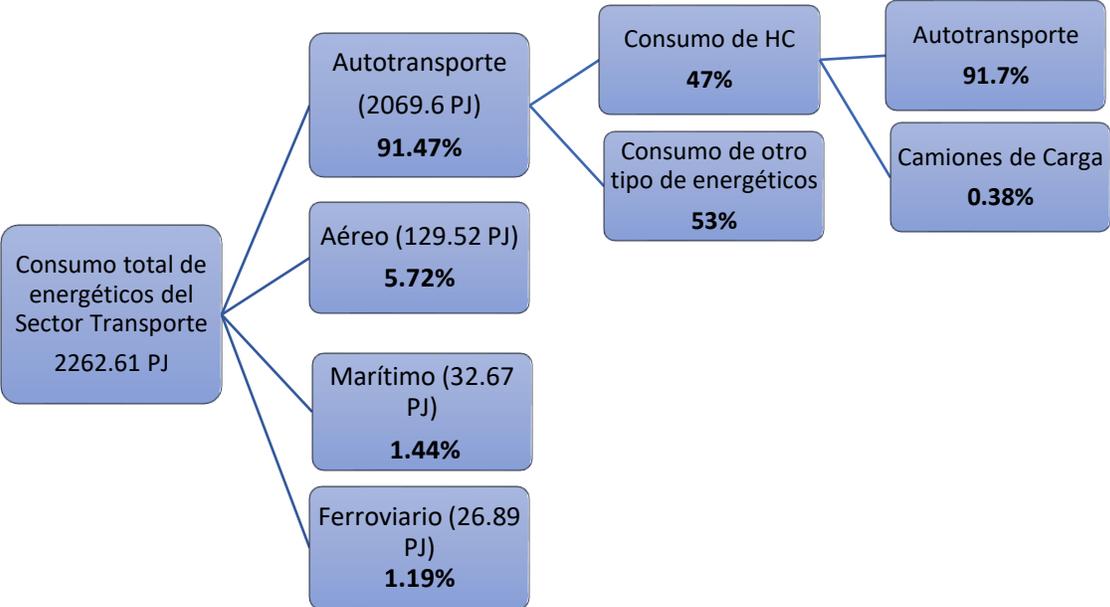
<b>Año</b>	<b>Consumo del sector</b>
2006	45.1
2007	46.9
2008	48
2009	49
2010	48
2011	48
2012	47
2013	46
2014	45.9
2015	46.4
2016	46.8
<i>Promedio</i>	47

Elaboración propia con datos de la SENER y cálculos propios

En este mismo sentido, la importancia del autotransporte es fundamental para el análisis, ya que este sector ocupa el 91.5% del consumo de energéticos del total del sector transporte. El autotransporte abarca automóviles, camiones de pasajeros,

y camiones y camionetas de carga. Los dos últimos medios (camiones y camionetas de carga), son considerados medios de circulación de bienes, mismos que han ocupado a lo largo del periodo de estudio, menos del 0.5% del total de vehículos con motor registrados en circulación, de acuerdo con datos del INEGI.

**Figura 4.1 . Consumo energético del Sector Transporte por vehículo**



Elaboración propia con datos de la SENER, 2018

La circulación terrestre es responsable del consumo de HC del 0.1637 % respecto al total de la economía mexicana. Respecto a la cantidad de vehículos dedicados a la circulación de mercancías, solo representa el 0.38 % del total de vehículos con motor registrados en México (Cuadro 4.6), y su crecimiento a lo largo del periodo de estudio presenta grandes oscilaciones, en promedio tuvo cambios positivos en el periodo de estudio en 5.87 %. Con estos datos podría parecer que este sector tiene un impacto menor comparativamente contra el autotransporte, pero dada la antigüedad de los vehículos de carga que se usan para la circulación, que en promedio va de los 22 a los 30 años, sus sistemas de funcionamiento producen 100 veces más contaminación que cualquier vehículo reciente de este tipo; y dada la intensidad de su uso producen de 300 a 1000 veces más emisiones que cualquier automóvil (ICCT, 2016).

**Cuadro 4.5. Vehículos con motor registrados en circulación**

<i>Periodo</i>	<b>Automóviles</b>	<b>Camiones pasajeros</b>	<b>Camiones y camionetas carga (miles)</b>	<b>Total</b>	<b>Circulación (%)</b>	<b>Δ%</b>
2006	15382880.08	289690.08	67666.67	15740236.80	0.43	
2007	17056329.42	315030.25	73416.67	17444776.30	0.42	8.50
2008	18577351.50	326521.42	63333.33	18967206.30	0.33	-13.73
2009	19957394.17	333864.33	72500.00	20363758.50	0.36	14.47
2010	20804500.75	314407.17	77768.33	21196676.30	0.37	7.27
2011	21752818.75	318783.33	89569.83	22161171.90	0.40	15.18
2012	22959851.92	332582.67	91538.67	23383973.30	0.39	2.20
2013	24185452.58	340349.58	99175.17	24624977.30	0.40	8.34
2014	25154575.25	345681.58	84564.58	25584821.40	0.33	-14.73
2015	26220094.25	351105.42	105884.67	26677084.30	0.40	25.21
2016	27791292.67	361023.92	112283.17	28264599.80	0.40	6.04
					0.38	5.87

*Fuente: Elaboración propia con base en (INEGI, 2018)*

Para ilustrar el grado de emisiones del transporte de carga o de circulación – definido como el transporte únicamente dedicado al traslado de materias primas y mercancías de un lugar a otro- en los corredores de transporte más importantes del país, el *Inventario de emisiones en los principales corredores de transporte carretero en México 2014*, expone cinco áreas muestra, donde se produce la mayor cantidad de contaminante a causa de la circulación de mercancías. Los componentes contaminantes de mayor presencia son NOx, PM, CO2 y SO2, que son considerados por la SEMARNAT como contaminantes prioritarios de la atmósfera.

**Cuadro 4.6. Estructura porcentual que representa las emisiones de vehículos de carga del total de emisiones (por día)**

<i>Corredor/Contaminante</i>	<b>HC</b>	<b>CO</b>	<b>NOx</b>	<b>PM</b>	<b>CO2</b>	<b>SO2</b>
<i>México-Nuevo Laredo</i>	30.44	3.67	78.57	89.53	75.17	85.48
<i>México-Cd. Juárez</i>	16.56	2.79	63.67	83.66	61.79	76.32
<i>México-Nogales</i>	13.9	2.29	58.53	79.88	58.27	73.4
<i>Manzanillo-Guadalajara</i>	12.6	2.31	58.75	86.28	59.01	75.86
<i>México-Veracruz</i>	12.39	2.49	56	79.05	56.26	71.61

*Fuente: Elaboración propia con datos del Inventario de emisiones en los principales corredores de transporte carretero en México (IMT), 2014*

Como se ha visto, la tendencia creciente de transporte de carga que obedece a una mayor productividad de la industria y su necesidad de circulación, no está siendo sustentada por medidas que involucren un cambio en la técnica dependiente de combustibles fósiles. Si bien, los medios de circulación están cambiando para hacer uso más eficiente de los energéticos, el número de vehículos sigue aumentando, y no se están haciendo las sustituciones pertinentes de los viejos vehículos.

## **4.2 CONSUMO COMERCIAL**

La Economía Ecológica tiene como enfoque la satisfacción de necesidades básicas con una visión intergeneracional de modo sustentable, pero con el paso del tiempo el consumo se ha visto subvertido por mecanismos de mercado que buscan que las necesidades secundarias ocupen un lugar dominante dentro del consumo.

El enfoque en garantizar la satisfacción de las necesidades fundamentales surge durante el periodo de escasez, al que el autor Murray Bookchin designa como la existencia histórica de la carencia de los medios de existencia fundamentales, así como la necesidad de pasarse toda una vida trabajando para solucionar esta carencia. Pero más allá de los medios de vida implica el tipo de vida posibilitada por estos medios, es decir, la realización de las potencialidades sociales y culturales latentes en una tecnología de abundancia. No se refiere a la designación de un consumo insensato ni la sumisión a los bienes materiales ni a la proliferación de “necesidades ficticias”, la abundancia destructora, el crecimiento económico y el trabajo obsesivo que se exigen para satisfacerlas; sino a todo lo contrario.

Mientras las características de la escasez se centran en la lucha por los medios de existencia entre los hombres, las últimas características, que no pertenecen al periodo de escasez, sino al de postescasez, son las que causan impactos ambientales innecesarios ya que implican una lucha entre la humanidad contra la naturaleza. El consumo que aquí se trata, es el designado en el periodo de postescasez.

Las necesidades humanas, ya sean básicas o no básicas, son un innegable incentivo para el sector productivo. De acuerdo con Gabriel Baca en su libro sobre proyectos de inversión “siempre que exista una necesidad humana de un bien o un servicio habrá necesidad de invertir ... pero si la intención de invertir en el proyecto es irrenunciable y no se detecta una clara demanda potencial insatisfecha<sup>17</sup> del producto, el camino a seguir es incrementar sustancialmente el gasto en mercadotecnia y publicidad para promover con fuerza la aceptación del nuevo producto”. En este sentido, propiamente no se podría hablar de los bienes y servicios como satisfactores directos de necesidades humanas, sino como satisfactores artificiales de construcciones sociales que gozan de una aceptación general de necesidad, pero entonces si son éstas necesidades las que causan un antagonismo entre humanos y naturaleza, es importante cuestionarse de dónde y cómo surgen éstas construcciones que parecen estar guiando fuertemente las elecciones del consumidor a través de dos mecanismos: creación de necesidades ficticias y mecanismos de precios.

