



Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Economía



Evaluación del subdesarrollo de México bajo los paradigmas
débil y fuerte de la sustentabilidad 1990-2014

TESIS

Que para obtener el título de:

Licenciado en Economía

Presenta:

Erick René Hernández Cervantes

Asesor de Tesis:

Dr. Alfredo Velarde Saracho

Ciudad Universitaria, Cd.Mx., enero de 2017.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Índice

| | |
|--|----------|
| Dedicatoria | 1 |
| Agradecimiento | 2 |
| Presentación | 3 |
| Introducción | 6 |
| A) Subdesarrollo e insostenibilidad | 7 |
| B) Crisis civilizatoria | 8 |
| C) Sustentabilidad y paradigma | 10 |
| D) Hipótesis | 11 |
| | |
| 1 Desarrollo sustentable y paradigmas económicos de sostenibilidad | |
| 1. 1 El desarrollo sustentable: inversión ideológica y fracaso de la conservación | 12 |
| 1. 1. 1 Límites al crecimiento económico en perspectiva histórica | 12 |
| 1. 1. 2 Límites al crecimiento según el informe del club de Roma | 13 |
| 1. 1. 2. 1 Acumulación de capital y subsunción real del consumo bajo el capital | 16 |
| 1. 1. 3 Del crecimiento a la pobreza como causa principal de la degradación ambiental. Lucha por la interpretación del desarrollo sustentable | 18 |
| 1. 1. 4 Consolidación del crecimiento como estrategia única. Realidad del crecimiento económico | 23 |
| 1. 2 Paradigmas en ciencias sociales: fortalezas y debilidades de la sustentabilidad débil y fuerte | 25 |
| 1. 2. 1 Sustentabilidad débil | 25 |
| 1. 2. 2 Sustentabilidad fuerte | 27 |
| 1. 2. 3 El debate entre los paradigmas de sostenibilidad débil y fuerte La perspectiva de una economía ecológica. La sustentabilidad en Marx. | 29 |
| 1. 3 Encuentros y desencuentros | 30 |
| 1. 4 Conclusiones del capítulo | 33 |
| | |
| 2 Cuantificación e indicadores: La relación cuantitativa entre la economía y la naturaleza | |
| 2. 1 La estrategia de economía / crecimiento verde y su relevancia para países emergentes | 36 |
| 2. 2 El conjunto de Indicadores del Crecimiento Verde | 38 |
| 2. 3 La relación entre el esquema PER presión-estado-respuesta y el sistema de indicadores | 43 |
| 2. 4 Conclusiones del capítulo | 50 |

| | |
|--|-----|
| 3 Sustentabilidad débil: Desacoplamiento vs Hipótesis del umbral | |
| 3. 1 El índice de bienestar económico sostenible en México 1993-2013 | 53 |
| 3. 1. 1 Fuentes de información | 54 |
| 3. 1. 1. 1 Variables económicas | 55 |
| 3. 1. 1. 2 Variables sociales | 56 |
| 3. 1. 1. 3 Variables ambientales | 58 |
| 3. 1. 2 Resultados generales y análisis | 59 |
| 3. 1. 2. 1 Comparación internacional | 65 |
| 3. 2 El Producto Interno Neto Ecológico y el Ahorro Genuino en México 2003-2013 | 66 |
| 3. 3 Conclusiones del capítulo | 72 |
| 4 Sustentabilidad fuerte. Metabolismo y permanencia / devastación del capital natural | |
| 4. 1 Erosión del capital natural, transformación humana | |
| 4. 1. 1 Impacto observado, transformación humana | 74 |
| Recuadro 1. Tipos de vegetación en México | 80 |
| 4. 1. 1. 1 Transformación humana en sitios prioritarios para conservación | 83 |
| 4. 2 El metabolismo material de la economía mexicana 1990-2014 | |
| 4. 2. 1 Breves del MFA (Material Flows Accounts) | 88 |
| 4. 2. 2 Flujo de materiales a nivel mundial | 90 |
| 4. 2. 3 El flujo de materiales en la economía nacional | 95 |
| 4. 2. 4 Balanza física: exportaciones e importaciones totales y per cápita | 101 |
| 4. 2. 5 Consumo doméstico de materiales: total y per cápita | 103 |
| 4. 3 Conclusiones del capítulo | 106 |
| Conclusiones generales del estudio | 109 |
| Anexos | |
| 1 Selección de indicadores del capítulo 2 | 115 |
| 2 Metodología para el cálculo de la contabilidad de flujo de materiales | 121 |
| 3 Metodología para calcular la huella ecológica por transformación humana | 131 |
| Bibliografía | 135 |

La doble crisis de abastecimiento y de contaminación ya manifiesta los límites implícitos en el crecimiento industrial. Pero la contradicción decisiva de esta expansión más allá de ciertos límites reside en un nivel más hondo, en lo político.

Iván Ilich, *Energía y equidad*, 1985.

Yo he escrito
en más de una ocasión
del lado de los vencidos
y no sin cierto énfasis

pero en realidad me hallo
del lado de los vencedores
desde hace mucho

en una posición subordinada
qué duda cabe
con algunas renunciaciones voluntarias
qué duda cabe
con reconcomios y escozores morales
qué duda cabe
pero del lado de los vencedores
qué duda cabe
desde hace
muchas generaciones

pero sin duda exagero: es cosa más reciente

con todas las proteínas necesarias
con toda esa ristra de derechos humanos
con sobreabundantes toneladas de equivalente de petróleo

yo
beneficiario del sol de la explotación
beneficiario de los yacimientos de la tortura
beneficiario de los tipos de interés de la muerte

me muero
de vergüenza.

Jorge Riechmann, *Autocrítica en El corte bajo la piel*, 1994.

Para Mía y Andrei

A los colectivos anarquistas que construyen el mañana, hoy

Agradecimiento

Se me hizo tristísimo que un trabajo de la calidad del que escribió José Manuel Naredo haya sido realizado en casi completo aislamiento, sin la camaradería necesariamente presente en las mejores obras. Muy a mi pesar apenas podré contar con los dedos de una mano los apoyos constantes que me alentaron para la conclusión de este trabajo que no es, ni con mucho, tan bueno como el de Naredo. César Rodríguez, Miguel Chipole, Ahmed Cruz, Héctor León, Germán Vargas y Pedro Burrola, cada uno contribuyó con la más honesta sinceridad y solidaridad a cristalizar las ideas que aquí se vierten. Soy muy obstinado y todos los errores que se encuentren son obra y culpa de la falta de creatividad del que suscribe.

Quiero dar especialmente las gracias a mi asesor Alfredo Velarde. Los sinodales Monika Meireles, Gonzalo Flores, Octavio Rosaslanda y Carlos López hicieron un esfuerzo destacable leyendo el borrador y haciendo observaciones sustanciales.

Presentación

Ya está de moda desafiar el consenso construido en torno a la economía neoclásica tanto en el terreno de las ideas como en el de la resolución de conflictos. Un modo de hacerlo consiste en relajar los supuestos o aplicar los modelos en campos hasta hace poco no contemplados por la ciencia normal¹. Los economistas que se ocupan de las cuestiones ambientales y de recursos naturales tratan de resolver los problemas con una simple homologación de conceptos y funciones, como si para resolver tal o cual desperfecto hiciese falta sólo un poco más de innovación, un poco menos de externalidades y un poco más de productividad. Esencialmente los modelos económicos ortodoxos no pueden contemplar adecuadamente el medio ambiente porque expulsaron de su haber la noción de necesidad, límites y escalas.

Los modelos macroeconómicos son una orientación para seleccionar la política económica más compatible con un crecimiento con pleno empleo y equilibrio del sector externo, no obstante, dicho nivel de producción puede y no corresponder necesariamente con el equilibrio ecológico y la capacidad de carga de los ecosistemas. De hecho, una vez sobrepasado el umbral de operatividad segura de la economía es prácticamente imposible que el nivel de actividad compatible con el pleno empleo pueda alcanzarse en una economía que no crece o incluso retrocede económicamente. A lo largo de la historia es un hecho comprobado el incremento de la productividad pero las presiones sobre el ambiente sólo disminuyen en una época de recesión económica. De modo que la economía se ve envuelta en un comportamiento progresivo, aumenta para mantener un patrón sano de funcionamiento, aumenta su productividad, aumenta absolutamente su factura ecológica; si no funciona de esta manera, entramos en recesión lo que no asegura una distribución equitativa de la riqueza ni una disminución de las presiones ambientales de forma permanente.

También está de moda que los ambientalistas y biólogos se sientan en forma como para opinar sobre temas sociales y lo hacen, particularmente, desde el ingenuo punto de vista del malthusianismo o cualquier otra deformación teleológica. Este tipo de personas pueden preocuparse por una planta extraña que crece en un lugar recóndito del planeta pero son incapaces de observar las injusticias que se cometen frente a sus ojos. Este tipo de individuos naturalizan el conflicto y le imponen las conocidas fórmulas de plaga-sobreexplotación-extinción. Pero ninguno de ellos por mejor informado que esté sobre migraciones de mariposas podrá revelar el misterio de la migración hacia los centros del mundo ni la existencia de fronteras y persecuciones en las migraciones humanas.

Richard Levins asegura que todo científico debe ser un activista, yo invierto la fórmula y considero que todo activista debe ser un científico. Debemos conocer las leyes económicas tanto como las leyes de la naturaleza para poder delimitar los problemas ecológicos de cada sociedad

¹ El campo de la ciencia normal se compone por el paradigma, las técnicas y herramientas que utiliza la comunidad de científicos para resolver un grupo de problemas. Cuando surge una masa crítica de problemas que no pueden ser resueltos desde esta ciencia normal comienzan a surgir nuevos modos de hacer fuera de la ciencia normal, aunque, también dentro de la ciencia normal se intenta solucionar los nuevos problemas, generalmente con menos eficiencia. (Kuhn, 1962)

particular, así como, el modo general de relación entre las sociedades y la naturaleza. Esto nos permitirá constituir un proyecto integral, justo y ecológico.

Mi interés por la ecología surge en un contexto semirural, aunque, con fuerte incremento de la urbanidad marginal. Habitando la zona oriental del Estado de México conocí el medio ambiente transformado de las parcelas de temporal y la ganadería itinerante en los agostaderos de las faldas de los cerros. Los caminos iban dejando atrás este medio ambiente y revelaban un paisaje de cañadas y bosques no utilizados, aunque tampoco conservados, en donde aún se podía apreciar la recolección de bienes comunes, especialmente de nopales, tunas y magueyes pulqueros, aunque también, hongos, insectos y leña. Indudablemente la combinación del cambio en la tenencia de la tierra y la dinámica urbana de la capital configuraron una explosión caótica y desordenada de los barrios de interés social en lo que antes era suelo de temporal, estos horribles complejos de casas pequeñas con bardas compartidas de concreto armado establecieron una presión considerable sobre la provisión de servicios públicos y ambientales. Como resultado tenemos un pésimo servicio de agua, virtual nulidad del tratamiento de residuales, caos de movilidad, incremento de la violencia, pérdida de la diversidad cultural, pérdida de la experticia agrícola, incremento del poder factual de gremios y organizaciones criminales más o menos fuera de la ley (transportistas, policías y grupos corporativos varios), perversión de la democracia, deslave de cerros, cambio de uso de suelo, expansión de la frontera agrícola, fauna nociva.

La mayor parte de los fines de semana me encantaba pasear entre las parcelas y llegar por medio del cerro hasta el siguiente poblado, casi se podría decir que pertenecía a la orden de los deambuladores cuyo mejor representante fue Henry David Thoreau. Estos paseos al aire libre, la recolección de bienes comunes, el cambio y el conflicto delinearon mi posterior incursión en el campo de la economía.

En la Facultad de Economía de la UNAM participé en las reuniones del grupo de estudiantes de economía ecológica donde organizamos seminarios y entrevistas contando con la participación de Joan Martínez Alier, Víctor Toledo y Enrique Leff, por mencionar algunos. Posteriormente, realicé mi servicio social en SEMARNAT y actualmente me desempeño como experto en misión para PNUD en el tema de análisis ambiental.

El trabajo de investigación que estoy a punto de presentar sintetiza mucha de mi experiencia y vivencia dentro del campo de la ecología política aunque se le haya encausado a través de la estadística y los indicadores del desarrollo sustentable.