#### **4.2.1 Incentivo de necesidades ficticias**

La noción de escasez, está fundamentada en las necesidades básicas para el mantenimiento de la vida, connota ansiedad, sensación de inseguridad y mentalidad competitiva, consustanciales a la insuficiencia de recursos indispensables para el mantenimiento de la vida; pero además, engloba las relaciones sociales y el aparato cultural que nutren la inseguridad en la mente (Bookchin, 1978).

Ante la falta de medios de subsistencia es lógico que existan sensaciones de inseguridad, ya que la vida está en riesgo, pero ante la falta de satisfacción de necesidades no básicas ¿es justo decir que una vez satisfechas las necesidades básicas la sensación de inseguridad que prevalece sigue siendo inherente a la naturaleza humana? Al respecto de esto, Bookchin asegura que el actual sistema

---

<sup>17</sup> es la cantidad de bienes o servicios que es probable que el mercado consuma en los años futuros, sobre la cual se ha determinado que ningún productor actual podrá satisfacer si prevalecen las condiciones en las cuales se hizo el cálculo.

capitalista se compone de elementos de dominación y de condicionamiento social, que son tan respetados, y aparentemente tan incuestionables, que suelen confundirse con la naturaleza humana.

Es decir, se está creando un entorno de falsa escasez relativo a la satisfacción de las necesidades secundarias, lo cual facilita que se de una condición de mercado donde puedan absorberse satisfactoriamente los productos resultado de la creciente productividad, que es la disposición de los individuos a destinar una parte importante de sus ingresos a satisfacer las necesidades comerciales, ya que éstas son presentadas ante el consumidor, con mayor urgencia por ser satisfechas. Pero es el consumo secundario -definido como el consumo a través del cual se satisfacen las necesidades secundarias- el que incentiva los comportamientos humanos más depredadores e innecesarios.

Ante esto cabe hacerse un cuestionamiento donde se diferencie cuál es la demanda fundamental que brinda las necesidades materiales básicas que permiten a los individuos la oportunidad de realizarse de acuerdo con sus aspiraciones inherentes a su propia naturaleza, separándola de la que no lo es, es decir, de la demanda artificial o comercial, la cual tiene otros propósitos como la concentración de la acumulación en un sector específico, y con ello que se perpetúen las actividades dañinas, además de innecesarias, para el ambiente.

Entender el comportamiento histórico del consumo comercial es importante para poder regular su desenvolvimiento hacia un modelo sustentable como primer acercamiento. Para realizar esta tarea, como forma de cuantificar su evolución, usé las fórmulas:

**I. *Consumo comercial = PIB per capita – valor de la canasta básica per capita***

II.

*Consumo de RN para satisfacer al Consumo comercial*

$$= \frac{\text{Consumo comercial} * \text{Consumo de recursos naturales per capita (rentas totales de los RN \%PIB)}}{\text{PIB per capita}}$$

La fórmula toma en cuenta el valor de la canasta básica alimentaria y no alimentaria, que de acuerdo con el Artículo 36 de la Ley de Desarrollo Social usa para su cálculo además del valor de los bienes alimentarios, el valor de bienes<sup>18</sup> y servicios que satisfacen otro tipo de necesidades que de igual modo son básicas para la conservación de la vida, éstas están encerradas en categorías como educación, salud, seguridad social, vivienda, agua, electricidad, grado de cohesión social (CONEVAL, 2018). La relevancia del valor de la canasta básica y no básica, es que teóricamente es el mínimo de ingresos con los que debería sobrevivir un individuo en México, entonces si este valor es sustraído del Producto Interno Bruto (PIB) per cápita, tomándolo desde el punto de vista del consumo<sup>19</sup>, se tiene a todo el consumo no básico o consumo secundario/comercial. Si al último valor lo relacionamos con el Consumo total de recursos naturales per cápita<sup>20</sup>, expresado en unidades del PIB, resulta la proporción de recursos naturales requeridos para satisfacer las necesidades secundarias. Una vez aplicada la fórmula a datos reales, resulta el Cuadro 4.9:

**Cuadro 4.7. Relación Consumo comercial/Consumo de RN**

<i>Año</i>	<b>PIB per capita</b>	<b>W canasta básica</b>	<b>Consumo secundario</b>	<b>Proporción del Consumo secundarios</b>	<b>Consumo de RN per capita</b>	<b>Consumo de RN para satisfacer Consumo Comercial</b>
2006	157684.356	34272.7969	123411.559	78%	9640.8215	7545.3827
2007	161565.297	34391.1346	127174.163	79%	9015.34359	7096.31828
2008	162390.635	34448.0112	127942.624	79%	10685.3038	8418.62465
2009	149412.361	34834.1134	114578.248	77%	5647.78725	4331.05777
2010	155208.025	34995.806	120212.219	77%	7527.58919	5830.2926
2011	162233.61	34872.8049	127360.805	79%	11226.5658	8813.3677
2012	165651.159	35209.3493	130441.81	79%	10949.5416	8622.20365
2013	161923.545	35463.2849	126460.26	78%	9342.98853	7296.75699
2014	164822.09	35903.9221	128918.168	78%	8010.35359	6265.42297

*Elaboración propia con datos del Banco Mundial 2018*

**-16.9%**

<sup>18</sup> El valor del transporte público, limpieza y cuidados de la casa, cuidados personales, educación, cultura y recreación, comunicaciones y servicios para vehículos, vivienda y servicios de conservación, prendas de vestir, calzado y accesorios, cristalería, blancos y utensilios domésticos, cuidados de la salud, enseres domésticos y mantenimiento de la vivienda, artículos de esparcimiento, otros gastos.

<sup>19</sup> Me refiero a la fórmula PIB = consumo + inversión bruta + (exportaciones - importaciones)

<sup>20</sup> La renta total de los recursos naturales es la suma de la renta del petróleo, la renta del gas natural, la renta del carbón (duro y blando), la renta mineral y la renta forestal (Banco Mundial, 2011)

Los datos del consumo secundario, a lo largo del periodo de estudio se mantuvieron con un comportamiento estable al tener una tasa de crecimiento promedio del 0.67%, de este modo su representatividad dentro del consumo total varió solo de 76.69% al 78.71%, sin embargo, ocupa la mayor proporción de los recursos naturales per capita destinados a satisfacer las necesidades humanas.

En este sentido mismo es importante tomar en cuenta los comentarios coincidentes de Prebisch y Bookchin donde uno de los efectos del consumo secundario es extenderse hacia la periferia. En los cálculos del Cuadro 4.9, se tomó en cuenta la canasta básica alimentaria y no alimentaria urbana. Con los resultados hasta aquí expuestos, es posible agregar a lo dicho por los dos autores citados, que en cierto nivel del consumo comercial urbano, su consumo se mantiene estable, pudiendo ser por los límites que imponen los servicios ambientales o por el mecanismo de precios.

Por su parte, los efectos de la propagación de este tipo de consumo en el área rural se observarán en el Cuadro 4.10. Se muestra que la tasa de crecimiento del consumo secundario promedio es del 0.6%, muy cercana al 0.67% del área urbana, en este sentido podría hablarse de emulación en el consumo secundario del centro.

**Cuadro 4.8 Consumo secundario rural**

<b>Año</b>	<b>PIB per capita</b>	<b>W real canasta básica</b>	<b>Consumo secundario</b>	<b>Tasa de crecimiento del consumo secundario</b>	<b>Proporción del consumo secundario en el ingreso</b>
2006	157684.3	21 249.6	136434.73		86.52
2007	161565.2	21 433.8	140131.47	2.71	86.73
2008	162390.6	21 536.1	140854.51	0.52	86.74
2009	149412.3	22 000.4	127411.88	-9.54	85.28
2010	155208.0	22 046.7	133161.23	4.51	85.80
2011	162233.6	22 017.9	140215.67	5.30	86.43
2012	165651.1	22 510.3	143140.80	2.09	86.41
2013	161923.5	22 728.6	139194.89	-2.76	85.96
2014	164822.0	22 861.4	141960.67	1.99	86.13
<i>Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial 2018 y Coneval 2018.</i>				<b>0.60</b>	<b>86.22</b>

Por su parte la representatividad del consumo secundario en cuanto al gasto total es en promedio de 86.22%, pareciendo que es mayor que la del área urbana, y que existe una mayor disponibilidad para gastar en consumo secundario, pero esta mayor representatividad se debe al menor precio de la canasta básica. Y si se quiere hacer un análisis más profundo, debe también tomarse en cuenta que por lo regular, el ingreso en el sector rural llega a ser menor que en el área urbana, y el consumo secundario, resulta más costoso, por lo que su consumo secundario o comercial real, es menor, lo que implica un menor consumo de recursos naturales.

Continuando con el análisis de la evolución del consumo, en los Cuadros 4.9 y 4.10 que se refieren al cambio en el consumo de recursos naturales per cápita para satisfacer al consumo secundario, es visible que las variaciones en la proporción han sido débiles entre cada año, no se muestra una tendencia clara. En el centro de consumo, En el centro de consumo no hay cambios comparando al año de inicio del estudio contra el año final, mientras que en la periferia, en este mismo periodo disminuyó 0.39%, con lo que se puede concluir que los hábitos de consumo no han cambiado en cuanto a consumo secundario. Pero, si analizamos en términos generales al consumo comercial, resalta el hecho de que el consumo per cápita de recursos naturales para satisfacerlo ha disminuido desde el año inicial en comparación con el año final en un 16.9%, lo que denota una productividad creciente del uso de recursos naturales para satisfacer necesidades humanas.

El siguiente cuadro pretende ilustrar cuál es la causa de la disminución histórica del uso de recursos naturales respecto a la producción de bienes y servicios secundarios, así como comprobar con datos que poseen una mayor cobertura si la disminución del uso de recursos naturales per cápita es un verdadero hecho, como se mostró en el cuadro anterior.