El comentario que más se ajusta a mi modo de entender el asunto es el de Ivan Illich en *la sociedad desescolarizada*:

“Creo que un futuro deseable depende, en primer lugar, de nuestra voluntad de elegir una vida de acción en vez de una vida de consumo, de que engendremos un estilo de vida que nos permita ser espontáneos, independientes y, sin embargo, relacionarnos uno con otro, en vez de mantener un estilo de vida que sólo nos permite hacer y deshacer, producir y consumir –un estilo de vida que es sólo una estación en el camino hacia el agotamiento y la contaminación del entorno. El futuro depende más de nuestra elección de instituciones que mantengan una vida de acción y menos de

que desarrollemos nuevas ideologías y tecnologías. Necesitamos un conjunto de pautas que nos permitan reconocer aquellas instituciones que apoyan el desarrollo personal en vez del envenenamiento, como también la voluntad de dedicar nuestros recursos tecnológicos preferentemente a dichas instituciones de desarrollo”

Introducción

La palabra sustentabilidad se ha rastreado en un libro de silvicultura del año 1712. No obstante, dos de cada tres referencias al concepto llevan al informe de Brundtland de 1987. La deconstrucción de este concepto la haremos en el capítulo primero.

La disciplina económica ha tratado de aterrizar y operar el concepto de sustentabilidad a partir de ciertos axiomas. La característica del axioma como verdad evidente por sí misma ha dado pie a un acalorado debate sobre lo que significa la sustentabilidad para el gremio de los economistas. Las posturas han cristalizado en dos bien definidos paradigmas: la sustentabilidad débil y la fuerte. La discusión de las fortalezas y debilidades de este paradigma serán discutidos en el capítulo primero donde también observaremos la posibilidad de un vía alternativa con la economía ecológica como ciencia postnormal.

El paradigma de la sustentabilidad débil nace en el seno de los trabajos de economía neoclásica, especialmente la sección que revisa el crecimiento económico. La pregunta que intenta responder este campo de estudio es de qué manera influyen los recursos agotables y los renovables en el volumen y el nivel de la actividad económica. La conclusión fundamental de estos ejercicios es que la restricción fundamental en cuanto a activos económicos se refiere exclusivamente al capital manufacturado, el cual, funge como un sustituto perfecto del capital natural, de modo que, según este paradigma, el agotamiento y la degradación de recursos naturales son eventos y no catástrofes.

El paradigma de la sustentabilidad débil no desatiende por completo el estudio de la gestión de los recursos naturales o de las externalidades. Trata, por ejemplo, de informar sobre los patrones de agotamiento óptimos para maximizar el beneficio de ésta y las generaciones futuras; también, trata de valorar el monto de las externalidades ambientales para reintroducirlos en el sistema de precios ya sea a través de esquemas impositivos o acuerdos comerciales entre privados. Empero, a pesar de algunos desarrollos y aportes útiles, el paradigma de la sustentabilidad débil no recoge las nociones básicas de las ciencias naturales, lo cual, limita seriamente su campo de aplicación y relevancia.

Por su parte, el paradigma de la sustentabilidad fuerte, partiendo de una definición de la naturaleza como capital, esto es, como un stock capaz de brindar ingresos en el futuro, critica el grado de sustitución entre los recursos y trata de conservar las secciones del capital natural que sean fundamentales para el bienestar humano. Reconoce los distintos lenguajes y prioridades sociales de valoración evitando concentrarse únicamente en los análisis de costo-beneficio monetarios. Por este motivo, el paradigma de la sustentabilidad fuerte hace uso extensivo e intensivo de una diversidad de conocimientos e informaciones provenientes de las ciencias sociales y naturales, de comunidades y gobiernos, lo que abona en su aplicación y relevancia.

Considerando que ambos tipos de paradigma generan teorías, conceptos, interpretaciones y propuestas útiles para la solución de más de un problema relacionado con el desarrollo económico, en esta investigación nos proponemos utilizar ambos encuadres para evaluar el desempeño económico-ambiental de México en lo que va del siglo XXI. Mientras que la discusión sobre las herramientas cuantitativas se realiza en el capítulo segundo, los siguientes dos capítulos,

tercero y cuarto se dedican a la evaluación propiamente dicha, la cual, se hará merced a los principales indicadores derivados de cada perspectiva.

A) Subdesarrollo e Insostenibilidad

Se ha argumentado que la sustentabilidad de un sistema es un concepto tan difícil de medir que, frecuentemente, sólo se sabe el resultado después de que ha ocurrido un evento. Un sistema puede en repetidas ocasiones sobrepasar la capacidad de carga de su medio ambiente erosionando la base de capital natural que le provee de servicios ambientales fundamentales para el bienestar humano. Sin embargo, la reiteración de la insostenibilidad puede mover la senda de desarrollo económico hacia una de retroceso y colapso.

Cuando los rendimientos marginales que se obtienen de los recursos naturales comienzan a decrecer, se compromete la complejidad alcanzada por la sociedad. Una sociedad que ha mermado su base de recursos naturales sólo es capaz de sobrevivir mediante los suministros exteriores mientras dicha oferta sea continua, pero, su posición negociadora se ve sumamente debilitada y su diversidad de exportaciones se reduce considerablemente. Restaurar la complejidad perdida es una tarea ardua debido a que ya no se cuentan con las mismas reservas que al principio, no obstante, bajo este supuesto, se cuenta con la experiencia de un colapso superado. (Tainter, 1988) (Diamond, 2007) (Fernández & González, 2015).

Los problemas de sustentabilidad generalmente se ven agravados por las desigualdades sociales y económicas. En este sentido, algunos tipos de estructuras extractivas nacionales e internacionales se ven avocadas a concentrar la mayor parte de los ingresos y patrimonios al tiempo que limitan las oportunidades sociopolíticas a la mayoría de la población.

La economía mexicana refleja serios problemas de administración de recursos no renovables como el petróleo y los minerales, al mismo tiempo, algunos de los recursos renovables más importantes están siendo utilizados de forma irracional como el agua, los ecosistemas terrestres y las pesquerías. Todo esto en medio de una situación económica y social donde la pobreza no merma y las condiciones del trabajo son deplorables.

Determinar una situación económica insustentable e inequitativa es posible gracias a la observación y tratamiento de las estadísticas nacionales. Para hacerlo, la mejor manera es construir un sistema de indicadores y contrastarlo contra resultados deseables/viables. Este procedimiento genera una evaluación objetiva, una determinación de causas y consecuencias, así como un primer atisbo de posibles soluciones políticas.

Vale la pena no perder de vista que la amenaza a los bienes comunes globales es una situación que trasciende las medidas locales. Limitar el cambio climático a cuando más 2º C durante el siglo XXI requerirá esfuerzos enormes de corte internacional, no obstante, hoy ni el contexto ni el futuro inmediato hacen creíble una estrategia de este estilo, por lo que, cada vez se vuelven más importantes los ejercicios nacionales que sirvan como ejemplo para la transformación global.

Algunos investigadores expertos en derecho ambiental afirman que el problema de México es la escasa aplicación de la legislación ambiental que se encuentra entre las más modernas

(Lezama, 2010). Resulta extraño catalogar de este modo a una legislación que no incluye por principio los derechos de la naturaleza en el nivel constitucional, como es el caso de Ecuador. Creemos que además de una legislación de corte neoliberal enfocada en hacer negocios con la naturaleza tenemos un problema de orden económico particularmente importante ligado al subdesarrollo.

Andre Gunder Frank fue uno de los primeros teóricos latinoamericanos en detectar la dialéctica del desarrollo moderno a nivel del mercado mundial. En su seminal texto sobre *el desarrollo del subdesarrollo*, colocaba en el centro del debate la condicionante mutua que existía entre países atrasados y avanzados que había sido fruto de una historia larga de relaciones económicas asimétricas. Las economías del tercer mundo debían no solo sortear retos internos sino que se encontraban fuertemente condicionadas por las relaciones capitalistas en el mercado mundial.

De forma paralela, los teóricos de la dependencia trataron de ilustrar las leyes de condicionamiento del desarrollo elaborando unas interpretaciones heterodoxas del marxismo centradas en los conceptos de superexplotación, extracción de excedentes de las periferias y transferencia de plusvalor.

En el nivel discursivo el subdesarrollo también se constituyó como un elemento performativo que habríamos de atacar, los países atrasados tenían el deber de cumplir la meta de acceder al desarrollo a imagen y semejanza de los países industrializados y podrían hacerlo solo bajo ciertos programas y prescripciones políticas. Cuando se enjuiciaba una situación de carencia de una forma negativa se creaba la demanda de un desarrollo acriticamente asumido como positivo.

Cuando en esta tesis hablamos de evaluación de subdesarrollo estamos hablando fundamentalmente de la interacción entre el proceso de acumulación a escala global y los impactos ambientales observables a escala nacional.

B) Crisis civilizatoria

Las instituciones expertas en los temas de energía, agua, cambio climático y biodiversidad reconocen la existencia de una crisis ecológica de escala planetaria. El pico de los combustibles fósiles, la precariedad en disponibilidad de agua, los diversos efectos del incremento en la concentración de gases de efecto invernadero (eventos extremos, acidificación del océano, aumento del nivel del mar), la pérdida acelerada de la biodiversidad (algunas especies se describen en el momento de su extinción local o global), son todos serios predicamentos para la permanencia de cualquier civilización. Algunas otras crisis no se han reconocido con suficiencia, entre estas la contaminación por sustancias químicas sintéticas, y el desequilibrio en los ciclos biogeoquímicos del fósforo y el nitrógeno (véanse los informes anuales del Worldwatch Institute).

Murray Bookchin (1962) y Rachel Carson (1962) fueron los primeros autores en señalar la crisis de contaminación por sustancias químicas sintéticas, en la alimentación humana y en la biodiversidad, durante los sesentas del siglo pasado. Aunque algunas especies se extinguieron por un uso irracional en sociedades antiguas, no obstante, la influencia sobre la biodiversidad era

limitada y en muchos casos positiva (domesticación de plantas y animales, creación de variedades nuevas). Las tasas actuales de pérdida de especies sobrepasan en varios órdenes de magnitud lo que puede considerarse normal (los anfibios son un grupo taxonómico seriamente amenazado). El cambio climático dejó de ser visto como una exterioridad positiva para ser considerado el mayor fallo del mercado. Se habla ya de un fondo de emisiones máximas que pueden ser utilizadas desde este momento y hasta 2050-2060, después de este marcador temporal habremos de ser neutrales en carbono o perecer en el intento. El fondo de carbono va de la mano al fondo de combustibles fósiles, hay una cantidad óptima de combustibles fósiles que coincide con la restricción del cambio climático; muchas reservas de petróleo no convencional, de gases de esquisto y de carbones especialmente contaminantes deberán ser vistas como activos congelados. En cuanto al agua se ha percibido que su acceso debe ser racionado en las mayores urbes.

Esto por una parte, ya que la crisis tiene múltiples dimensiones. En la parte económica estamos viendo fuertes tendencias al estancamiento secular.

El capitalismo se encuentra en una fase inestable que le hace tender al estancamiento pero con caídas sucesivas. Existe una demanda agregada deprimida a causa de la falta de dinamismo de los salarios y la concentración de los ingresos derivados de los excedentes y el cobro de deudas. En la globalización los flujos de capital hacen de la competencia interestatal un juego de austeridad y contracción fiscal, lo que nulifica el papel del Estado como administrador de la demanda. La competencia interestatal ocasiona que los programas de estímulo económico escapen de las fronteras y se incorporen con una baja filtración. El mercado externo no se está expandiendo, con lo que, algunos países se aventuran a la competencia mediante las devaluaciones estratégicas de sus monedas, esto se refuerza con la baja demanda y la reducción del precio de *commodities* y luego con la liquidación de activos. Los únicos estímulos que encuentra en este momento el capitalismo son las burbujas financieras y esto es cuando mucho un estímulo transitorio y costoso. Cuando el precio de los *commodities* no es suficiente para saldar el costo de obtenerlas, y en un contexto de apalancamiento, se puede recurrir a la liquidación de activos para saldar deudas, siguiendo así en un círculo de retroalimentación negativa (véanse por ejemplo las interpretaciones de Summers y Krugman y compáreselas contra las de Dumenil y Levy, resumidas en (Despain, 2015)).

En materia cultural hemos visto una explosión de las tecnologías red, en ellas cada uno puede ser periodista, investigador, artesano, músico, maestro y alumno. Un cantante cuelga su disco en Spotify incluso antes de que la versión de disco este en ventas, aquellos que no tenían distribución global ahora la tienen vía internet. Aun así se aprecia un descontento, un malestar en la cultura por el dominio de los canales de intermediación y la creación de rentas y monopolios radicales que pervierten el intercambio en la comunidad de pares. En Facebook, *Join* se tradujo como *seguir*; en Amazon el libro electrónico no ha servido para quitar el aura ritual al trabajo artístico, ahí el libro electrónico limita las posibilidades de la reproducción técnica. Para utilizar las infraestructuras cooperativas nos vemos obligados a un comportamiento no legal, de ahí la ética del Hacker y la universalidad de la frase de Picasso *los grandes artistas copian, los genios roban*.

La crisis de representatividad se difunde por las instituciones. Si ya en los setenta se había logrado develar el velo de la escuela, el hospital, el transporte, los programas de combate a la

pobreza, hoy son muchas más las instituciones que se han pasado a la derecha del espectro. El paradigma de los servicios ambientales obliga a definir una función ambiental, un beneficio y una relación de oferta y demanda, esto ha llevado a los cuerpos de ingenieros y biólogos a determinar que sitios son prioritarios para la conservación y cuales pueden sacrificarse.