**Cuadro 4.9 Evolución del uso de materiales**

<b>Año</b>	<b>Consumo doméstico de materiales per cápita (ton)</b>	<b>Tasas de crecimiento del Consumo doméstico de materiales per capita</b>	<b>Productividad de los materiales de consumo doméstico (pesos/kg)</b>	<b>Δ% en la productividad de los materiales de consumo doméstico</b>
2006	9.24		17.92	
2007	9.66	4.58	18.77	4.70
2008	9.22	-4.59	18.57	-1.08
2009	9.2	-0.2	18.68	0.62
2010	9.32	1.26	17.6	-5.81
2011	9.26	-0.63	18.61	5.75
2012	9.98	7.78	17.93	-3.66
2013	10.27	2.93	16.76	-6.53
2014	10.14	-1.3	17.88	6.69
<b>Δ %</b>	<b>9.73</b>	<b>1.23</b>	<b>-0.26</b>	<b>0.09</b>

Fuente: Elaboración propia con datos del Sistema de Información Ambiental y de Recursos Naturales, 2018.

Esta revisión se hace a través del uso de dos indicadores: 1) el indicador de consumo doméstico de materiales per cápita que corresponde al volumen de materiales, en toneladas por habitante, que consume en promedio un habitante por la magnitud de su economía (SEMARNAT,2011; SNIARN, 2011). Este indicador engloba un mayor número de recursos o materiales consumidos per capita, tal como biomasa, minerales, metales, combustibles fósiles, residuos, productos manufacturados, muestrarios, maquinaria de empresas, material de ensamble para automóviles, equipajes de pasajero, mercancías de apoyo (SNIARN, 2018); y 2) el indicador de Productividad de los materiales de consumo doméstico, muestra cuanto puede producir un kilogramo de materiales.

El consumo doméstico de materiales per cápita ha evolucionado a un 1.23% anual promedio, teniendo en cuenta las disminuciones en el consumo que han implicado las desaceleraciones económicas. Como saldo, para el año 2014 en comparación con el 2006, esta variable creció en 9.73%. Ahora si contrastamos este crecimiento con la evolución de la productividad de los materiales de consumo doméstico ha

crecido anualmente a tan solo 0.08%, y su tendencia de crecimiento del año 2006 al 2014, ha sido del - 0.26%. No existe un efecto compensatorio entre el mayor consumo de materiales y la menor productividad.

En suma, dadas las tasas de crecimiento de devastación de los ecosistemas y por ende de la biodiversidad expuestas en el Capítulo 3 de este trabajo de investigación, causadas por cierto nivel de extracción de materiales creciente para satisfacer a un consumo doméstico de materiales per cápita que en promedio crece al año en 1.23% , no se sabe si podrá ser compensado por el ritmo de productividad que es de 0.08% anual promedio, sumado

Es decir, ante un consumo de recursos creciente, la parte del sector productivo que debería generar un efecto compensatorio en favor del uso óptimo de los recursos, mediante el desarrollo tecnológico que implica la mayor productividad, no está satisfaciendo la demanda creciente. Lo que tiene como resultado que estemos viviendo a costa del consumo de los recursos que les corresponden a las generaciones futuras.

Las repercusiones del fenómeno de intensificación y generalización de la satisfacción de necesidades secundarias impactan en la esfera económica de un modo importante ya que al extenderse el consumo suntuario<sup>21</sup> impacta de forma inversa a la acumulación, porque aumenta el capital consuntivo (capital usado para el consumo personal), y con esto se consigue que no aumente la productividad, ya que ello incide desfavorablemente sobre la acumulación de capital reproductivo, y con esto hay un impacto negativo en la soberanía del consumidor a través de los precios y salarios. Para entender este proceso es necesario tener en cuenta las grandes desigualdades en la distribución del ingreso (Prebisch, 1980).

---

<sup>21</sup> Demanda de bienes no necesarios o de gusto como la adquisición de perfumes, ropa fina y otros bienes de este tipo. En este caso la compra se realiza con la intención de satisfacer un gusto y no una necesidad (Baca)

## **Mecanismos de precios y salarios.**

La inversión en el desarrollo tecnológico se ha vuelto necesaria en la sociedad actual. Tiene un efecto ambivalente ya que por una parte aporta al bienestar humano generalizando el consumo primario, mientras por otro sus efectos perniciosos son cada vez más evidentes en la manipulación continua de la llamada “soberanía del consumidor” al estimular artificialmente al consumo secundario.

El desarrollo de las necesidades secundarias se ha apoyado en el extraordinario desenvolvimiento de técnicas masivas de difusión social, que ha contribuido poderosamente a enaltecer la sociedad de consumo.

La subversión de la soberanía del consumidor se da mediante dos elementos que se centran en la dinámica de acumulación que permite el desenvolvimiento regular del sistema. Esta requiere que haya compatibilidad entre las dos grandes presiones de interés: la que ejerce la fuerza de trabajo mediante la elevación de sus remuneraciones ante alzas en los precios. Para que esta dinámica funcione debe darse un crecimiento continuo del excedente, gracias a aumentos sucesivos de productividad.

Cuando la doble presión tiende a sobrepasar los aumentos de productividad, termina por satisfacerse a costa del crecimiento del excedente. El crecimiento del excedente es condición esencial de la dinámica del sistema a fin de acrecentar continuamente la acumulación y el consumo de los estratos superiores. Pero si no existe compatibilidad entre las presiones, el sector productivo reacciona mediante el alza de precios para restablecer el crecimiento del excedente (Prebisch, 1980).

El alza de precios corresponde a que el crecimiento en la productividad no compensó las exigencias del aumento en las remuneraciones (Ibarra,2016). Esto motiva a la demanda de una nueva técnica que pueda traer mayor productividad, pero que va a seguir estando sustentada en combustibles baratos que en el caso de México son los de mayor impacto ambiental. También requerirá de una cantidad

mayor de otras materias primas para tener la productividad requerida. Con esto se incentiva una producción cada vez más extractiva, que no respeta los ciclos naturales de renovación de los ecosistemas.

Existe también un alza de precios que se basa en los aumentos de costos y precios de los bienes y servicios provocado por el encarecimiento de la energía y las medidas defensivas relativas al medio ambiente que se cargan sobre el excedente -dado el poder de la fuerza de trabajo-. El resultado en ambos aumentos de precios llega a ser la espiral inflacionaria.

En México, la política fiscal está fuertemente centrada en mantener al mínimo la inflación (Calderón, 2015). En los últimos 30 años el poder adquisitivo real se ha perdido en un 80%, (Gaceta UNAM, 2018) esto es un indicador de que se mantiene la inflación en niveles bajos privilegiando la acumulación -junto con su ciclo nocivo- de quienes tienen la mejor técnica, y en detrimento de las medidas defensivas relativas al medio ambiente. Es decir, se mantiene una inflación baja a costa del abaratamiento de los costos de la mano de obra (salarios reales) y costos ambientales (inversión en medidas defensivas ambientales y de conservación; a través del abaratamiento en los métodos de extracción y procesamiento de materias primas). Con esto se garantiza la conservación de cierto nivel de la ganancia.

La contracción del poder adquisitivo real sumado a la acumulación creciente de recursos para quienes tienen la mejor técnica, mismos que recurren a la diversificación, son elementos que direccionan y condicionan la demanda en favor de los agentes productores de mayor tamaño y más diversificados. De este modo, todos los agentes no productores, que están sujetos a un salario, solo pueden pagar los bienes y servicios que les ofrece este esquema de producción. Y si a esto le sumamos el hecho de que introducir las medidas defensivas relativas al medio ambiente es un factor del alza de precios, se puede concluir que los llamados productos *eco-friendly*, sustentables o que en su producción contienen responsabilidad ambiental, son inasequibles para la mayoría de los trabajadores, ya

que para satisfacer tanto sus necesidades básicas como sus necesidades comerciales, se ha impuesto cierto salario que les permite satisfacer ambas necesidades pero solo con productos que tienen un alto costo ambiental.

### **Aprovechamiento de recursos**

La generación de residuos sólidos urbanos (RSU) está directamente ligado a la cantidad de bienes y servicios consumidos, en general, el ritmo del consumo y del producto interno bruto (PIB) se desarrollan siguiendo la misma tendencia: mientras más se gasta, mayor es la generación de desechos.

De la cantidad de RSU que se generen y del manejo que se le dé depende la calidad del medio ambiente, debido a que desprenden agentes físicos, químicos y biológicos, que provocan desequilibrios en los hábitats de los ecosistemas naturales, contaminan las aguas superficiales y los acuíferos por la infiltración de los lixiviados, emiten gases de efecto invernadero (GEI) y, en casos más graves, acentúan la problemática por la presencia de materiales tóxicos (SEMARNAT, 2018).

**Cuadro 4.1 Generación per capita de residuos sólidos urbanos (kg/hab/día)**

<b>Año</b>	<b>Cantidad</b>
2006	0.91
2007	0.92
2008	0.93
2009	0.93
2010	0.96
2011	0.97
2012	0.99

Fuente: Elaboración propia con datos de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2018

Como se observa en el cuadro 4.12, la generación per capita de residuos sólidos urbanos ha tenido una tendencia creciente, con un incremento del 8.7% de RSU

desde el año 2006 hasta el 2012. Este incremento se considera un retroceso hacia el desarrollo sustentable, ya que se considera que aumenta la presión sobre las fuentes de suministro de recursos naturales necesarios para la producción, así como en una mayor necesidad de recursos humanos y económicos para su gestión, y también de los sitios para su disposición final. También puede aumentar el riesgo de impactos adversos a la salud humana y a los ecosistemas (SEMARNAT, 2018)

Con esta recopilación de información, es posible concluir que los actuales patrones del sector productivo y del sector del consumo son los principales elementos que determinan el nivel de destrucción de los ecosistemas y por lo tanto de la biodiversidad, así como de la contaminación vertida en el ambiente. Esto se da porque prevalecen actividades extractivas, de transformación y circulación que no respetan los ciclos naturales, también llamados ciclos de renovación natural.