Las múltiples caras de la crisis permiten que hablemos de una crisis civilizatoria (Véase por ejemplo (Ornelas, 2013)). Las crisis como momentos de definición, como oportunidades, como blancos móviles a los cuales hay que lanzar la flecha y de lo que puede salir algo inesperado. Dice Richard Heinberg que la crisis es una llamada a la acción, de otro modo es una llamada al colapso. Algunos autores hablan de la necesidad de una revolución ecológica y con esto quieren dar a entender la centralidad complementaria que tienen los temas ambientales, principalmente el cambio climático, con el resto de demandas que se pueden articular en contra del modo de producción capitalista.

C) Sustentabilidad y paradigma

Kuhn (1962) argumenta que la comunidad científica se organiza alrededor de paradigmas. Los paradigmas son modelos comúnmente aceptados que tienen más ventajas para resolver los problemas científicos. En economía se han elaborado dos paradigmas que intentan resolver un problema ecológico de la crisis civilizatoria, pero ¿Se han probado eficaces al solucionar el problema? El texto de Kuhn aborda ampliamente campos científicos que, como en física y astronomía, no generan disputas enconadas en materia de organización social. Al abordar los paradigmas de ciencias sociales se agregan dificultades como la permeabilidad de la elite ante las recomendaciones y los trabajos de la ciencia que no está dentro del paradigma.

La disciplina económica ha tratado de aterrizar y operar el concepto de sustentabilidad a partir de ciertos axiomas. La característica del axioma como verdad evidente por si misma ha dado pie a un acalorado debate sobre lo que significa la sustentabilidad para el gremio de los economistas. Las posturas han cristalizado en dos bien definidos paradigmas: la sustentabilidad débil y la fuerte.

El paradigma de la sustentabilidad débil nace en el seno de los trabajos de economía neoclásica, especialmente la sección que revisa el crecimiento económico. La pregunta que intenta responder este campo de estudio es de qué manera influyen los recursos agotables y los renovables en el volumen y el nivel de la actividad económica. La conclusión fundamental de estos ejercicios es que la restricción decisiva en cuanto a activos económicos se refiere exclusivamente al capital manufacturado, el cual, funge como un sustituto perfecto del capital natural, de modo que, según este paradigma, el agotamiento y la degradación de recursos naturales son eventos y no catástrofes.

El paradigma de la sustentabilidad débil no desatiende por completo el estudio de la gestión de los recursos naturales o de las externalidades. Trata, por ejemplo, de informar sobre los patrones de agotamiento óptimos para maximizar el beneficio de ésta y las generaciones futuras; también, trata de valorar el monto de las externalidades ambientales para reintroducirlos en el sistema de precios ya sea a través de esquemas impositivos o acuerdos comerciales entre privados. Empero, a pesar de algunos desarrollos y aportes útiles, el paradigma de la sustentabilidad débil no recoge las

nociones básicas de las ciencias naturales, lo cual, limita seriamente su campo de aplicación y relevancia.

Por su parte, el paradigma de la sustentabilidad fuerte, partiendo de una definición de la naturaleza como capital, esto es, como un *stock* capaz de brindar ingresos en el futuro, critica el grado de sustitución entre los recursos y trata de conservar las secciones del capital natural que sean fundamentales para el bienestar humano. Reconoce los distintos lenguajes y prioridades sociales de valoración evitando concentrarse únicamente en los análisis de costo-beneficio monetarios. Por este motivo, el paradigma de la sustentabilidad fuerte hace uso extensivo e intensivo de una diversidad de conocimientos e informaciones provenientes de las ciencias sociales y naturales, de comunidades y gobiernos, lo que abona en su aplicación y relevancia.

Considerando que ambos tipos de paradigma generan teorías, conceptos, interpretaciones y propuestas útiles para la solución de más de un problema relacionado con el desarrollo económico, en esta investigación utilizaremos ambos encuadres para evaluar el desempeño económico-ambiental de México en lo que va del siglo XXI. La evaluación se hará merced a los principales indicadores derivados de cada perspectiva, como son: el Índice de bienestar económico sostenible (IBES o ISEW/GPI en inglés), entre otros, en el caso de la sustentabilidad débil, o bien, el consumo doméstico de materiales per cápita (CDM o DMC en inglés), entre otros, para la sustentabilidad fuerte.

D) Hipótesis

Solo un *sistema de indicadores* de ambos paradigmas de la sustentabilidad puede dar idea de cuánto han costado las últimas décadas perdidas y cuáles son los futuros más probables. Por este motivo, en la investigación a desarrollar nos proponemos recopilar y crear los principales indicadores del desarrollo sustentable en lo que va del siglo XXI para México y con ello delinear las principales tendencias del uso y abuso neoliberal del medio ambiente.

Con lo cual trataremos de aportar la mayor cantidad de información para validar o descartar la siguiente hipótesis:

El desarrollo económico de México en lo que va del siglo XXI es insustentable tanto si es medido por el paradigma de sustentabilidad débil como fuerte. Este estilo de desarrollo se caracteriza por encontrarse en un estado estacionario subóptimo donde se obtienen rendimientos marginales decrecientes por cada unidad de recursos naturales degradados, gran parte de los cuales son no renovables o degradados en tal forma que dejan de ser renovables. La causa fundamental tras este comportamiento es el metabolismo a la vez extractivista a industrial de la economía mexicana ligado fuertemente a la demanda exterior.

1 Desarrollo sustentable y paradigmas económicos de sostenibilidad

El propósito central de este capítulo será hacer un recorrido por la historia del concepto de desarrollo sostenible, arrancando desde las discusiones sobre límites al crecimiento. Observamos que la ciencia económica traduce este concepto dentro de dos paradigmas. Explicando las fortalezas y debilidades de ambos paradigmas allanamos la discusión para elaborar los ejercicios estadísticos y cartográficos que siguen en los capítulos posteriores.

1.1 El desarrollo sustentable: inversión ideológica y fracaso de la conservación

Sociedades que no han tenido un equilibrio metabólico con su medio fracasan irremediablemente en el mediano y largo plazo, frecuentemente, luego de llegar a cotas de máximo esplendor. Algunas sociedades fueron capaces de percatarse de sus problemas ambientales y modificaron sus conductas para poder sobrevivir, en parte, algunos de estos cambios tuvieron que comenzar por una disputa ideológica y un cambio de cosmovisiones.

La idea fuerza occidental que responde a la esfera del bienestar ecológico es sin lugar a dudas el desarrollo sustentable. En esta subsección vamos a dar cuenta de la manera como este concepto evoluciona en sentido inverso desde la denuncia de la riqueza hacia la denuncia de la pobreza como causa subyacente de la degradación ambiental. Abordaremos los paradigmas económicos que abordan los problemas de sostenibilidad y realzaremos sus fortalezas y debilidades al contrastarlos con la economía ecológica.

1.1.1 Límites al crecimiento económico en perspectiva histórica

Existe un consenso científico que indica consecuencias catastróficas para la economía global a causa de la desestabilización climática (Stern, 2007) y la pérdida de biodiversidad (Assessment, Millenium Ecosystem, 2005). El uso intensivo de fertilizantes y los materiales químicos sintéticos han sobrepasado la función de sumidero de desechos de muchos ecosistemas. Esfuerzos internacionales por corregir las perniciosas prácticas de producción y consumo ya van cumpliendo casi 50 años y algo está fallando. ¿Es suficiente la intervención como se ha aplicado hasta ahora? ¿Se está atacando las raíces del problema?

El modo de producción capitalista concede aumentos de productividad a costa de aumentar en forma global el acceso a los materiales. Esto es una consecuencia de la falta de límites de la producción y de la manifestación del incremento de la productividad como reducción del valor global de las mercancías y la necesidad de producir muchas más de ellas para valorizar el capital (Marx, 1865). El capitalismo en su fase monopólica sustituye la competencia tradicional por otras formas de discriminación comercial, especialmente relevante es la manipulación del consumo y la creación de nuevas necesidades (Baran & Sweezy, 1988).

Puede considerarse que la escala actual del metabolismo es mayor a lo que permitiría un sentido razonable de aversión al riesgo. En un clásico artículo de ciencias de la tierra, Rockstrom, *et al* (2009) establecieron algunos de los limitantes globales para los cuales hay umbrales definidos que no deben sobrepasarse, dichos umbrales aseguran la estabilidad de largo plazo observada en el holoceno y que coinciden con la aparición de las civilizaciones humanas. De dichos límites se han

sobrepasado la extinción de especies, la desestabilización en el ciclo del nitrógeno y la concentración de gases de efecto invernadero.

La economía neoliberal sigue creciendo y, esta vez, la deslocalización de las etapas de la producción y la distribución global de mercancías y productos en proceso acentúa las presiones ambientales en muchas regiones del mundo. Actualmente parece como si se olvidaran y negaran cualquier tipo de límites a la acumulación de capital y al crecimiento económico.²

Dentro del pensamiento económico autores como Malthus y especialmente David Ricardo trataron de ver las limitantes del crecimiento económico apoyándose en la ley de rendimientos decrecientes. John Stuart Mill desarrolló importantes reflexiones acerca de la inevitabilidad y deseabilidad de un estado estacionario (Tamames, 1995).

Pensadores marxistas como Rosa Luxemburgo intuían que el capitalismo es un sistema que depende de la incorporación de nuevos sitios en los que apropiarse de trabajo y materias primas, sitios que se agotarían. Quizá el más importante de los pensadores marxistas de vocación ecológica fuera Bujarin quien desarrolló una teoría del metabolismo en la fase imperialista del capitalismo (Bujarin, 1984). Marx considera el estado estacionario como una fase de pobreza complejizada, se diferencia diametralmente de la concepción de John Stuart Mill (Marx, 2006).

Tradiciones que niegan directamente los límites al crecimiento económico son las escuelas de pensamiento mecanicista. Dice Georgescu-Roegen (1996) que el pensamiento mecanicista es dogmático porque acepta la reversibilidad de cualquier proceso y es una analogía de maximización sujeta a restricciones. El premio Nobel Robert Solow niega completamente la posibilidad de que un recurso natural agotable llegue a limitar las posibilidades del crecimiento económico. Economistas del desarrollo, como Rostow, creen que la historia es una línea continua que conduce de la precariedad a la abundancia, la rueda del mecanismo es el crecimiento.

El debate sobre el crecimiento, tan viejo como se ve, alcanzó relevancia internacional con el Informe del Club de Roma sobre límites del crecimiento en 1972. Este informe marcó las elecciones en Bélgica y fue reconocido como programa político por Mansholt durante su presidencia de la Comisión Europea 1972-1973.

1.1.2 Límites del crecimiento según el informe del club de Roma

En 1972 el Club de Roma encargó a un equipo del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) un estudio sobre el predicamento de la humanidad que se encargara de prever las consecuencias del crecimiento económico, la explosión demográfica, el incremento de la contaminación, sobre el mundo entero. El Club de Roma es un grupo de empresarios e intelectuales de todo el mundo que se reunía para deliberar en torno a los problemas fundamentales de la humanidad, a dichas sesiones asistía también el marxista polaco Adam Schaff.

² Véase por ejemplo el debate entre Paul Krugman y Richard Heinberg <https://ultimallamadamanifiesto.wordpress.com/2014/11/01/paul-krugman-vs-richard-heinberg-la-desmesura-sentando-catedra/>).

No obstante su extracción de clase, los argumentos del Club llegaban a un punto de particular importancia, sugiriendo cambios drásticos en la organización de la sociedad en poca sintonía con recomendaciones *bussines as usual* que podrían esperarse de ellos. Aurelio Peccei, el presidente del Club, hacía un llamado principalmente a los gobernantes y directivos empresariales, pero, también dialogaba con el pueblo con la firme idea de que hacía falta un nuevo discurso, un entendimiento de los problemas ambientales y una propuesta de solución viable. De ahí que la interpretación de Harich (1975) -en su indispensable *¿Comunismo sin crecimiento?*- sea de tratar a estos personajes como socialistas utópicos³. Es decir, como portadores de tendencias implícitamente socialistas. La interpretación es plausible en dos sentidos: a) en sentido inmediato el Informe propone unas medidas, hacia 1975, para tender al estado estable, en el cual, cada persona está en la posibilidad de desplegar su potencial humano, dicho programa sólo requiere ponerse en práctica para acceder a una sociedad justa, lo que suena de izquierda a derecha a utopía pura; b) indirectamente, el informe levantó serias críticas de parte de conservadores y economistas quienes asocian poderes mágicos al crecimiento como la solución de la pobreza, de la contaminación y del uso irracional de recursos, pensadores conservadores, pero también liberales observaron una seria amenaza en los resultados del Informe sobre los Límites y se sintieron obligados a defender el crecimiento, lo cual indicaría un conflicto.