El sector productivo genera contaminación que se vierte directamente en la biosfera, y contaminación indirecta. La contaminación directa se fundamenta en la técnica del sector productivo basada en su consumo de HC que ha sido en promedio durante el periodo de estudio del 86.13%, que a su vez es incentivada por la alta producción nacional de hidrocarburos, que tuvo un promedio de 88.9% del total de producción de energía en México. En este orden ocupa el primer lugar la industria con el 47.2% del uso de HC en toda la economía; el sector transporte que es usado para la circulación de una creciente cantidad de mercancías ocupa el primer lugar en el consumo de HC con 47% en promedio.

El sector transporte es la base de la generación de la contaminación indirecta, a causa de que la creciente productividad requiere su uso de forma más intensa. Si bien el transporte para la circulación de mercancías no ocupa ni el 0.5% de vehículos de motor registrados, y no consume la mayor cantidad de HC -consume el 0.1% de HC respecto a toda la economía-, comparativamente con el uso particular de autotransporte, sí genera contaminación en mayor medida.

En cuanto a las actividades de transformación, el principal indicador es el del uso óptimo de los recursos, los resultados que arroja el cálculo de la productividad de la

extracción de materiales muestra que se ha eficientizado el uso de la biomasa, así como de los combustibles fósiles, por el contrario, en la categoría de los minerales, metálicos y materiales de construcción la productividad es negativa.

Los vicios del sistema productivo son sustentados por el condicionamiento de los individuos a mantener conductas de consumo de bienes y servicios que no tiene responsabilidad ambiental (ni social en su producción), y en cantidades crecientes que provocan que se ejerza una gran presión sobre los servicios ambientales.

Dentro de la contaminación indirecta que genera el consumo, está el consumo secundario basado en incentivos psicológicos a través de la creación de sensación de inseguridad material por bienes y servicios que no satisfacen necesidades básicas. Este tipo de necesidades surgen en las ciudades y se extienden hacia la periferia del consumo, para generalizar el consumo comercial. En las ciudades ocupa en promedio el 77% del PIB per capita. En los últimos años del cálculo el consumo de recursos naturales para satisfacer este tipo de consumo ha tendido a aumentar. En la periferia del consumo, este concepto es del 86.2%.

Por parte del mecanismo de precios y salarios existe un condicionamiento en el poder adquisitivo, que vuelve difícil adquirir productos que contienen en sí mismos costos dedicados a medidas defensivas ambientales.

Finalmente, la generación de RSU creciente demuestra un aprovechamiento negativo de los recursos tanto por el sector productivo como por los hogares, así como una presión creciente a las reservas naturales.

## Conclusiones Generales

La creciente tendencia de la devastación de los ecosistemas, y por lo tanto, de la biodiversidad en México es originado, en gran medida, por los cambios en el proceso socioeconómico relacionado principalmente con los cambios en los patrones de producción y consumo.

La evaluación de los ecosistemas, es decir, el monitoreo del estado de los ecosistemas, cobró importancia a partir del reconocimiento de la influencia directa de éstos sobre diversas esferas de las actividades humanas, especialmente de la económica, lo cual se hace patente al ser una preocupación que surge históricamente, por parte de economistas y ecólogos quienes reconocen como indispensable el hecho de incorporar la base material de la actividad económica y aceptar el hecho de que los seres humanos son también una especie animal que depende del estado de la biosfera.

Desde entonces se han organizado encuentros y se han realizado acuerdos internacionales, con el fin de encontrar la forma de trabajar en conjunto para lograr una síntesis armoniosa de los procesos naturales y los procesos humanos. Los acuerdos se han sustentado en visiones de sustentabilidad del Informe Brundtland, que es un enfoque que sólo se centra en la satisfacción de necesidades humanas - presentes y futuras-, que si bien es indispensable garantizar la satisfacción de las necesidades básicas, hay necesidades que no son estrictamente fundamentales para el desarrollo individual, tal como muchas necesidades comerciales. Este enfoque tiene un elemento importante, que es el factor transgeneracional, pero también contiene el riesgo de ser maleable ante los intereses de la esfera productiva, incluso de sustentar prácticas de la producción por la producción misma, beneficiándola con una característica sustentable que no posee.

El desarrollo histórico de los acuerdos se ha fundamentado en revalidar los acuerdos previos como una constante, a causa de que los compromisos no se han

cumplido de forma óptima. La historia reciente demuestra con hechos este desarrollo cuando tomamos a la Evaluación de los objetivos del milenio (1998-2005), una de las evaluaciones sobre el estado de los ecosistemas más completa, donde analiza los cambios en los ecosistemas y sus consecuencias para el bienestar humano y las opciones para responder a los cambios. Incluye un enfoque más rico en su análisis que el generalmente aceptado sobre sustentabilidad, que comulgan con las características que expuse en el Capítulo 1 sobre un enfoque más incluyente de este concepto. Las conclusiones de esta evaluación incluyen proyecciones negativas sobre la presión de las actividades globales sobre los ecosistemas y sobre la pérdida de los servicios derivados de los ecosistemas, es decir, que desde la Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio humano (1972) la tendencia de la destrucción de los ecosistemas y por lo tanto de la biosfera, no ha cambiado, es decir, seguimos teniendo los mismos problemas a distinta escala. Si a esto le agregamos que en Río+20 se reivindicaron los compromisos del documento antes mencionado, también se acordaron nuevos términos, que son a causa de nuevos retos en cuanto a resiliencia, a causa de los crecientes daños en la biosfera.

En este punto es posible reconocer que las acciones de la humanidad en los temas relacionados con la conservación del bienestar de la biosfera no han sido suficientes, dados los efectos negativos que podemos identificar en la actualidad, que están consolidados en el siguiente cuadro:

Cuadro 5 . Factores directos de degradación ambiental				
Tipo de Factor de degradación	Evidencia	Tipo de cambio	Cambio Ttl	
Factores Directos	Cambios en la cobertura y uso del suelo	Transformacion del suelo	-36%	
		Degradación de cobertura vegetal	-86%	
	Especies Invasoras	Especies identificadas	147%	
	Sobreexplotación		Extracción de biomasa	9.26%
			Extracción de combustibles	-15.68%
			Extracción de minerales	52.27%
			Sobreexplotación en pesca	39%
			Sobreexplotación forestal	-3%
			Sobreexplotación en agricultura (superficie)	0%
			Sobreexplotación en ganadería (superficie)	-1%
	Contaminación		Contaminación del aire	Tendencia historica a exceder la norma: PM10,O3,CO,NO2
			Daño en la capa de ozono	8%
			Agua residual tratada	105%
			Superficie degradada	11%
	Cambio climático		Gases y compuesto de Efecto Invernadero	18% - 317%

Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT, INEGI, SENER, PAOT, UNIBIO, CONABIO, CESOP, GREENPEACE, FUNDAR.

Es un hecho que la existencia humana tiene una destrucción ambiental indisociable, pero contamos con sistemas naturales capaces de renovarse, que bien podrían permitirnos vivir con el menor daño ambiental si nuestras actividades respetaran sus ciclos. A diferencia de ello, las actividades económicas en México, han rebasado en su mayoría la biocapacidad. Los impactos de las evidencias de cambio en la cobertura y uso del suelo y sobreexplotación están correlacionadas, ya que las modificaciones -y destrucción- en el uso de suelo se realizan para satisfacer demandas de las actividades económicas humanas sustentadas en servicios ambientales de provisión, es decir son actividades dedicadas a la extracción tal como ganadería, agricultura, pesca, donde las áreas naturales que resultan más productivas son las que tienen una explotación comparativamente más destructiva, donde se genera una sobreexplotación en la extracción de biomasa en un 9.26 %, en la extracción de minerales en un 52.27%, en el sector pesquero se ha rebasado la biocapacidad en un 39%

En este mismo sentido, la extracción de combustibles fósiles y de minerales, tienen una tendencia negativa (- 15.687 %) y positiva (52.2 %) respectivamente, sin embargo, la obtención de estos materiales así sea menor, trae consigo procesos que devastan casi en su totalidad a los ecosistemas en los que se introducen, si a eso se le suma el hecho de que son recursos no renovables, su uso debería de optimizarse, ya que su obtención se da a muy altos costos ambientales y sociales, ya que mucha gente que dependía de éstos ecosistemas es desplazada.

Como alternativa a estas tendencias existen actividades económicas sustentadas en los servicios ambientales de provisión, que tienen un alto potencial, es decir, que mediante su explotación, podrían liberar de la excesiva presión humana a los ecosistemas sobreexplotados en los cuales se dan ciertas actividades populares; ya sea a través de la producción de bienes sustitutos o de productos diferentes que permitan a diversos productores cambiar de actividades.

Otro factor que daña la capacidad de mantenimiento de la dinámica de los ecosistemas mexicanos, es la constante destrucción y transformación en la cobertura y uso de suelo, que si bien ha disminuido en 86 % y en 36 % respectivamente en los últimos años, esto no significa que se haya reparado el daño previo, lo preocupante en este sentido es que no es posible saber si se ha desacelerado el daño a causa de políticas o a causa de que ya existen pocas áreas susceptibles a ser explotadas. O en caso de que se hayan transformado en vegetación secundaria -que es lo que se hace en su mayoría-, tampoco es posible saber si los ecosistemas responderán de forma positiva, es decir, si estos cambios les permitirán encontrar un nuevo equilibrio donde puedan desarrollar los procesos propios de su dinámica. Para encontrar la razón de fondo en los cambios de uso de suelo que han continuado la tendencia negativa, se han suavizado en los últimos años, es necesario contar con indicadores más precisos y actualizados, con metodologías armonizadas que permitan hacer un análisis histórico.