La gente de izquierda, o que al menos se dice de izquierda, tomó positivamente el informe y señaló algunas de sus limitaciones y la forma de solucionarlas para afilar la punta del estudio y orientarlo hacia fines igualitarios, sin embargo, algunos también lo rechazaron ampliamente por considerar el crecimiento sujeto a debate. Entre ellos, (Commoner, 1974) identifica difícil trabajar con la categoría de crecimiento y prefiere hablar de fallo tecnológico del sistema capitalista de producción. Este punto es central pues si bien es justificado hablar del crecimiento económico como una causa indirecta de degradación ambiental, se trata de una categoría superficial.

Es una verdad evidente que el crecimiento de un subsistema no puede exceder las posibilidades del todo, pero esto no nos dice nada sobre los porqués y los cuándoos.

El estudio de Meadows (1972) trata de demostrar que en un mundo finito el crecimiento exponencial llega a un techo, se ve extralimitado por presiones físicas y termina colapsando. Asimismo, pronostica que no hay salvación vía medios técnicos o políticos que extiendan el crecimiento más allá de mediados del siglo XXI; que una vez cruzado el umbral, se desatará una secuencia de decadencia que dejará con muy poco a las generaciones futuras para construir una civilización. Sólo hay una esperanza: acabar con el crecimiento para que cada ser humano tenga garantizada una existencia confortable en este momento (se referían a 1975), y, mientras más tiempo se tarde en limitar el crecimiento más difícil será conducir la economía global.

No podrá decirse que los autores son pesimistas pues consideran que es posible manejar la situación, aunque, únicamente consideran medios legítimos a: la oposición cultural, política o cuando más valores sociales nuevos. Sus conclusiones:

³ Las utopías sirven para imaginar y avanzar, son espacios de autonomía cuando se cancela el cambio real (Jameson, 2009). Véase además utopías ecológicas como la de William Morris *News from Nowhere*.

1) Si se mantienen las tendencias actuales de crecimiento de la población mundial, industrialización, contaminación ambiental, producción de alimentos y agotamiento de los recursos, este planeta alcanzará los límites de su crecimiento en el curso de los próximos cien años. El resultado más probable sería un súbito e incontrolable descenso tanto de la población como de la capacidad industrial.

2) Es posible alterar estas tendencias de crecimiento y establecer una condición de estabilidad ecológica y económica que pueda mantenerse durante largo tiempo. El estado de equilibrio global puede diseñarse de manera que cada ser humano pueda satisfacer sus necesidades materiales básicas y gozar igualdad de oportunidades para desarrollar su potencial particular.

3) Si los seres humanos deciden empeñar sus esfuerzos en el logro del segundo resultado en vez del primero, cuanto más pronto empiecen a trabajar en ese sentido, mayores serán las probabilidades de éxito. (Meadows, 1972:40-41)

El modelo del informe no se ha mostrado demasiado equivocado en sus pronósticos, era válido de acuerdo a los datos de la época y actualizaciones posteriores con nuevos datos continúan afirmando la imposibilidad de un crecimiento exponencial para todo el siglo XXI. El problema con el informe son las relaciones de causa-efecto que implican, como única solución, limitar el crecimiento, esto no quiere decir que la escala, en ese momento, de la economía coincidiera con la capacidad de sostenimiento de los ecosistemas ni tampoco que fuera un acuerdo social justo y participativo. En términos económicos, más que el crecimiento es la acumulación de capital la responsable del deterioro ecológico.

El periodista Willem Oltmas (1975) se dedicó, después de conocer el informe, a entrevistar a los más eminentes intelectuales del mundo occidental sobre las opiniones que les merecía el trabajo de Meadows. Las conversaciones más importantes fueron con William Nordhaus, Paul Ehrlich, Ernest Mandel, Barry Commoner, Erza Mishan, Noam Chomsky y Herman Kahn.⁴

⁴ William Nordhaus es de la opinión de que la forma de propiedad privada y la economía de mercado es suficiente por sí misma para gestionar los recursos naturales cuando afirma que “ Si los recursos son apropiables (por el Estado, en las sociedades socialistas, o por individuos, en las que rige la propiedad privada), creo que hay menos motivo para preocuparse. En el caso de los recursos apropiables, como el carbón, los minerales o el petróleo, la tormenta de la creciente escasez se manifiesta en forma de aumento de los precios. Lo que importa de la conducta adaptativa en los sistemas económicos o en los sistemas políticos, es que, gracias a ella, el sistema reacciona a las escaseces en cierto campo trasladando la explotación a otras zonas de abundantes materiales y plétora de recursos.” Barry Commoner que sabe de recursos es de la opinión contraria: la biosfera es un bien socialmente poseído y mal le viene gestionarlo bajo los cánones de la propiedad privada una de cuyas formas es la propiedad estatal. Por su parte, Ernest Mandel ofrece los siguientes comentarios: “el crecimiento anárquico, sin planear, inconsciente e incontrolado amenaza no solo los cimientos de la riqueza material, sino las condiciones físicas para la supervivencia de la civilización humana... (pero) no han descubierto el mecanismo básico que conduce a tales resultados. Por consiguiente, las conclusiones que extraen de su análisis y las soluciones que proponen son en parte inadecuadas y en parte peores que los males que tratan de resolver. Sólo por medio de una economía socialista planificada sobre una base democrática de autogestión, podremos liberarnos del actual crecimiento anárquico y canceroso y

Esto me hace reflexionar sobre la perspectiva de los economistas: no es única, se nota claramente la división en grupos de pensamiento, solamente los economistas del *mainstream* rechazan arbitrariamente el informe, en tanto que es mejor recibido por los economistas heterodoxos, quizá en forma más crítica por el economista marxista. Sólo un economista marxista fue entrevistado.

Entre las opiniones que buscan desacreditar el informe resalta el hecho de la comisión de falacias de falso carácter concreto. Nordhaus cree que el sistema de precios puede corregir lo que sea y Herman Kahn piensa que el límite se desplaza con la tecnología indefinidamente, ambas son profesiones de fe inverificables y que no sirven, en todo caso, para atender los problemas planteados por el Informe. Nordhaus se basa en datos estadísticos y un modelo más sencillo que el Informe y pretende obtener tendencias que reducen la población conforme aumenta el ingreso y un menú de política favorable al crecimiento, tanto él como Kahn aseguran que el crecimiento es básico para combatir la pobreza, el hambre y los problemas ocasionados aún por el mismo crecimiento. Una verdadera necesidad. ¿Qué más pruebas se necesitan para declarar la corrupción de la ciencia económica normal?

Yo simpatizo más con los críticos de izquierda de esta propuesta como Chomsky, este autor señala que se ha terminado una era de dominación ideológica por medio del dogma de las filtraciones de los beneficios a las clases marginadas y en adelante el conflicto ambiental dominará la escena de la lucha de clases⁵. Mandel ha señalado el punto primordial de comprender el mecanismo de la acumulación capitalista para terminar de una vez por todas con esto y sustituir la organización de la producción bajo bases democráticas y autogestivas. En tanto que Commoner y Ehrlich señalan la necesidad de cuestionar lo que parece evidente como respuestas burocráticas a la crisis, o bien, respuestas globales abstractas, el crecimiento no está fuera de los objetivos legítimos de una sociedad siempre que sea guiado por criterios igualitarios y ecológicos.

Wolfgang Harich (1975) presta el servicio de resumir la postura de los intelectuales de la Unión Soviética y la República Democrática Alemana, en cuyo seno se encuentra ausente el dogma economicista y la recepción fue más favorable, aunque su principal error haya sido subyugar la postura a un tono burocrático. El mismo Harich es del parecer de que el Informe debe incentivar a los comunistas a tomar postura por la administración y distribución de riquezas en términos igualitarios cuidando la biosfera y no permitiendo que el capitalismo siga poniendo obstáculos a la emancipación humana.

1.1.2.1 Acumulación de capital y subsunción real del consumo bajo el capital

Hace poco dijimos que era importante distinguir el crecimiento en el modo de producción capitalista al crecimiento en cualquier otra formación económico-social. Esto es de vital importancia

sustituirlo por lo que yo llamaría crecimiento planeado domesticado, es decir, un crecimiento sometido al control de la humanidad, con vistas a alcanzar cierto número de metas prioritarias.

⁵ El ecologismo no es un valor inmaterial de las clases medias. Es primero que nada una defensa de las condiciones de la reproducción de la vida de las clases populares (Martinez-Alier, 2005).

para poder distinguir el predicamento actual del de cualquier otra sociedad y los medios idóneos para evitar la catástrofe.

El capitalismo es un modo de producción donde una clase posee medios de producción y otra clase posee la fuerza de trabajo, ambas clases llegan a un acuerdo contractual asimétrico para entrar al ámbito productivo y generar mercancías las cuales una vez vendidas pueden reeditar al poseedor de los medios de producción con una ganancia. La mercancía fuerza de trabajo tiene la virtud de generar plusvalor, este plusvalor pertenece al capital que adquiere los derechos sobre la fuerza de trabajo en forma de capital variable. Para que este sistema funcione es indispensable que tengamos de un lado a los poseedores de los medios de producción y de otro a la masa de los expropiados de dichos medios de producción, este proceso inicia con violencia en lo que se conoce como acumulación originaria.

Una vez que damos por sentada la existencia del capital el proceso por el cual ese capital se renueva o incrementa se denomina acumulación o reproducción. Marx distingue entre acumulación simple y ampliada. La primera se limita a conservar el valor inicial del capital y la segunda es el proceso de expansión. Desde el punto de vista formal, un capital que no se incrementa pasa a ser constituido por completo por el plusvalor extraído a la clase obrera. Incluso en los negocios medianos y pequeños que no se expanden estamos en presencia de una relación de explotación. No obstante, los capitales entran en una competencia y son empujados hacia la expansión ante la amenaza de desaparecer. Finalmente el modelo de acumulación en escala ampliada se impone y es de aquí que surge el imperativo de crecimiento del capitalismo, o como indica Marx (1867: 501): “Acumular por acumular, producir por producir: en esta fórmula recoge y proclama la economía clásica la misión histórica del periodo burgués”

Pero además de la pulsión de acumulación el capitalismo logra desarrollar las fuerzas productivas y todo un patrón tecnológico con el cual poder extraer plusvalor relativo. Maquinaria y gran industria combinadas con fuentes concentradas de energéticos fósiles posibilitaron la expansión del capitalismo en una progresión geométrica nunca antes observada por la humanidad. Un capitalismo que no se expanda es una contradicción en sus propios términos, cuando la acumulación no puede operar se desatan crisis con efectos considerables sobre la clase obrera. Cuando una economía cae en recesión los ingresos del Estado dejan de fluir y las ayudas a la población vulnerable no pueden ser solventadas.

Una forma en que opera el capitalismo es a través de la búsqueda constante de superar límites y sobreponerse a las crisis. De este modo, el capital busca constantemente el modo de sortear límites al crecimiento con las sucesivas revoluciones técnicas o con las tendencias contrarrestantes de la caída de la tasa de ganancia, superexplotación, reducción del valor del capital constante (incluidas materias primas). Las leyes de la acumulación y la competencia no condicionan el crecimiento económico, pero no es solamente una incompatibilidad cuantitativa sino cualitativa la que encontramos como veremos con la subsunción real del consumo al capital.

Hemos visto cómo las leyes de acumulación de capital impulsadas por el mecanismo de la competencia hacen virtualmente imposible la existencia de un capitalismo que se reproduzca constantemente en escala simple. En esa exposición vimos como la acumulación de capital es reproducción de las relaciones sociales que crean por un lado al capital y a la clase obrera. Pero de inmediato surge la pregunta ¿Es solo el proceso formal el que condiciona la incompatibilidad del

sistema capitalista con el sistema ecológico? Para responder esta pregunta vamos a mover algo el enfoque y nos vamos a centrar en la teoría de la subsunción real del consumo bajo el capital.

Subsunción tiene la connotación de dominación. Antes que a los resultados formales del proceso de acumulación de capital estaríamos observando sus procesos de conformación material. Se puede hablar en términos equivalentes de subsunción real del proceso de trabajo inmediato bajo el capital que de estrategia de extracción de plusvalor relativo, siempre y cuando observemos que el enfoque es distinto. Cuando hablamos de subsunción real del consumo bajo el capital, básicamente seguimos los argumentos de Jorge Veraza (2011), quien entiende por esto el dominio de la reproducción social por el proceso de la acumulación acrecentada y que incluye el dominio de las fuerzas productivas técnicas y procreativas más el dominio del consumo individual y productivo, y, sus premisas materiales (espacio geográfico y ecosistemas). La característica fundamental de esta etapa de dominación es que el capitalismo logra configurar valores de uso que son estructuralmente nocivos desde su génesis primaria. Este tipo de valores de uso pueden ser derrochados o usados con fines destructivos, lo cual puede incluir tanto bienes suntuarios como bienes tóxicos o bélicos.

Esta forma de subsunción aparecería únicamente con la emergencia del mercado mundial y más precisamente a finales de los sesenta del siglo XX. Cuando se comienza a dar una estrategia de dominación de las necesidades y los satisfactores. En este sentido los valores de uso nocivos proceden de fuerzas productivas técnicas pervertidas que se alimentan de los insumos básicos de producción que provienen de la naturaleza. Aunque nuestra mirada aquí es macro social siempre se pueden ilustrar algunos ejemplos concretos para satisfactores o industrias que ilustran a la perfección como luce el ejercicio de la subsunción.

Una forma especialmente perniciosa de alterar los valores de uso que afecta al medio ambiente es la modificación genética. Cuando una empresa intenta patentar el código de algún alimento mejorado consigue por una parte apropiarse del conocimiento acumulado de los campesinos y en seguida logra crear una escasez artificial permanente sancionada legalmente de la cual puede extraer rentas en forma permanente. Precisamente hay que notar que un tema poco explorado por la teoría de la subsunción real de consumo bajo al capital es la forma en que todos estos procesos se articulan fuera de la fábrica o el ámbito productivo directo, en efecto, parte del problema radica en la centralidad que se le otorga al capital industrial y a la función productiva del capital personificado. Otra de las debilidades de esta teorización es haber dejado apenas enunciada una teoría histórica de las necesidades sociales.

1.1.3 Del crecimiento a la pobreza como causa principal de la degradación ambiental. Lucha por la interpretación del desarrollo sustentable.

Si se critica el pilar de crecimiento y filtración de beneficios a las capas populares, se derrumba un mito de la ideología del progreso. Esto lo supieron ver hace años algunos críticos del desarrollo económico como ideología dominante, especialmente Iván Illich y Wolfgang Sachs (Sachs, 1992). Si el crecimiento fuera el responsable de mayores perjuicios que beneficios, entonces no habría promesa que le hiciera aceptar al pobre la contaminación de hoy por la riqueza del mañana, el conflicto ecológico sería la forma de manifestación general de la lucha de clases (apoyada, claro está, por otras demandas que se articulan como una sola).

El Informe sobre límites del crecimiento es un primer paso en este sentido. De hecho, tuvo una influencia decisiva en los primeros pasos de la arquitectura global en pro del medio ambiente, desde la conferencia de Estocolmo, la génesis de su particular vocabulario en el *ecodesarrollo* hasta su declinación con la aparición del informe de Bruntland sobre el desarrollo sustentable.

Antes de que se hablara del desarrollo sustentable, la ONU manejaba el término *ecodesarrollo* que continuaba centrado su atención en lo pernicioso del crecimiento y el estilo de la producción, especialmente se interesaba por la tecnología. Para este proto-paradigma que no alcanzó una influencia duradera, el desarrollo tenía que ser desvinculado del crecimiento y las tecnologías poco apropiadas, el desarrollo debería ser específico de cada contexto, regional y apoyado en las tecnologías tradicionales, especialmente las del tipo red gestionadas por la comunidad. En esta visión se dice que el Sur global debería crecer, en tanto que, los países industrializados deberían anteponer el cambio estructural al crecimiento. La declaración de Estocolmo de 1972 concuerda con estos planteamientos y diagnósticos, sin embargo, la influencia duraría poco.

En los setentas un consultor de Naciones Unidas, Ignacy Sachs, había propuesto el término de *ecodesarrollo* que de inmediato se sometió al escrutinio diplomático. En un lugar cercano a Cuernavaca se llevó a cabo, en 1974, la convención decisiva que llevaría a su aceptación generalizada, como de hecho se dejó saber a la prensa por un comunicado del presidente mexicano Echeverría. Aunque, el juego no le pareció adecuado a un viejo lobo de la política imperialista como Kissinger, quien manifestó su desaprobación del texto en un telegrama enviado al presidente del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, había que retocar el vocabulario y, más concretamente, el término "ecodesarrollo", que quedó así vetado en estos foros. Lo sustituyó más tarde aquel otro del "desarrollo sostenible", que los economistas más convencionales podían aceptar sin recelo, al confundirse con el "desarrollo autosostenido" (*self sustained growth*) introducido tiempo atrás por Rostow y barajado profusamente por los economistas que se ocupaban del desarrollo (Naredo, 1997).

De esta manera quedó, en carrera solitaria y en terreno despejado el concepto de desarrollo sostenible sin que se tocara con el pétalo de una rosa la problemática de elucidación sobre los conceptos que lo componen. Desarrollo sustentable se vio reducido en breve a desarrollo sostenido y este último a crecimiento sostenido, por su parte, de las coordenadas de la necesidad y los límites tecnológicos quedó únicamente la valoración del crecimiento en términos monetarios.

En el texto citado, Naredo (1997) explica a nivel teórico, dónde reside la confusión: "La mayor parte de la indefinición vigente procede del empeño de conciliar el crecimiento (o desarrollo) económico con la idea de sostenibilidad, cuando cada uno de estos dos conceptos se refieren a niveles de abstracción y sistemas de razonamientos diferentes: las nociones de crecimiento (y de desarrollo) económico encuentran su definición en los agregados monetarios homogéneos de "producción" y sus derivados que segrega la idea usual de sistema económico, mientras que la preocupación por la sostenibilidad recae sobre procesos físicos singulares y heterogéneos."

Pero analicemos detenidamente la génesis y significancia del desarrollo sustentable. El giro lingüístico que trataremos de problematizar procede de 1987, fue acuñado por la Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo, cámara dependiente de la ONU y presidida por la socialdemócrata Harlem Bruntland (CMMD, 1987). De entonces a la fecha, el informe conocido por el apellido paterno de la política noruega consistente de más de cuatrocientas páginas en original, ha llegado a ser conocido mundialmente por el primer enunciado de su segundo capítulo:

“El desarrollo sostenible es el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades.”

Encierra en sí dos conceptos fundamentales:

1. El concepto de ‘necesidades’, en particular las necesidades esenciales de los pobres, a las que se debería otorgar prioridad;⁶
2. La idea de limitaciones impuestas por el estado de la tecnología y la organización social entre la capacidad del medio ambiente para satisfacer las necesidades presentes y futuras.

No obstante, su desenfadado carácter general, detectado a simple vista por no disponer de objetivos y metas claras ni definición espacio-temporal, otorga al concepto propuesto una ambigüedad que puede ser aprovechada para introducir de contrabando la moda del ambientalismo en los discursos políticos y la política económica. De este modo, el calificativo sostenible no interfiere mucho en el cuestionamiento de las bases de la sociedad industrial y menos aún en las elaboraciones al uso de la economía convencional.

El concepto de desarrollo sustentable ha estado ampliamente ligado a una evolución institucional en Naciones Unidas, vale la pena reunir un acervo de sospechas sobre la institución y los fines mercadotécnicos que da al lenguaje, también, vale la pena ser escépticos respecto de las buenas intenciones embozadas más o menos de los intereses imperialistas.

Aunque, también deberíamos ser conscientes de los servicios que prestan los organismos internacionales, siempre y cuando no se limitan al presupuesto, en la difusión científica de los principales problemas ecológicos y económicos, pues de no ser por los informes en materia ambiental y de pobreza no tendríamos hoy la información recabada suficiente como para hacer una economía ecológica sustentada empíricamente. Lo mismo vale cuando se trata de un concepto. Como sabemos, la normatividad de ONU a veces llega a la censura abierta cuando se oponen desde un sitio científico a sus intereses capitalistas.

El Informe de Bruntland parece especialmente interesado en la equidad dentro de las generaciones y solucionar los problemas de la generación inmediata (especialmente los más pobres), aunque la estrategia carece de creatividad y se limita en gran medida a las falsas soluciones

⁶ (véase una teoría de las necesidades alternativa y un ejercicio empírico en el blog <https://zonenatural.wordpress.com/2014/10/20/consumo-y-satisfaccion-de-necesidades-en-mexico-una-proposicion-para-la-redistribucion-de-los-recursos-a-partir-de-la-informacion-estadistica-de-la-enigh/>)

del crecimiento para acortar la brecha entre países pobres y países ricos. Aquí puede leerse un eco de la preeminencia de lo económico sobre lo ecológico, se piensa que la ecología es un problema sólo para aquellos cuyo nivel de vida les permite ocuparse, en el tiempo de ocio, de la conservación de la naturaleza.

También se cuestiona cómo explicar la difusión de un concepto en tan poco tiempo y con tan poca discusión. Comentando sobre esto, Jiménez Herrero afirma que, “el relativo éxito del concepto de desarrollo sostenible se debe, sobre todo, a que implícitamente se defiende un planteamiento estratégico con un claro carácter reformista -y también optimista frente al pesimismo de antaño-. De esta forma, sin subvertir el orden económico establecido se pretende reconciliar las actividades humanas con las leyes de la naturaleza, incluyendo nuevas bases de gestión ambiental, así como nuevos criterios equitativos y principios éticos en la cooperación para el desarrollo mundial.” (1997:41).

Genéricamente puede hablarse de homogeneidad e indiferenciación del modelo diseñado por el informe de Brundtland, como caracteres detectados por una crítica valedera. Las diferentes responsabilidades y obligaciones del Norte y el Sur hacen más viable la opción de un crecimiento compensado y compensatorio que alternativamente equipare al alza los niveles del desarrollo. Esta es una propuesta que vale la pena resaltar y que aparece en constante discusión en el libro de Jiménez Herrero. La propuesta asigna responsabilidad diferenciada y obligaciones hacia un desarrollo sustentable para abatir progresivamente la brecha entre el Norte y el Sur, por una parte, se requerirá la transferencia de tecnología desde el Norte hacia el Sur y fomentar mayor crecimiento pero evitando cometer los errores ensayados en las naciones industrializadas. Por el contrario, los países en el Norte pueden plantearse la posibilidad de decrecimiento y reducir la opulencia y el despilfarro, estos países requerirán de una inyección demográfica desde el Sur para soportar a su población de edad avanzada.

La sostenibilidad es un calificativo que puede ser abordado desde diferentes miradores. Objetivamente se trata de determinar la cantidad que se puede utilizar de algo sin que se agote rápidamente. Subjetivamente se puede decir que sostenible es una parcela de la vida cotidiana que no interfiere con ninguna otra. Aunque desde luego es una definición eminentemente antropomórfica y política.

Según O'Connor (2010) sea la definición que adoptemos de la sustentabilidad la pregunta oportuna es si existe algo como un capitalismo sustentable porque para él está claro que donde hay una disputa en la sociedad actual puede identificarse una conciencia falsa o verdadera y un interés de clase. Esto es obvio para el profesional como para el lego, un dato que apoya esta afirmación es la cantidad que gasta el lobby de las industrias energéticas tradicionales para generar las iniciativas a modo en Washington y hasta en los organismos financieros y científicos internacionales. Esto no es menor ya que el poder de influir sobre la política medio ambiental está condicionado cada vez más por un paradigma tecno económico en decadencia y que se resiste a ceder ninguna posición.

Desde un punto de vista económico, el capitalismo sustentable tiene que ser necesariamente un capitalismo en expansión. En el mantenimiento hay poca o ninguna utilidad; la sustentabilidad capitalista depende de la acumulación y de las utilidades (O'Connor 2010).

En lo que Riechmann (1995) ha denominado lucha por la interpretación lo que se está jugando es nada más, pero nada menos, una propuesta de sociedad perdurable más allá del capitalismo. Por una parte dudamos que la tradición sea un ánimo para luchar por un concepto tan joven y con tan pocos usuarios serios, pero lo mismo podríamos decir de globalización que surge apenas en los noventa dentro de los *mass media* más ideológicos para acercarse luego a una posición más nutrida por el conjunto de las ciencias sociales. Luego, observamos que se trata de un calificativo plenamente definido dentro de la ecología y que merece la pena ser actualizado para las ciencias sociales, y que finalmente, este ejercicio arroja el resultado sólido, desafiante y propositivo para una economía ecológica.

Se puede partir de la defensa de una postura tangencial diciendo que toda palabra es un constructo teórico que aparece en la historia y verificar en ella una pugna de intereses, pues como diría JL Austin con las palabras pueden hacerse cosas y no únicamente validar si algo es verdadero o falso. Las palabras importan y nos importa analizar supuestos, diagnósticos, pronósticos y programas científicos.

Dedicándonos a reportar conclusiones posteriores a un ejercicio de elucidación conceptual observaremos que existe un conflicto irresoluble dentro de la economía, ergo, en la política económica. Ya que “desarrollo sostenible encierra un contenido radical, cabalmente ecologista, susceptible de verse en criterios operativos para orientar y juzgar políticas reales” (Riechmann 1995:31)⁷. Recordemos que ya Naredo (1997) nos prevenía de los desaciertos en los niveles de abstracción. El error de los economistas, es muy parecido al de ese reduccionismo fiscalista que consiste en querer solucionar todo a base de ciencia pura. Pues bien, el contenido radical y ecologista que mencionamos solo aparece con una economía ecológica y una práctica distintas, y es este un criterio para distinguir movimientos sociales ecologistas de los demás que finalmente, si no se equivocan por casualidad, sí son incongruentes.