Otro factor directo que tiene un impacto negativo directo sobre el equilibrio de los ecosistemas es la introducción de especies exóticas a ecosistemas que no le corresponden, causando depredación de otras especies, se estima que en México, el número de especies invasoras han incrementado en 147% durante el periodo de estudio. Su presencia es responsabilidad de actividades económicas humanas y su tendencia y reconocimiento ha crecido a casi el triple durante el periodo de estudio, lo que ha provocado graves impactos en los ecosistemas mexicanos de mayor cobertura y mayor productividad, ya que sus condiciones les permiten una mayor adaptabilidad.

La contaminación que se vierte al ambiente a través del aire ha seguido una tendencia creciente donde los contaminantes que generan más concentraciones que ponen en peligro la vida de distintas especies casi la mitad o un cuarto de año, son PM10 y ozono, mientras los demás contaminantes mantuvieron una tendencia constante. En esta misma vía los GEI tienen una tendencia creciente de 1.25% en el periodo de estudio, y se proyecta que crezcan al doble para el 2020. Comparativamente con la década anterior de 1990-2003, las emisiones que se han intensificado son las de CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, emisiones de gases y carbono negro, que en conjunto tienen un impacto mayor que el resto de las emisiones.

En la vía acuática, los indicadores a nivel nacional presentan una calidad de buena a excelente del estado de este ecosistema y a la vez recurso; y durante el periodo de estudio el porcentaje de agua residual tratada ha crecido a más del doble, pero en contraparte, la provisión de agua ha disminuido en un 10.33%.

En la vía terrestre, la pérdida de la fertilidad representa casi la mitad de la superficie de territorio nacional, en su mayoría por degradación química. En 2015 el 36.18% es considerado como suelo moderadamente erosionado.

Las actividades económicas generadoras de los impactos negativos previamente expuestos, generan y se alimentan de patrones de consumo nocivos, es decir

consumismo. Los patrones productivos y de consumo están resguardados bajo un elemento determinante del nivel de daño ambiental, esto es el sistema de producción capitalista en el que vivimos, que tiene como característica distintiva un aumento incesante de la productividad (Prebisch,1980), fundamentado en el uso de una técnica basada en HC. Este proceso es causante de la generación directa de daño ambiental a través de dos vías: las emisiones del proceso de transformación y la circulación de las mercancías. El importante papel como productor de HC de México es un incentivo para seguir basando la producción en esta técnica, donde a pesar de que en el periodo de estudio disminuyó la producción total de HC disminuyó en 3.44%, sigue ocupando un lugar dominante en la producción de energía primaria con 86.79% (2016). Lo que a su vez trae un alto consumo de HC, con un total de 85.9% (2016) del total de consumo de energía. Existe un abaratamiento en los costos de la extracción de los combustibles fósiles, lo cual es un incentivo a la continuación de la técnica basada en HC y por lo tanto del daño ambiental; esto se hace patente con el crecimiento de la tasa media de productividad a un ritmo de 4.04 % anual (2006-2014), mientras que su tasa de extracción ha tenido una tendencia decreciente, cada año en promedio disminuye 1.67%, lo que puede deberse a la naturaleza no renovable del bien y de difícil acceso, no a un cambio en la técnica.

La otra parte de la generación directa de emisiones del sector productivo es a través del proceso de circulación de las mercancías. El sector transporte ocupa en promedio 47% del consumo de HC. El transporte de mercancías es tan solo el 0.38% del total de vehículos de motor transporte terrestre, pero dada la antigüedad de los vehículos de carga que se usan para la circulación, que en promedio va de los 22 a los 30 años, sus sistemas de funcionamiento llegan a producir hasta 100 veces más contaminación que cualquier vehículo reciente de este tipo; y dada la intensidad de su uso llegan a producir de 300 a 1000 veces más emisiones que cualquier automóvil. De acuerdo con el inventario de emisiones en los principales corredores de transporte carretero en México (2014), el transporte de mercancías es el responsable de más de la mitad de la generación de contaminantes. Y

tomando en cuenta la mayor productividad de la industria y su expansión, se requerirá intensificar el uso del transporte.

De forma indirecta, el sector productivo genera impacto ambiental negativo a través de la creación y generalización de patrones de consumo altamente nocivos para la biosfera, con el objetivo de lograr una circulación exitosa a través de la enajenación de sus mercancías, mediante distintos mecanismos (Álvarez Prada, 2000). El consumo secundario es generado por la creación de necesidades ficticias como incentivo. Se destina alrededor del 78% -en el centro de consumo- del consumo a estas necesidades, y su consumo está en función directamente proporcional con el ingreso e inversamente proporcional con el valor de la canasta básica, lo que significa que si disminuye el precio de esta última es posible acceder a un mayor consumo secundario. En este sentido, la productividad de los recursos naturales para satisfacer al consumo secundario no muestra una tendencia clara, pero el resultado del último año es mayor a la que existía al inicio del año de estudio en un 25%, pero esto no significa que el consumo secundario es más sustentable que en el pasado, ya que aceptando el supuesto de la predisposición de la naturaleza humana tiende a desear ubicar a los individuos en las curvas de indiferencia más alejadas del origen (Varían, 2010), significa que el consumo se verá impulsado a permanecer en el que nos genere niveles de vida que superan en la mayor medida lo fundamental, es decir, a generar una demanda comercial creciente. Esto se traduce en una mayor demanda de materiales, sobre todo de sintéticos por la tendencia a sustituir materiales naturales por sintéticos, específicamente por los derivados del petróleo dado su menor costo relativo (Prebisch, 1980)- para abastecer esta demanda comercial. La tendencia mencionada por Prebisch, de sustituir lo natural por lo artificial, en cuanto a la composición de los materiales de nuestros bienes y servicios, se da a través de la extracción de materiales no renovables, lo que implica mayores daños a los ecosistemas. Y si a esto le sumamos la propagación del consumo secundario hacia la periferia del consumo, tendremos un efecto negativo aún mayor.

El indicador de la Evolución del uso de materiales muestra cómo ha incrementado el consumo en general, con un crecimiento del 9.73% durante el periodo de estudio, mientras la productividad de estos materiales ha disminuido en 0.26%, lo que significa que se consume per capita, en una mayor proporción, con una mayor presión a los ecosistemas de los que se extraen los materiales.

Otro mecanismo que sustenta un sistema que no asume su impacto ambiental, es el de los precios y salarios, que se da a través de las incompatibilidades entre las presiones inversas de estos dos elementos, en la búsqueda por conservar un excedente que permita seguir con las prácticas antiecológicas. De aquí se desprende el alza de precios como medida de contención ambiental para las prácticas ecológicas en dos sentidos: El primer alza de precios corresponde a un crecimiento en la productividad que no compensó las exigencias del aumento de las remuneraciones, lo que implicará la búsqueda de una técnica más productiva (mayor consumo de materia prima en un menor tiempo) y barata (consumo de HC). El otro alza de precios es a causa de los aumentos de costos y precios a causa del encarecimiento de energía (quizá un cambio a energía menos contaminante) y la integración de medidas defensivas relativas al medio ambiente, lo que se traduce en una espiral inflacionaria; si tomamos en cuenta que en México tiene una política antiinflacionaria y que se ha perdido el poder adquisitivo en un 80%, es decir, se mantienen los márgenes a costa de un menor salario real, significa que para satisfacer la misma cantidad de necesidades se está optando por productos que no contengan medidas ambientales defensivas en su precio.

Todo impacto ambiental, que implica costos ecológicos a largo plazo, muchos de los cuales son costos hundidos, ya que los servicios de los ecosistemas raras veces se reflejan en los precios de los recursos, lo que no genera un incentivo a hacerse responsable de los impactos. La falta de consideración del valor de los recursos en el largo plazo continúa teniendo consecuencias visibles en los últimos años tanto para la conservación de la dinámica propia de los ecosistemas, así como para el

mantenimiento de los servicios ambientales para conservar la dinámica de las actividades humanas.

Las evidencias enunciadas anteriormente, demuestran que los patrones de producción y de consumo son los que incentivan a la devastación de los ecosistemas con una mayor fuerza, y que en el transcurso de la historia de la economía ecológica las preocupaciones y las problemáticas siguen siendo las mismas solo que a diferente escala, y se adicionan con otros elementos recientes que potencian los efectos negativos de los efectos previos que no se atendieron.

Mientras que las medidas que pueden cambiar la tendencia negativa de los patrones de producción y consumo hacia el medio ambiente, han sido débiles en éstos sectores, ya que se encuentran respaldadas por un círculo vicioso difícil de romper -donde la esfera productiva genera y se alimenta de patrones de consumo nocivos-, que a la vez se sustenta en un sistema de producción capitalista, del cual existe la idea, que sus prácticas son inherentes a la naturaleza humana pero si tomamos en cuenta que "...la definición de la naturaleza humana es también un instrumento de dominación pues está condicionada al contexto histórico de quien la elabora" (debate de Chomsky y Foucault, 1971), sería ya tiempo de cambiar la definición de lo que implica la naturaleza humana, dado que la actual devastación ambiental no nos permitirá volver a reflexionar este tema en un futuro, de acuerdo con lo propuesto en el principio de precaución expuesto en el Capítulo 1.