El término desarrollo sustentable puede usarse como objetivo de política económica-ecológica siempre que por este se entienda la viabilidad que armoniza el despliegue de las potencialidades humanas, la libertad, la equidad y la autonomía creativa en armonía con los ecosistemas atendiendo a la capacidad de carga y discutiendo cada una de las restricciones condicionadas históricamente en forma democrática directa, para que el legado para las generaciones futuras sea igual o mejor que el anterior. Nos parece más adecuado que anteponer el

⁷ Riechmann discute únicamente el adjetivo, no obstante, el sustantivo también está sujeto a debate. El desarrollo también es criticable porque desconoce la diversidad de estrategias que las culturas aplican para vivir adecuadamente, el desarrollo ya es en parte responsable de una asociación irresponsable con crecimiento y prosperidad sin límites. Pero, para ser justos, en el artículo de Riechmann el desarrollo es concebido ampliamente como un proceso de despliegue, gestión y mejoramiento de las capacidades humanas.

término de proyecto al desarrollo sustentable pues todavía no se practica en escala considerable, escala que dijimos es planetaria.

Como el proyecto de desarrollo sustentable es la correcta administración democrática de la *polis* atendiendo a las leyes de la termodinámica y la naturaleza de los recursos escasos necesarios para la vida, las únicas reglas que debemos atender son 7 según la clasificación de Herman Daly:

1. Principio de irreversibilidad cero: reducir a cero las intervenciones acumulativas y los daños irreversibles.

2. Principio de la recolección sostenible: las tasas de recolección de los recursos renovables deben ser iguales a las tasas de regeneración de estos recursos.

3. Principio del agotamiento sostenible: es cuasi-sostenible la explotación de recursos naturales no renovables cuando su tasa de agotamiento sea igual a la tasa de creación de sustitutos renovables.

4. Principio de la emisión sostenible: las tasas de emisión de residuos deben ser iguales a las capacidades naturales de asimilación de los ecosistemas a los que se emiten esos residuos (lo cual implica emisión cero de residuos no biodegradables).

5. Principio de selección sostenible de tecnologías: han de favorecerse las tecnologías que aumenten la productividad de los recursos (el volumen de valor extraído por unidad de recurso) frente a las tecnologías que incrementen la cantidad extraída de recursos (eficiencia frente a crecimiento).

6. Principio de precaución: ante la magnitud de los riesgos a que nos enfrentamos, se impone una actitud de vigilante anticipación que identifique y descarte de entrada las vías que podrían llevar a desenlaces catastróficos, aun cuando la probabilidad de estos parezca pequeña y las vías alternativas más difíciles u onerosas.

7. Principio de equidad y autonomía intergeneracional: este principio lo agregariamos para ligar los problemas ambientales con los sociales y orientarlos para que la solución de uno incorpore la solución del otro. La equidad requiere que el resto de principios opere atendiendo las necesidades de los menos favorecidos atacando las causas de la pobreza para que en el mediano plazo la libertad y oportunidad social se amplíen y todos tengan la oportunidad de elegir una sociedad perdurable. La autonomía asegura que se llegue a ese proyecto de sociedad en un estado de libertad no negociable, pues siendo posible, pero poco deseable, la aplicación de los 6 principios en una sociedad autoritaria y capitalista, esperamos que todos puedan acceder a una posición económica que impulse sus potencialidades sin que ello implique subordinar a nadie más, ni excluirlo de la posibilidad de hacer algo (Illich, 2012).

1.1.4 Consolidación del crecimiento como estrategia única. Realidad del crecimiento económico

En la conferencia de Rio 1992 se establece una agenda política derivada del informe de Brundtland. Ahí se establece una responsabilidad diferenciada de los países, sin embargo, la estrategia para atajarla es la transferencia de tecnología y fondos desde los países desarrollados a

los subdesarrollados. Se rehúye una gobernanza institucional vinculante. Se privilegian los mecanismos de mercado para controlar lo que es una elección eminentemente política que concierne a todos y que afecta severamente a los pobres.

Los programas que desde entonces se han puesto en marcha como el protocolo de Kioto, el de Montreal, el REDD+ y más recientemente el acuerdo de la Conferencia de las Partes (COP) de Paris, tienen sino neoliberal negligente. Todos se centran en las soluciones de mercado, en los principios de quien contamina paga y quien conserva cobra; en la propiedad privada jurídicamente establecida; en la creación de activos financieros ficticios. Esto ha dado lugar a una privatización y reificación de la naturaleza, y, al fracaso de la conservación y la medida.

Las propuestas de *Economía Verde* o *Crecimiento Verde*, dejando a un lado los matices que guardan, ya enfocan a la economía y más precisamente al crecimiento como una pieza del engranaje de la conservación. Veremos más adelante cómo estas propuestas no aguantan un análisis empírico ni mucho menos teórico. Estas nuevas propuestas sintetizan lo que llamo la inversión ideológica del desarrollo sostenible que transfiere las responsabilidades del crecimiento a la pobreza como causa fundamental del deterioro ecológico (Gomez, 2012).

El debate sobre límites al crecimiento e incluso decrecimiento sigue estando presente en la agenda de investigación internacional, aunque, la idea hegemónica que cuenta con apoyo político sigue estando del lado del crecimiento. Las propuestas de la OECD de un *Crecimiento Verde* parecen inmunes a la evidencia empírica y al análisis abstracto que muestran el fiasco de la desmaterialización de un PIB de peso angelical. Algunos economistas han propuesto una indiferencia respecto a la discusión del crecimiento pues este se haya en el orden de los medios y no de los fines, para estos economistas el bienestar, la equidad, el pleno empleo, la seguridad, la estabilidad y la sostenibilidad son los objetivos sociales legítimos. Estas propuestas permiten identificar un crecimiento antieconómico (Daly y Cobb 1989). Un crecimiento que crea más necesidades de las que satisface, llevándose entre tanto la voluntad y el poder de decidir de la población, así como, degradando las condiciones generales de la producción.⁸

Durante algún tiempo la teorización económica argumentó que el crecimiento económico era el mejor remedio para los problemas sociales: desempleo, inequidad en el ingreso, pobreza, incluso el impacto ambiental podría ser soportado y solucionado gracias al crecimiento. A partir de los años setenta se empezó a reconocer el simple hecho de que el crecimiento dentro de un sistema cerrado como es la biosfera conduce a límites (Meadows, 1972). Si bien, el crecimiento es fundamental para generar los satisfactores y empleos que la sociedad demanda, se encuentra en el orden de los medios y no de los fines, por ende, se necesita conducir apropiadamente dicho crecimiento por una senda cada vez más favorable con el medio ambiente y el bienestar humano (van den Bergh, 2011).

⁸ Epicuro decía que la riqueza sin límite es gran pobreza. Iván Illich es el autor de los ensayos más agudos de investigación sobre los límites sociales al crecimiento de bienes y servicios producidos mediante instituciones manipulativas que crean monopolios radicales. Véase especialmente *La sociedad desescolarizada*, *La convivencialidad*, *H2O* y *las aguas del olvido*, *Némesis médica* y *Energía y equidad*.

Estas nuevas propuestas dejan intacto el enunciado de los límites al crecimiento por causas físicas y sociales, aunque invitan a profundizar el análisis de los momentos en que empieza un crecimiento antieconómico (Daly & Cobb, 1989) y el modo en cómo solucionar el problema con un enfoque equitativo.

Volver a replantear el problema del crecimiento económico bajo un cariz moderno es un paso fundamental para revertir la inversión ideológica del desarrollo sustentable.

1.2 Paradigmas en ciencias sociales: fortalezas y debilidades de la sustentabilidad débil y fuerte

El problema ambiental tiene una historia dentro de la economía, el dialogo entre ciencias sociales y ciencias naturales no ha esperado por el concepto de desarrollo sostenible para general el debate sobre externalidades e impuestos correctivos/soluciones de mercado, por ejemplo. Sin embargo, la ciencia económica comienza a intentar responder a cuestionamientos nuevos a partir de la codificación del término desarrollo sostenible de una manera completamente novedosa, en la siguiente sección veremos los dos paradigmas con los cuales se ha intentado estudiar la sostenibilidad y ofreceremos algunas palabras en pos de una ciencia post normal o multi paradigmática.

1.2.1 Sustentabilidad débil

Los modelos de crecimiento económico más recientes se centran en el papel del conocimiento, algunos de ellos niegan incluso el papel de los recursos naturales (así por ejemplo lo hace César Hidalgo (2009) en su modelo de espacio de producción en la economía de la complejidad). Al hacerlo de este modo están dando vitalidad a los viejos modelos de crecimiento que desechan cualquier límite al crecimiento por escasez de recursos naturales, o por exceso de contaminación y degradación.

Los economistas del crecimiento se preguntaron si el agotamiento de algún recurso natural indispensable tendría efectos sobre el ritmo de crecimiento o si incluso lo limitaría por completo. Los documentos de investigación más representativos pertenecen a Robert Solow (Solow, 1974). Este investigador trataba de mostrar las condiciones que podrían originar un crecimiento indefinido en presencia de recursos naturales. Su conclusión fue que si la elasticidad de sustitución entre el capital natural y el capital manufacturado no fuera menor a uno, no hay límites a la expansión económica.

Para mostrar esto Solow estipula dos suposiciones a) que un recurso natural debe ser indispensable tanto que si no existiera, no habría producto obtenido; b) que no hay límite superior al incremento del producto medio que puede obtenerse de dicho recurso. Escoge la forma funcional de Cobb-Douglas.

El segundo supuesto es fundamental para llegar a la conclusión. Si no hay un límite superior a la productividad, esto quiere decir que el cambio tecnológico puede llevar a un incremento de la sustitución y la productividad del capital natural, esto va a permitir un consumo per cápita creciente en el largo plazo. Hartwick derivó la regla de que las rentas derivadas del agotamiento de capital

natural deberían invertirse en capital manufacturado para garantizar un volumen no decreciente de consumo. El razonamiento implícitamente concede sustitución y cambio tecnológico.

El siguiente paso dado por Pearce y Atkinson consiste en sintetizar una norma de sostenibilidad débil. Si la acumulación del capital total de la economía es mayor a la depreciación entonces se verifica una situación sostenible. La acumulación puede darse por transformación del capital natural en manufacturado y por el simple hecho de la acumulación de capital que acontece espontáneamente. Esto garantizaría un consumo per cápita no declinante en el largo plazo, lo que se considera una regla de sostenibilidad.

Si se asume una sustitución mayor o igual a uno y una productividad indefinida, no tiene sentido preguntarse por los límites al crecimiento por agotamiento o degradación del capital natural, el objeto sería el capital total sin importar su forma. Estos economistas asumen que el único flujo que procede del capital independientemente de su forma es la utilidad que experimenta el consumidor. No hay espacio para considerar que sólo la regulación climática procede de la naturaleza, y en este sentido puede considerarse como un desarrollo abstracto con muy baja representatividad de la realidad (Cabeza, 1996).

Se supone que el sistema de precios conduciría a la innovación tecnológica por el sendero apropiado, una vez que el capital natural fuera relativamente escaso, la innovación lo economizaría y la productividad crecería continuamente para mantener un nivel de consumo compatible con la permanencia o crecimiento del capital natural más escaso. Este paradigma asume que si estas condiciones no se verifican no habrá sostenibilidad, por ejemplo Stiglitz (Stiglitz, 1974), sin embargo, no todos sus participantes lo hacen, por ejemplo Dasgupta y Heal (Dasgupta & Heal, 1979) incluso consideran que sin cambio tecnológico habría sostenibilidad.

Los menos dogmáticos de los defensores de la sustentabilidad débil han incrementado el número de supuestos que deben considerarse para la verificación de un desarrollo sostenible, incluso, han previsto cuando mucho un estado estacionario y no un incremento permanente del consumo per cápita (England, 2000).

Los análisis más apropiados que resultan de este paradigma tienen que ver con los recursos no renovables, especialmente los combustibles fósiles. En este lugar, los economistas tratan de modelar el patrón de agotamiento más benéfico para esta y las generaciones que pueden disfrutar de los beneficios monetarios que un recurso puede brindar. Los métodos de El Serafy, que a su vez se apoyan en la tradición de Hotelling y Gray, buscan seleccionar el mayor flujo de riqueza que puede rendir un recurso escogiendo para ello una cuestionable tasa de descuento. Tal vez sea esta la cuestión rebatible.

Pero incluso han aparecido más cuestiones que el paradigma de la sustentabilidad débil no puede controlar, como por ejemplo, la presencia de riesgo compartido entre múltiples usuarios de recursos no renovables, y la presencia de límites máximos de la extracción e incluso de reservas máximas que pueden ser consumidas de forma segura. Mientras más constreñimientos continúen surgiendo, más limitado será el método de la sostenibilidad débil y más fuerte será el conflicto entre los paradigmas de esta ciencia social y de las ciencias naturales.