## Bibliografía

- Acevedo Gasman, F., E. Huerta Ocampo, S. Lorenzo Alonso y S. Ortiz García. *La bioseguridad en México y los organismos genéticamente modificados: cómo enfrentar un nuevo desafío*. En: Dirzo, R., R. González e I.J. March. *Capital Natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio*. Conabio. México. 2009. Disponible en: <https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/edoConservacion.html> . [Consultado 18-05-2018]
- Alarco Tosoni, Germán. 2004. La evolución del precio del petróleo crudo y la economía de México, 1975 – 2004. Disponible en [http://herzog.economia.unam.mx/cegadex/DOCS/german\\_alarco\\_tcomercio\\_exterior.pdf](http://herzog.economia.unam.mx/cegadex/DOCS/german_alarco_tcomercio_exterior.pdf) . [Consultado 27-10-2018]
- Álvarez Prada, Lara. (2000). *El consumismo destruye el planeta*. Disponible en: <https://biblioteca.ucm.es/revcul/e-learning-innova/92/art1423.pdf> [Consultado 21-04-2019]
- Álvarez-Romero, J. G., R. A. Medellín, A. Oliveras de Ita, H. Gómez de Silva y O. Sánchez. 2008. Animales exóticos en México: una amenaza para la biodiversidad. México, D.F: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Instituto de Ecología, UNAM, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 518 pp. Disponible en <https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/Invasoras/pdf/Oliverasdeltaetal2008.pdf> . [Consultado 27-12-2018]
- Anta Fonseca, S., J. Carabias et al. 2008. Consecuencias de las políticas públicas en el uso de los ecosistemas y la biodiversidad, en *Capital natural de México, vol. III: Políticas públicas y perspectivas de sustentabilidad*. Conabio, México, pp. 87-153  
Anuario 2016. Disponible en <http://fundar.org.mx/mexico/pdf/Anuario2016corr.pdf> [Consultado 03-09-2018]

- Baca Urbina, G. (2010). *Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión*. Disponible en: <https://leonelmartinez.files.wordpress.com/2015/01/1-gabriel-baca-urbina-evaluacion-de-proyectos-6ta-edicion-2010.pdf> [Consultado 09-11-2018]
- Baena, M.L., G. Halffter et al. 2008. Extinción de especies, en *Capital natural de México*, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México, pp. 263-282.  
baja participación de las energías renovables frente a los compromisos y obligaciones de cambio climático. En: Fundar Centro de Análisis e Investigación, A.C. *Las actividades extractivas en México: Estado actual*.
- Banco Mundial. 2011. "The Changing Wealth of Nations: Measuring Sustainable Development in the New Millennium" (La riqueza variable de las naciones: Medición del desarrollo sostenible en el nuevo milenio). Disponible en: <https://datos.bancomundial.org/indicador/ny.gdp.totl.rt.zs> . [Consultado 01-06-2018]
- Basilio Sánchez, G. 2018. *Las primeras cinco revoluciones industriales*. [http://www.cienciorama.unam.mx/a/pdf/585\\_cienciorama.pdf](http://www.cienciorama.unam.mx/a/pdf/585_cienciorama.pdf) . [Descargado 11-06-2018]
- Bookchin, M. 1978. *Por una sociedad ecológica*. Barcelona. Editorial Gustavo Gili.
- Carabias Y Landa. 2006. *Indicadores ambientales*. Disponible en [https://apps1.semarnat.gob.mx:445/dgeia/indicadores17/conjuntob/02\\_agua/02\\_introduccion.html](https://apps1.semarnat.gob.mx:445/dgeia/indicadores17/conjuntob/02_agua/02_introduccion.html) . [Consultado 05-07-2018].
- Challenger, A., R. Dirzo et al. 2009. Factores de cambio y estado de la biodiversidad, en *Capital natural de México*, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio, México, pp. 37-73. Disponible en: [https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol%20II/II01\\_Factores%20de%20cambio%20y%20estado%20de%20la%20biodiversidad.pdf](https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol%20II/II01_Factores%20de%20cambio%20y%20estado%20de%20la%20biodiversidad.pdf) . [Consultado 21-04-2019]
- Challenger, A., R. Dirzo, J.C. López, E. Mendoza, A. Lira-Noriega e I. Cruz. *Factores de cambio y estado de la biodiversidad*. En: Dirzo, R., R. González

e I.J. March. *Capital Natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio*. Conabio. México. 2009. Disponible en: <https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/edoConservacion.html> . [Consultado 18-05-2018]

- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). 2018. Daño y pérdida de la biodiversidad. Disponible en: <https://www.cepal.org/es/temas/biodiversidad/perdida-biodiversidad>. [Consultado 11-07-2018].
- Comisión Nacional del Agua. 2017. Estadística del Agua en México. Disponible en [http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM\\_2017.pdf](http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2017.pdf) . [Consultado 06-08-2018].
- Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad (CONABIO). 2018. ¿Qué es una ecorregión? Disponible en <http://www.biodiversidad.gob.mx/region/quees.html> . [Consultado 08-08-2018].
- Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad (CONABIO). 2016. *Biodiversidad Mexicana*. Base de datos en línea Disponible en <https://www.biodiversidad.gob.mx/planeta/hitosamb.html> . [Consultado 21-07-2019].
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2018. Especies endémicas. Disponible en <https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/endemicas/endemicas.html> . [Consultado 11-06-2018]
- Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras. 2010. Estrategia nacional sobre especies invasoras en México, prevención, control y erradicación. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. Disponible en [https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/Estrategia\\_Invasoras\\_Mex.pdf](https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/Estrategia_Invasoras_Mex.pdf) . [Consultado 21-04-2018]

- Common, M y Stagl, S. 2008. *Introducción a la Economía Ecológica*. Barcelona. Editorial Reverte.
- CONABIO. ¿Qué es la biosfera?. Disponible en: <https://www.biodiversidad.gob.mx/planeta/quees.html> [Consultado 21-04-2019]
- CONABIO. ¿Qué es un país Megadiverso?. Disponible en: <https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/quees.html>. [Consultado 21-04-2019].
- CONABIO. Informe de la situación del Medio Ambiente en México. 2015. En: CONABIO. Biodiversidad. Disponible en: [https://apps1.semarnat.gob.mx:445/dgeia/informe15/tema/pdf/Cap4\\_biodiversidad.pdf](https://apps1.semarnat.gob.mx:445/dgeia/informe15/tema/pdf/Cap4_biodiversidad.pdf) . Descargado 01-06-2019].
- CONABIO. Pérdida de hábitat. 2018. Disponible en: <https://www.biodiversidad.gob.mx/biodiversidad/perdidaH.html> . [Consultado 11-07-2018].
- Conde Álvarez, Ana; y López Blanco, J. 2016. Variabilidad y Cambio climático. Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en América Latina y el Caribe. Disponible en [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/215402/CGACC\\_2016\\_Variabilidad\\_y\\_Cambio\\_Climatico\\_Impactos\\_Vulnerabilidad\\_y\\_Adaptacion.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/215402/CGACC_2016_Variabilidad_y_Cambio_Climatico_Impactos_Vulnerabilidad_y_Adaptacion.pdf) . [Consultado 05-05-2018].
- Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible Río+20. 2018. *El Futuro que queremos*. Disponible en: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/764Future-We-Want-SPANISH-for-Web.pdf> [Consultado 21-04-2019].
- Conflict minerals. 2018. Disponible en: <http://conflictminerals.es/es/que-son-los-conflictminerals/> . [Consultado 21-09-2018]
- Consejo Nacional de Evaluación de Políticas Públicas (CONEVAL). Disponible en: <https://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Paginas/Lineas-de-bienestar-y-canasta-basica.aspx> [Descargado 01-06-2018]

- Convenio sobre la Diversidad Biológica. 1992. Disponible en: [https://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/images/cibiogem/documentos-interes/Conv\\_biod.pdf](https://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/images/cibiogem/documentos-interes/Conv_biod.pdf) . [Consultado 18-05-2018].
- Costanza, R., Cumberland, J, Daly, H., Goodland, R. y Norgaard, R., 1999. Una introducción a la Economía Ecológica. Compañía Editorial Continental S.A. México.
- Daron, Acemoglu y Robinson, J. 2012. ¿Por qué fracasan los países? Los orígenes del poder, la prosperidad y la riqueza. Ed. Critica. Barcelona, España.
- De la Fuente, A., Olivera, B., Arredondo, O., y Hayrikyan, T. 2017. El modelo energético mexicano: dependencia de los combustibles fósiles y
- DeFries, R. y Pagiola S. 2005. *Analytical Approaches for Assessing Ecosystems and Human Well-being*. En : Millenium Ecosystem Assesment. Current State & Trends Assessment. Disponible en: <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.271.aspx.pdf>. [Consultado 21-04-2019].
- Dirección General de la Escuela Nacional Preparatoria UNAM (DGENP). 2019. ¿Para qué sirven las ciencias sociales? Disponible en: <http://sociales.dgenp.unam.mx/> . [Consultado 01-06-2018].
- Ehrlich, Paul; John P. Holdren y Richard W Holm (1975). El hombre y la ecosfera. Editorial: Blume, Barcelona Madrid.
- Espinoza-Bretado, R.; Návar, J. (2005) *Producción de biomasa, diversidad y ecología de especies en un gradiente de productividad en el matorral espinoso tamaulipeco del Nordeste de México*. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, vol. 11, núm. 1, Universidad Autónoma Chapingo Chapingo, México. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/629/629111104.pdf>  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=629111104> [Consultado 09-11-2018]
- FAO. 2003. Estado de la Diversidad Biológica de los Árboles y Bosques en el Sur y Sureste de México. Disponible en

<http://www.fao.org/3/j0606s/j0606s00.htm#Contents> . [Consultado 25-05-2019]