1.2.2 Sustentabilidad fuerte

La aseveración clave del paradigma de la sustentabilidad fuerte es que el capital natural y el capital manufacturado son complementarios. Implica que el capital deberá ser mantenido en su forma y expandido con cautela. Una refinación del concepto de capital natural se hace necesaria y es que solo debe ser conservada aquella fracción del capital natural crítico, es decir, aquella que desempeña funciones irremplazables en términos ecológicos. No hay posibilidad de sustitución de la función de purificación de agua en la forma en que lo hacen los bosques, por ejemplo.

La razón de la falta de sustitución entre el capital manufacturado reside en que algunas funciones del capital natural son muy importantes, las denominadas funciones críticas. En segundo término se habla de la autonomía, incertidumbre e irreversibilidad, es decir, el capital natural es independiente de la actividad humana, no puede ser intervenido sin algún riesgo e incertidumbre en los resultados y algunos cambios son bruscos y no pueden ser llevados a un punto de no retorno una vez están en marcha. El argumento más sencillo es que el propio capital manufacturado esta hecho de partes de capital natural o materias primas y que sería imposible elaborarlo de la nada.

Este paradigma asume que hay una parte del capital natural que puede ser sacrificado siempre y cuando existan sustitutos, su pérdida sea reversible y no involucre costos desmedidos. En este sentido se puede concluir que no hay ningún dogmatismo en la categoría de baja elasticidad de sustitución en los capitales.

Pero hay múltiples dimensiones que pueden usarse como parámetro para determinar la importancia de un capital natural, van desde lo estrictamente ecológico funcional hasta lo espiritual pasando por lo económico.

El concepto de capital natural lo definen Constanza y Daly (1989) quienes hablan de la naturaleza como un objeto capaz de rendir útiles que la sociedad aprovecha, sea gratuitamente o mediante un pago. Estos autores a su vez se apoyaban en la teoría de valor y capital de Hicks. Existe algún grado de confusión al hablar de capital natural, pues, el capital no es un sinónimo perfecto de medios productivos manufacturados, es una categoría histórica que hace referencia a los medios de producción de propiedad privada que sirven para extraer plusvalor. No obstante, la confusión es doble pues tampoco se precisa qué, en específico, sería la producción del capital natural. El discurso de los servicios ambientales ha corregido un poco esta indefinición clasificando el capital natural de acuerdo con las funciones ecológicas de las que derivan los servicios ecológicos. Es importante mencionar que el capital natural en esta versión muy difundida no incluye los recursos no renovables.

Hablar de recursos naturales y clasificarlos como renovables y no renovables es igual de provechoso aunque suene anticuado. Hablar de capital natural en este sentido puede ser una debilidad compartida por ambos paradigmas.

Según Ekins (2003) la merma en el capital natural puede evaluarse en términos de la disminución de los bienes y servicios ambientales que dejan de ser aprovechados para el bienestar humano. Esto es algo de vital importancia pues al no ser de origen antropogénico el flujo es

imposible de regenerar, puede encontrarse un complemento con cierto grado de semejanza e incluso tratar de restaurar la función ecológica, sin embargo, esto debe ser visto como una pérdida de propiedades que era generada autónomamente por la biosfera sin intervención humana.

Regresando a las dimensiones que califican para que un capital natural sea considerado crítico, Brand (2009) distingue seis categorías:

1. Socio cultural: Algunos grupos sociales se adueñan de espacios naturales para su desarrollo contextual y objetual. Paisajes se sacralizan, espacios se destinan a recreación, otros a festividades, algunas áreas son objeto de estudio científico y poético.
2. Ecológica: Diversidad de ecosistemas ofrecen importantes funciones dentro de los ciclos biogeoquímicos, algunos otros son relevantes por el grado de endemismo de sus especies, en otros los gradientes climáticos constituyen nichos ecológicos en pocas hectáreas, etc.
3. Sustentabilidad: Desde un punto de vista completamente antropomórfico, algunos capitales son esenciales para el bienestar humano, de algunos obtenemos bienes de consumo como miel y café, de otros obtenemos paisajes hermosos, algunos otros sirven para purificar el agua que alimenta las ciudades, otros proveen servicios de polinización, etc.
4. Ética: La biosfera es una casa común y el derecho de existencia de las especies debe ser defendido y respetado. No somos la culminación de una cadena de evolución, compartimos un puesto horizontal con una diversidad de especies, sin embargo, somos la única que tiene autoconciencia y empatía por lo no específico. Conservar capitales naturales puede ser una fuerte pulsión ética.
5. Económica: algunos capitales naturales desempeñan roles esenciales para la actividad económica, la polinización quizá el más relevante para la agricultura, es un ejemplo muy interesante. Las cervezas tipo Lambic aun fermentan de manera natural con levaduras presentes en los sótanos y cavas de Bruselas. La energía hidroeléctrica generada por el gradiente de altitud en ríos es otro ejemplo de cómo algún capital natural contribuye a la actividad económica. En sentido negativo, eliminar fracciones de capital natural puede acarrear consecuencias adversas sobre la economía de alguna rama de producción y de comunidades enteras.
6. Supervivencia humana: algunos capitales son tan indispensables que su carencia ocasionaría una amenaza frontal para la vida, el ciclo del agua es un ejemplo obvio pero también la estabilidad climática lo es.

Un capital natural puede considerarse dentro de la definición de capital crítico siempre y cuando pueda ubicársele en una dimensión. Este modo de organización es compatible con una escala no transitiva de criticalidad. La no transitividad implica que no hay un orden continuo que evalúe superlativamente a los capitales. Un capital puede ser importante en términos económicos y seguramente culturales aunque escasamente relevante en términos ecológicos, por ejemplo los desiertos de mar en el caribe, no hay grado de comparación alguna con un ecosistema altamente importante en términos ecológicos como una selva y por tanto no hay un criterio de sustitución entre el capital natural.

Dietz y Neumayer (2008) insisten en la contradicción de que el paradigma de la sustentabilidad fuerte acepta la sustitución dentro del capital natural, esto es, que da lo mismo un bosque primario que una plantación forestal, que da lo mismo un centro turístico que una reserva de conservación. Desde mi punto de vista esta contradicción se patentiza en la metodología de la huella ecológica que reduce todo el espacio a una unidad de hectáreas globales sustitutivas y agregadas, por ejemplo. La realidad es que la contradicción puede solucionarse evitando el orden transitivo de los capitales naturales. Si un capital natural aplica como crítico, entonces no debe ser removido, ahora bien, la guía práctica para determinar qué es y qué no es crítico en cada dimensión expuesta es un proceso complejo que incumbe a la deliberación social. Las guías como máximo pueden dar una pauta, pero la decisión es un problema social.

Abundando sobre la dimensión económica puede afirmarse que el capital natural crítico es todo aquel que no es costeable para sustituirse en el largo plazo mediante la mejor tecnología disponible en el momento de su evaluación.

1.2.3 El debate entre los paradigmas de sostenibilidad débil y fuerte

Los argumentos principales sobre la sostenibilidad débil fueron desarrollados en las páginas de la *American Economic Review* durante los años setenta, de entonces a la fecha han ocurrido algunos avances como los que mencionamos hace poco, no obstante es importante reseñar el avance y la modificación de las posturas adoptadas a partir del debate que acontece a finales de los años noventa en la revista *Ecological Economics*, estas discusiones son importantes porque se realizan en una clara contraposición de ideas de los representantes de los paradigmas débil y fuerte de la sostenibilidad.

El debate inicia con las críticas de Georgescu-Roegen a la ciencia económica convencional y a su función de producción. Georgescu-Roegen (1996) piensa que las representaciones convencionales del proceso económico elaboradas por la economía neoclásica son metáforas mecanicistas que descartan la posibilidad de la transformación cualitativa desde un inicio. Las funciones de producción de la neoclásica son representaciones matemáticas de recetas de cocina donde se obtienen productos a partir de combinaciones de insumos, pero en ningún momento se distingue los fondos capaces de mover los flujos ni las características de los flujos de entrada ni de salida. Esto impediría ver la dinámica del proceso económico y su relación con la biosfera, impide ver que todo proceso económico es entrópico y que su única meta es el goce inmaterial de la vida.

El Economista Daly (1997) puntualizaba las críticas que el paradigma de la sostenibilidad fuerte hacia a los postulados de la sostenibilidad débil en apenas cuatro preguntas. Estas se abocaban a responder si la visión de la neoclásica debería atender las recomendaciones elaboradas por Georgescu Roegen según las cuales el proceso económico esta incrustado en la biosfera y este proceso debe cumplir las leyes físicas para ser viable, lo cual implica por principio la imposibilidad de un crecimiento perpetuo. Al respecto las preguntas parecen haber sido parcialmente contestadas puesto que aunque los representantes del paradigma de la sostenibilidad débil asumen que el proceso económico debe cumplir con el balance de materiales y el sistema económico esta incrustado en la biosfera tienen una forma distinta de entender el crecimiento. Por una parte lo

observan como incremento de la utilidad experimentada y a limitarlo únicamente con la expresión última de la ley de entropía, que no comprenden, pues la sitúan a la par de la hipótesis de muerte térmica del universo.

Stiglitz (Daly, 1997) afirma que el horizonte de validez de los modelos de crecimiento de la neoclásica es el corto a mediano plazo de cuando más 50 años y que dentro de estos parámetros sería oportuno considerar una sustitución alta entre capitales y buscar la maximización del crecimiento. Solow (Daly, 1997) por su parte cede a muchas de los cuestionamientos sobre sustitución de capitales pero al final de cuentas no considera que el cambio de orientación de los modelos deba ser radical. Un comentario crítico como el de Opschoor afirma lo siguiente: “La neoclásica tiene esperanza en el cambio tecnológico, fe en la sustitución y amor por que las generaciones futuras no se enfaden.”

Este debate fue importante para distinguir a que se refiere la sustitución entre capitales. Desde un punto de vista histórico el capital natural y el manufacturado se presentan como complementos. Desde un punto de vista biofísico el proceso de producción involucra únicamente la transformación de elementos naturales en elementos artificiales que las sociedades utilizan, de modo que hay una interdependencia. Aun así, el capital manufacturado y el ingenio humano pueden sustituir las funciones del capital natural en algunos sentidos pero siempre debemos observar el margen temporal y geográfico así como el orden micro o macroeconómico (Daly, 1997).

Una crítica muy importante que el paradigma de la sostenibilidad débil no ha sabido responder es sobre si la colección de decisiones sobre el crecimiento que se toman con horizontes de 50 años conduce a una acumulación de errores para la modelación de un periodo más amplio de tiempo. De igual manera, en términos biofísicos surge la duda de si la sustitución entre capitales conduzca a un incremento de los costos de mantenimiento que limiten seriamente el crecimiento, incluso de la utilidad experimentada.

1.3 La perspectiva de una economía ecológica. La sustentabilidad en Marx. Encuentros y desencuentros

La economía ecológica es una ciencia que trata de conjuntar el estudio económico y ecológico, pues en el origen la palabra *oikos* pertenece a la raíz de ambas. Por lo tanto, estudia la interacción entre los sistemas ecológicos y económicos. Una diferencia importante respecto de la ciencia económica normal es que considera que la sociedad es una parte dentro del sistema biosfera con la cual debe mantener ciertos intercambios para poder mantenerse a lo largo del tiempo.

Para la economía ecológica los datos empíricos, la gestión racional y democrática deciden la cuestión de la sustentabilidad. En términos económicos una sociedad es sustentable si además es equitativa y participativa.

La economía ecológica se distingue por un uso no dogmático de los paradigmas de la sustentabilidad. Analiza en que situaciones y contextos hay una posibilidad de sustitución entre activos producidos y naturales, sustitución que no se da por supuesta. La sostenibilidad implica antes que nada una visión no propietaria de los recursos naturales.

Uno de los primeros economistas en referirse a las cuestiones de la sostenibilidad fue Marx, mediante su análisis de la ruptura metabólica entre ciudad y campo que degrada las condiciones del metabolismo universales y trans-históricas entre la sociedad y la naturaleza determinó que una gestión racional de los recursos es imposible en el capitalismo (Foster, 2001). Según Marx (1894) la sostenibilidad pasaba por gestionar racionalmente el uso y acceso a los recursos naturales, lo que solo era posible en una comunidad de productores asociados. “Ni siquiera toda una sociedad, una nación o, es más, todas las sociedades contemporáneas reunidas, son propietarias de la tierra. Sólo son sus poseedoras, sus usufructuarias, y deben legarla mejorada, como *boni patres familias* (buenos padres de familia), a las generaciones venideras”, escribía Marx al discutir la renta de los recursos naturales.