- FAO. 2009. La agricultura y el desarrollo rural en México. Disponible en <http://www.fao.org/mexico/fao-en-mexico/mexico-en-una-mirada/es/> . [Consultado 13-06-2019]
- FUNDAR Centro de análisis e investigación. 2002. Minería, comunidades y medio ambiente
- García, K. México, cerca de bajar un sitio en ranking petrolero. El Financiero. 24 de abril de 2017. Disponible en: <https://www.eleconomista.com.mx/empresas/Mexico-cerca-de-bajar-un-sitio-en-ranking-petrolero-20170425-0128.html> . [Consultado 13-10-2018]
- Gobierno de la República. Datos abiertos de energía y medio ambiente. Disponible en: <https://datos.gob.mx/busca/dataset?theme=Energ%C3%ADa%20Y%20Medio%20Ambiente> . [Consultado 01-06-2018]
- González Martínez, A, Barrios Caballero y Silva de Jesús. . 2017. Análisis de riesgo para especies invasoras en México. Reporte CESOP. Número 103. Disponible en [www.diputados.gob.mx/cesop](http://www.diputados.gob.mx/cesop) . [Consultado 05-05-2018].
- Greenpeace. 2018. Fractura hidráulica para extraer gas natural (fracking). Disponible en [http://archivo-es.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/cambio\\_climatico/Fracking-GP\\_ESP.pdf](http://archivo-es.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/cambio_climatico/Fracking-GP_ESP.pdf) . [Consultado 27-12-2018] .
- Hernández, A.M. 2014. En el umbral de la extinción. En: CONABIO. Biodiversitas. Disponible en <https://www.biodiversidad.gob.mx/Biodiversitas/Articulos/biodiv113art1.pdf> . [Consultado 11-07-2018].
- Hirsch, Fred. 1984. Los límites sociales del crecimiento. Fondo de Cultura Económica. México. <http://gisviewer.semarnat.gob.mx/aplicaciones/Atlas2015/bosques.html> . [Consultado 27-12-2018]

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (2018). *Visión general del sector acuícola nacional*. México. Disponible en [http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso\\_mexico/es#tcN700C5](http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_mexico/es#tcN700C5) . [Consultado 05-07-2018].
- <https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=e60wBJBjCgC&oi=fnd&pg=PA7&dq=jim%C3%A9nez+Econom%C3%ADa+ecol%C3%B3gica&ots=Z5Dts03GO7&sig=qgfqsPb7yehVrZ8TktATbL-iWpg#v=onepage&q=jim%C3%A9nez%20Econom%C3%ADa%20ecol%C3%B3gica&f=false>
- Ibárcena Escudero, M y Scheelje Bravo J.M. El cambio climático principales causantes, consecuencias y compromisos de los países involucrados. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/ARTICLE/WFC/XII/0523-B2.HTM> . [Consultado 06-07-2018].
- ICCT (2018). *Hoja de datos sobre las normas de emisiones de vehículos de carga pesada (NOM-044)*. Disponible en: [https://www.cemda.org.mx/wp-content/uploads/2016/03/esp\\_044-benefits-factsheet\\_final\\_press-conference-1.pdf](https://www.cemda.org.mx/wp-content/uploads/2016/03/esp_044-benefits-factsheet_final_press-conference-1.pdf) [Consultado 20-10-2018]
- ICCT (2018). *Impacts and mitigation of excess diesel NOx emissions in 11 major vehicle markets*. Disponible en: <https://www.theicct.org/publications/impacts-and-mitigation-excess-diesel-nox-emissions-11-major-vehicle-markets> [Consultado 20-10-2018]
- INECC. 2005. Los vehículos automotores como fuente de emisión. En: INECC. Guía metodológica para la estimación de emisiones vehiculares. Disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/618/vehiculos.pdf> . [Consultado 16-05-2018].
- INEGI. 2018. Mapa de usos de suelo y vegetación. Disponible en <https://www.inegi.org.mx/temas/mapas/usosuelo/> . [Consultado 11-06-2018]
- Instituto Mexicano del Transporte (IMT) (2017). *Inventario de emisiones en los principales corredores de transporte carretero en México*. Disponible en:

<https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt400.pdf>

[Consultado 15-09-2018]

- Instituto Nacional de Ecología (INE). 1997. *Economía Ambiental: Lecciones de América Latina*. Ciudad de México: Ed. Coordinación de Participación Social y Publicaciones y de la Dirección de Economía Ambiental. Instituto Nacional de Ecología. [Descargado 01-06-2019].
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (INECC). 2007. Disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/421/cap3.html> . [Consultado 21-04-2018].
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI (2014). Mapeo de la evolución de los ecosistemas de México. Disponible en: <http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/?v=bGF0OjI0Ljg2ODExLGxvbjotMTAxLjUwM DAwLHo6MSxsOmMxMTFzZXJ2aWNpb3N8Y3VzdjY=> [Consultado 01-06-2018]
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI. 2015. Calidad del suelo. Disponible en <http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/aproposito/2015/suelo0.pdf>). [Consultado 05-05-2018].
- Investigaciones sobre el impacto de la inversión canadiense en México. Disponible en <http://www.fundar.org.mx/mexico/pdf/mineria.pdf> . [Consultado 12-08-2018]
- Jiménez Herrero, Luis M. *Desarrollo Sostenible y Economía Ecológica*. Integración medio ambiente-desarrollo y economía-ecología. Editorial Síntesis. <http://repositorio.cenpat-conicet.gob.ar:8081/xmlui/bitstream/handle/123456789/477/desarrolloSostenibleYecoEco.pdf?sequence=1>
- Legorreta, J. 1991. La grave contaminación atmosférica de la Ciudad de México. *Ciencias*. Número 22. Disponible en <https://www.revistaciencias.unam.mx/pt/170-revistas/revista-ciencias->

22/1539-la-grave-contaminaci%C3%B3n-atmosf%C3%A9rica-de-la-ciudad-de-m%C3%A9xico.html . [Consultado 05-07-2018].

- México. Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. 2018. Disponible en: [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148\\_050618.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148_050618.pdf) . [Consultado 21-04-2018]
- Muciño, F. 2016. CFE duplica uso de combustóleo para producir electricidad. 11 de mayo de 2016. Disponible en: <https://www.forbes.com.mx/cfe-duplica-uso-combustoleo-producir-electricidad/> . [Consultado 16-05-2018].
- Naciones Unidas (1987). *Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*. Disponible en: <https://undocs.org/es/A/42/427> [Consultado 21-04-2018]
- Ocegueda, S., E. Moreno y P. Koleff. 2005. Plantas utilizadas en la medicina tradicional y su identificación científica. CONABIO. *Biodiversitas* 62:12-15. Disponible en <https://www.biodiversidad.gob.mx/Biodiversitas/Articulos/biodiv62art3.pdf> . [Consultado 30-12-2018].
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2018. Visión general del sector acuícola en México. Disponible en [http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso\\_mexico/es](http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_mexico/es) . [Consultado 11-06-2018]
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2018. Visión general del sector acuícola nacional. Disponible en: [http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso\\_mexico/es](http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_mexico/es) . [Consultado 21-03-2019]
- Perales, H.R., y Aguirre, J.R. (2008). *Biodiversidad humanizada*, en CONABIO. *Capital natural de México, Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad.*, pp. 565-603. Disponible en: <https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/conocimientoActual.html> [Consultado 18-05-2018].

- Pérez, Isabel. 2014. *Proteger la capa de ozono es preservar nuestra vida*. Ciencia UNAM. Disponible en [http://ciencia.unam.mx/leer/385/Proteger\\_la\\_capa\\_de\\_ozono\\_es\\_preservar\\_nuestra\\_vida](http://ciencia.unam.mx/leer/385/Proteger_la_capa_de_ozono_es_preservar_nuestra_vida) [Consultado en mayo 20 de 2017]
- Piñero, D., et al. (2008a). *La variabilidad genética de las especies: aspectos conceptuales y sus aplicaciones y perspectivas en México*, en . *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. pp.415-435 Disponible en: <https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/conocimientoActual.html> . [Consultado 18-05-2018]
- Piñero, D., et al. (2008b). *La diversidad genética como instrumento para la conservación y el aprovechamiento de la biodiversidad: estudios en especies mexicanas*, en CONABIO. *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. pp. 437-494. Disponible en: <https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/conocimientoActual.html> . [Consultado 18-05-2018]
- Prebisch, Raul. 1980. *Biosfera y desarrollo*. Revista de la CEPAL. Volúmen 12. Pp 73-89. Disponible en [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/11910/268\\_es.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/11910/268_es.pdf?sequence=2&isAllowed=y) . [Consultado 19-04-2018] .
- Programa del Medio Ambiente de la Universidad Iberoamericana (2008) "Biopiratería ¿a quién pertenecen los recursos biológicos", Kiwanja, número 25, 1-3 pp. Disponible en: <https://ibero.mx/sites/all/themes/ibero/descargables/Kiwanja/25kiwanja.pdf> [Consultado 30-12-2018].
- Red List (2018). *Especies en peligro de extinción*. Disponible en: <https://www.iucnredlist.org/resources/summary-statistics#Summary%20Tables> [Descargado 01-06-2018]
- Red List. 2018. Summary Statistics. Disponible en: <https://www.iucnredlist.org/resources/summary-statistics#Summary%20Tables> [Consultado 03-06-2019]

- Riechmann, J. 1995. *Desarrollo sostenible: la lucha por la interpretación*. En: Trotta. *De la Economía a la Ecología*. España. Editorial Red de Bibliotecas Universitarias.
- Sacristán, M. (2009) *Pacifismo, ecologismo y política alternativa*. Barcelona: Icaria Editorial.
- SAGARPA. 2018. Acciones para la pesca sustentable en México. Disponible en <https://www.gob.mx/sagarpa/articulos/conoces-las-acciones-de-pesca-sustentable-en-mexico> . [Consultado 21-04-2019]
- Sánchez Colón, S., A. Flores Martínez, I.A. Cruz-Leyva y A. Velázquez. 2009. Estado y transformación de los ecosistemas terrestres por causas humanas, en *Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio*. Conabio, México, pp. 75-129. Disponible en [https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol%20II/II02\\_Estado%20y%20transformacion%20de%20los%20ecosistemas%20terrestres.pdf](https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol%20II/II02_Estado%20y%20transformacion%20de%20los%20ecosistemas%20terrestres.pdf) . [Consultado 21-04-2018]
- Sarukhán, J., et al. 2017. *Capital natural de México. Síntesis: evaluación del conocimiento y tendencias de cambio, perspectivas de sustentabilidad, capacidades humanas e institucionales*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. Disponible en: [https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/capitalNatMex\\_s2017.html](https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/capitalNatMex_s2017.html) . [Consultado 18-05-2018]
- Sarukhán, J., et al. 2017. *Capital natural de México. Síntesis: evaluación del conocimiento y tendencias de cambio, perspectivas de sustentabilidad, capacidades humanas e institucionales*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. Disponible en: [https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Apendice\\_sintesis\\_CNM\\_2017.pdf](https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Apendice_sintesis_CNM_2017.pdf) . [Consultado 01-06-2018]
- Secretaría de Economía. 2014. *Perfil del mercado del Carbón*. Disponible en [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/5564/pm\\_carbon\\_2014.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/5564/pm_carbon_2014.pdf) . [Consultado 21-09-2018]

- Secretaría de Energía (SENER) (2009). *Balance Nacional de Energía*. Disponible en: [http://www.cie.unam.mx/~rbb/Balance\\_Nacional\\_2009.pdf](http://www.cie.unam.mx/~rbb/Balance_Nacional_2009.pdf) [Descargado 09-11-2018]
- Secretaría de Energía (SENER) (2016). Balance Nacional de Energía. Disponible en: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/288692/Balance\\_Nacional\\_de\\_Energ\\_a\\_2016\\_\\_2\\_.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/288692/Balance_Nacional_de_Energ_a_2016__2_.pdf) [Consultado 09-11-2018]
- Secretaría de Energía (SENER) (2018). *Estadística del sector energético*. Disponible en: <http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&subAction=applyOptions> [Consultado 09-11-2018]
- Secretaría de Energía (SENER). 2015. Balance Nacional de Energía 2015. Disponible en: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/248570/Balance\\_Nacional\\_de\\_Energ\\_a\\_2015\\_\\_2\\_.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/248570/Balance_Nacional_de_Energ_a_2015__2_.pdf) . [Consultado 16-05-2018].
- Secretaría de Energía (SENER). 2016. Balance Nacional de Energía 2016. Disponible en: <https://docplayer.es/8885782-Balance-nacional-de-energia-2012.html> . [Consultado 16-05-2018].
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2011). Tasas de cambio de la vegetación. Disponible en: [https://apps1.semarnat.gob.mx:445/dgeia/informe\\_resumen14/02\\_ecosistemas/2\\_2.html](https://apps1.semarnat.gob.mx:445/dgeia/informe_resumen14/02_ecosistemas/2_2.html) . [Consultado 01-06-2018]
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Dirección General de Estadística e Información Ambiental (2010) con base en: Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Guía para la interpretación de cartografía de uso del suelo y vegetación: Escala 1:250000, Serie III, INEGI, México, 2009. [Descargado 27-12-2018]
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT. 2011. Atmósfera. Disponible en [https://apps1.semarnat.gob.mx:445/dgeia/informe\\_12/pdf/Cap5\\_atmosfera.pdf](https://apps1.semarnat.gob.mx:445/dgeia/informe_12/pdf/Cap5_atmosfera.pdf) . [Consultado 05-05-2018].

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT. 2018. *Carta de uso de suelo y vegetación*. Disponible en: [http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi\\_apps/WFServlet?IBIF\\_ex=D3\\_R\\_RFORESTA01\\_03&IBIC\\_user=dgeia\\_mce&IBIC\\_pass=dgeia\\_mce](http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_R_RFORESTA01_03&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce) [Consultado 27-12-2018]
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT. 2018. *Ecosistemas Terrestres: Tipos y subtipos de ecosistemas* [https://apps1.semarnat.gob.mx:445/dgeia/informe\\_12/pdf/Cap2\\_ecosistemas.pdf](https://apps1.semarnat.gob.mx:445/dgeia/informe_12/pdf/Cap2_ecosistemas.pdf) [Consultado 27-12-2018]
- Secretaría de Turismo, Datatur. 2018. Ranking Mundial del Turismo internacional. Disponible en: <http://www.datatur.sectur.gob.mx/SitePages/RankingOMT.aspx> . [Consultado 18-12-2018]
- SEMARNAT (2013). *Calidad del aire: una práctica de vida*. Disponible en: <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2013/CD001593.pdf> [Consultado 06-07-2018].
- SEMARNAT (2018). *Indicadores verdes*. Disponible en: [https://apps1.semarnat.gob.mx:445/dgeia/indicadores\\_verdes17/indicadores/00\\_intros/02\\_PAR.html](https://apps1.semarnat.gob.mx:445/dgeia/indicadores_verdes17/indicadores/00_intros/02_PAR.html) [Descargado 01-06-2018]
- SEMARNAT. 2016. Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2016. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/282951/2016.pdf>
- SEMARNAT. 2018. El medio ambiente en México 2014-2018. Disponible en: [https://apps1.semarnat.gob.mx:445/dgeia/informe\\_resumen14/02\\_ecosistemas/2\\_2.html](https://apps1.semarnat.gob.mx:445/dgeia/informe_resumen14/02_ecosistemas/2_2.html) . [Consultado 01-06-2018]
- SEMARNAT. Atlas digital geográfico. Disponible en:
- SEMARNAT. Indicadores de crecimiento verde. Disponible en: [https://apps1.semarnat.gob.mx:445/dgeia/indicadores\\_verdes17/indicadores/00\\_intros/02\\_PAR.html](https://apps1.semarnat.gob.mx:445/dgeia/indicadores_verdes17/indicadores/00_intros/02_PAR.html) [Descargado 01-06-2018]
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2018. *Estadística de la producción agrícola*. Disponible en:

<http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos.php> [Consultado 20-10-2018] .

- Sistema de Información Energética (SIE). 2018. Estadísticas Energéticas Nacionales. Disponible en: <http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&subAction=applyOptions> . [Consultado 16-05-2018].
- Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales (SNIARN). 2014. Inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos de fuentes fijas por origen de las emisiones, 2014. Disponible en [http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi\\_apps/WFServlet?IBIF\\_ex=D3\\_AIR E01\\_33&IBIC\\_user=dgeia\\_mce&IBIC\\_pass=dgeia\\_mce&NOMBREENTIDAD=\\*](http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_AIR E01_33&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce&NOMBREENTIDAD=*) . [Consultado 05-05-2018].
- Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales (SNIARN). 2014. Disponible en <https://apps1.semarnat.gob.mx:445/dgeia/clave17/clave05.html> . [Consultado 05-05-2018].
- Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales (SNIARN). 2018. Disponible en: [http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi\\_apps/WFServlet?IBIF\\_ex=D3\\_R\\_B IODIV05\\_01&IBIC\\_user=dgeia\\_mce&IBIC\\_pass=dgeia\\_mce](http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_R_B IODIV05_01&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce) . [Consultado 18-12-2018].
- Sistema Nacional para la Información Ambiental y de Recursos Naturales (SNIARN). Compendio de estadísticas ambientales. Disponible en [http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadisticas/compendio2010/10.100.13 .5\\_8080/ibi\\_apps/WFServlet18f5.html](http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadisticas/compendio2010/10.100.13 .5_8080/ibi_apps/WFServlet18f5.html) . [Consultado 11-11-2019].
- SNIAR. 2018. Superficie ganadera. Disponible en: [http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi\\_apps/WFServlet?IBIF\\_ex=D2\\_AG RIGAN04\\_02&IBIC\\_user=dgeia\\_mce&IBIC\\_pass=dgeia\\_mce&NOMBREENTIDAD=\\* &NOMBREANIO=\\*](http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D2_AG RIGAN04_02&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce&NOMBREENTIDAD=* &NOMBREANIO=*) . [Consultado 13-06-2019]
- SNIARN. 2017. Superficies de uso de suelo y vegetación, 2007, 2011, 2014. Disponible en

[http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi\\_apps/WFServlet?IBIF\\_ex=D3\\_SU ELO02\\_08&IBIC\\_user=dgeia\\_mce&IBIC\\_pass=dgeia\\_mce&NOMBREENTIDAD=\\* &NOMBREANIO=\\*](http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_SU ELO02_08&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce&NOMBREENTIDAD=* &NOMBREANIO=*). [Consultado 21-04-2018]

- Tamames, Ramón. 1995. ECOLOGIA Y DESARROLLO SOSTENIBLE: LA POLEMICA SOBRE LOS LIMITES DEL CRECIMIENTO. 6ª Edición. Editorial Alianza. Madrid, España.
- The international council on clean transportation (ICCT). 2008. Hoja de datos sobre las normas de emisiones de vehículos de carga pesada (NOM-044). Disponible en: [https://www.cemda.org.mx/wp-content/uploads/2016/03/esp\\_044-benefits-factsheet\\_final\\_press-conference-1.pdf](https://www.cemda.org.mx/wp-content/uploads/2016/03/esp_044-benefits-factsheet_final_press-conference-1.pdf) . [Consultado 16-05-2018].
- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). 2018. Monitoreo del estado de las invasiones biológicas de plantas en México. Disponible en: <http://www.unibio.unam.mx/invasoras/> . [Consultado 01-06-2018]
- Universidad Nacional Autónoma de México UNAM. *Pérdida acumulada del 80% del poder adquisitivo.* Disponible en: <http://www.gaceta.unam.mx/20180115/perdida-acumulada-de-80-del-poder-adquisitivo/> [Consultado 13-09-2018] .
- Universidad Rey Juan Carlos. Impactos de la minería en el medio natural. 2006. Disponible en <https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-15564/Impactos%20de%20la%20miner%C3%ADa%20-%20Javier%20Lillo.pdf> . [Consultado 21-09-2018]
- Varian, Hal R. 2010. Un enfoque actual Microeconomía intermedia. Editorial Antoni Bosch. 8ª edición.