La idea de Marx sobre la incompatibilidad de la propiedad privada con la sostenibilidad había surgido de sus estudios de las ideas de Proudhon sobre la justificación de la propiedad privada en términos sociales, jurídicos, políticos y económicos. Para ambos pensadores el capitalismo se basa en un robo, robo de la propiedad, robo del trabajo excedente y robo de las condiciones naturales de la producción.

El capitalismo solo puede desarrollarse explotando las fuentes originales de la riqueza: el trabajo y la naturaleza, es esta la conclusión de la ley general del desarrollo capitalista como la desarrolla Marx en el tomo 1 de El Capital. Para llegar a esta conclusión desarrolla la idea de la existencia de condiciones generales de la producción que son provistas gratuitamente por la naturaleza y de las que el capital se aprovecha sin restitución o límite alguno. El sistema capitalista que trata los límites naturales como barreras a ser superadas ocasiona una ruptura metabólica inexorable.

La acumulación de capital es el objetivo de la producción más que la satisfacción de necesidades o el respeto a la naturaleza. La contradicción entre el valor de uso y el valor de cambio conduce a una intensificación de los impactos ambientales y al crecimiento económico. Esto se conoce como la segunda contradicción del capitalismo.

Las crisis ecológicas que puede generar el capitalismo son de dos tipos (Foster, 2013):

1. La crisis asociada a escasez de recursos naturales (aumento de los costes y reducción de los márgenes de beneficio)
2. Crisis ecológicas no reconocidas como límites a la acumulación (no hay una verificación inmediata de incremento de los costos que asume el capital, son por tanto, exteriorizados)

Así que, aunque la crítica al crecimiento es un elemento válido, la acumulación de capital es la determinación subyacente que evita la pseudoconcreción como veíamos en el apartado 1.1.2.1.⁹

⁹ El Marxismo ecológico que atraviesa dos generaciones desde 1960 arriba a tres pilares teóricos:

1. El análisis del valor de uso ecológico: En el análisis de producción en general se detecta que la riqueza proviene tanto de la naturaleza como del trabajo. El particular modo de producción capitalista disocia a los trabajadores de sus medios de producción y de las condiciones de la producción, por ende lo que se critica es este particular modo de producción en el que únicamente se considera el valor de cambio. El capitalismo es

A pesar de esto existe una controversia sobre la importancia de la ecología para el marxismo. Para Joan Martínez Alier (1991) el divorcio entre marxismo y ecología se encuentra desde origen en el rechazo flagrante que tanto Marx como Engels hacen de la teoría de Podolinsky sobre el rendimiento energético de la agricultura. Por su parte, Naredo (2012) también critica el prometeísmo de Marx cuando proclama el advenimiento de una sociedad donde la riqueza fluye a manos llenas. En tanto que Sacristán solo le atribuye atisbos político ecológicos a los comentarios de Marx y Engels sobre la naturaleza. Al parecer el aparato teórico conceptual marxista tendría que ser reconfigurado o sustituido para poder dar cabida a las consideraciones ecológicas.

Al respecto es importante decir que los debates han avanzado bastante y hoy se reconoce que el pensamiento ecológico de Marx no era accesorio, mejor aún, es una parte central a esgrimir en la crítica contra el capitalismo. La concepción de la naturaleza en Marx fue objeto de disquisiciones doctorales para Schmidt (1976) y su estudio es pionero en recuperar algo que en este método es fundamental: la naturaleza como categoría social. La naturaleza tiene carácter objetivo, en ella hay causalidad, sus fuerzas se ven sometidas a leyes físicas y químicas, lo cual no excluye el cambio, de hecho se habla de una evolución química de la tierra, la evolución biológica, etc. Frente al hombre es una materia informe que ha de ser modificada para aprovecharla de manera útil. El hombre es el único que se relaciona libremente con la naturaleza, esto no es decir más que la naturaleza se relaciona con ella misma, pero el hombre tiene la virtud de relacionarse con ella de manera presente, inmediatamente, en el pasado, mediatamente, y en el futuro determinando la voluntad de su acción. De igual modo el concepto social de naturaleza, de forma global, se enriquece al correr del progreso científico técnico, de igual forma que mayor cantidad de ella, parcelas inexploradas son sujetas de una praxis productiva e incluso revolucionaria. Desde un punto de vista histórico, sin considerar la forma social, los hombres se enfrentan a esta serie de condiciones preestablecidas, cosas imposibles de suprimir, cosas a las que se debe acceder para sobrevivir, vivir y producir. Marx en la *Crítica del programa de Gotha* define a la naturaleza como primera fuente de todos los medios y objetos de trabajo y recuérdese como rescata de la aritmética política de Petty aquello de que las mercancías proceden del padre trabajo y de la madre tierra. Estudiar el hombre por el hombre mismo, aislado de la naturaleza es un equívoco culturalista y solo puede dar pábulo a los más absurdos programas de la naturaleza como aquello que está ahí gratis, lo mismo es válido al revés y la crítica a la modernidad capitalista no puede estar completa sin una correcta interpretación de la naturaleza.

visto como un sistema de externalizaciones generalizado o bien como un sistema de expropiación de la mayoría por unos cuantos (cuando algunas fracciones de la naturaleza entran en el cálculo lo hacen únicamente demostrando el poder de la propiedad privada para apropiarse las rentas).

2. La brecha o ruptura metabólica: una condición de incompatibilidad entre la acumulación de capital y las condiciones de creación de la riqueza: población y naturaleza. Puede expresarse de diversas formas.

3. Crisis ecológica: 1 Escasez absoluta de recursos naturales que aumenta los costos del capital fijo y pone obstáculos a la generación de plusvalías; 2 El capitalismo puede correr paralelo a la degradación ecológica, agrava los problemas y los desplaza.

Así mismo, los análisis de intercambio ecológico desigual y de fractura metabólica son herramientas indispensables de su análisis, parte de las cuales se apoyan en los indicadores desarrollados en el capítulo 4 de esta tesis.

Pero Marx va más allá y utiliza una mediación que le permite relacionar al hombre y la naturaleza de manera original, para él la objetivación no es algo negativo de por sí. Los sujetos median con la naturaleza (mediación social de la naturaleza) sobre la base del trabajo, en la actividad nunca se identifican homogéneamente, o como dice Schmidt (1976: 82) “El mundo material de la naturaleza, que abarca tanto al sujeto como al objeto del trabajo, no es un sustrato homogéneo. El momento de su no identidad perdura bajo todas las condiciones sociales, justamente sobre la base del trabajo, que por otra parte vincula al sujeto y al objeto”.

De este modo encontramos naturaleza como una categoría central del pensamiento marxista y muchas herramientas conceptuales indispensables para analizar las relaciones entre la economía y la ecología. De esta forma hemos querido dar la impresión de que existe un debate sobre si el marxismo es o no ecológico, pero que este debate se está cargando en favor de reverdecer al marxismo haciendo una lectura novedosa y a la vez objetiva.

Regresando a la economía ecológica. Para esta ciencia es muy importante centrar el asunto en la sostenibilidad por encima de cualquier modo de producción que la haga imposible. Debería ser más fácil pensar en la desaparición de un modo de producción que en la desaparición de las condiciones universales del metabolismo. Para hacerlo de esta manera, la economía ecológica se ha visto en la necesidad de adoptar una forma de actuar posnormal.

La ciencia posnormal (Funtowics y Ravetz, 1993) surge en un contexto de alta incertidumbre en las decisiones, donde los valores son disputados, el riesgo es alto y la decisión es urgente. Ahí no hay espacio para una verdad consensuada por oposición a todas las demás, ahí hay un espacio para el debate entre los iguales con la mayor información disponible. La economía ecológica da pie a múltiples lenguajes de valoración, a diversas metodologías de cálculo, a visiones contrapuestas, etc. Todo con el fin de asegurar la calidad de la información y realizar la mejor elección.

Ambos paradigmas, el de sostenibilidad débil y fuerte, tienen sus pros y contras, pero han mostrado patrones de acción política. Ambos tienen la posibilidad de entrar a la discusión y a la elección. Por eso en esta tesis vamos a hacer uso de ambos para evaluar el mismo estilo de desarrollo.

1.4 Conclusiones del capítulo

El desarrollo sustentable ha experimentado una involución como concepto que va del señalamiento del crecimiento al juicio contra la pobreza como causa de degradación ambiental. Será de vital importancia revitalizar la discusión sobre límites del crecimiento. Actualmente no solo el crecimiento es bien visto sino que además toda una serie de mecanismos de mercado son propuestos como remedios para el fracaso de la conservación. A más de 40 años de distancia de los esfuerzos por volver sustentable a la economía, lo cierto es que cada vez nos encontramos más lejos de tal situación y más cerca de la catástrofe. Sin embargo, el concepto puede ser pulido y defendido consistentemente como un pleno florecimiento del potencial humano compatible con la estabilidad geoclimática del holoceno.

En el campo de la economía hemos detectado dos paradigmas que tratan el campo de la sostenibilidad.

La sustentabilidad débil da por supuesta la sustituibilidad entre los distintos tipos de capitales. Se nota un fuerte dogmatismo. Para este paradigma el agotamiento de recursos y la degradación ambiental no son tragedias sino eventos. La principal desventaja de este paradigma es su suposición inverificable de la elasticidad de sustitución elevada entre los distintos tipos de capitales. Otra de sus debilidades es el compromiso con la valoración monetaria y las soluciones de mercado. Ahora ya se abandona la posibilidad de un crecimiento ilimitado.

Este tipo de paradigma ha propuesto algunas soluciones creativas para el agotamiento óptimo de recursos no renovables. En principio, el planteamiento tan abstracto de este paradigma abarcaría a los recursos no renovables que quedan fuera del ámbito de estudio del paradigma de sustentabilidad fuerte. Cada vez se va mostrando como una hipótesis restrictiva más que como un punto de partida para la ciencia.

La sustentabilidad fuerte afirma que el capital natural es la mayor parte de las veces un complemento de la actividad económica, la fracción más importante del capital natural se denomina crítico. Este paradigma establece un marco multidimensional para hablar del capital natural crítico.

Una desventaja de este enfoque es que habla de capital natural definido por funciones ecológicas quedando fuera de discusión algunos recursos que no desempeñan funciones ambientales aunque son muy importantes para la economía humana como los combustibles fósiles y una cantidad de minerales. Otra desventaja es que habla de capital de una forma que podría ser catalogada como fetiche, la naturaleza no es una fábrica a nuestra disposición, antes bien, el marco de la economía ecológica habla de la naturaleza como la condición pre-social con la que la sociedad establece un metabolismo para poder vivir. Finalmente la debilidad no resuelta por el paradigma de la sustentabilidad fuerte es la sustitución al interior de los capitales naturales, si alguna propuesta original existe en este ensayo es la de evaluar la criticidad del capital natural sin recurrir a la transitividad.

No se detecta dogmatismo alguno en la sustentabilidad fuerte. Existen guías para determinar y conocer el capital natural crítico como proceso democrático, asegurar la calidad en la información es un paso de la ciencia postnormal.

La economía ecológica como campo multidisciplinario se enfoca al estudio del metabolismo y los problemas de sostenibilidad. La sociedad no puede ser propietaria de la tierra, es la usufructuaria únicamente y debe legarla mejorada a sus herederos, es esta la versión de la sustentabilidad en Marx. La economía ecológica puede hacer uso de ambos paradigmas y sus reglas de contraste entre sostenibilidad e insostenibilidad. Como una ciencia postnormal no trata de dar respuestas únicas a problemas complejos sino de asegurar la calidad de información y verificar una solución democrática.

2. Cuantificación e indicadores. La relación cuantitativa entre la economía y la naturaleza

Las sociedades humanas cualesquiera sean sus condiciones, sus características y rasgos, o sus niveles de complejidad, no existen en un vacío ecológico sino que afectan y son afectados por las dinámicas, ciclos y pulsos de la naturaleza (Toledo & Gonzalez, 2011). El modo en que las sociedades interactúan con su medio ambiente puede captarse a través del concepto de metabolismo, éste, describe y analiza los modos en que la sociedad se apropia, transforma, distribuye y desecha elementos, materiales y energía de baja entropía, contenidos en la naturaleza que le son indispensables para funcionar. En este sentido, existe algo más que una analogía entre el funcionamiento de un organismo y las sociedades, en ambos casos, se trata de sistemas auto-organizados capaces de aprovechar la energía y los materiales del medio para mantenerse en un estado estable lejos del equilibrio termodinámico.

Más que una simple analogía o isomorfismo, existe una dimensión sociocultural en el metabolismo social que le diferencia de cualquier otro metabolismo de organizaciones animales gregarias o sociales. Los seres humanos se distinguen por la autoconciencia, la selección cultural de aparatos exosomáticos, la presencia del lenguaje y la búsqueda de propósitos (Ramos, 2005).

Dentro de este marco teórico, el sistema económico funciona como un mecanismo regulador del metabolismo (Ayres & Simonis, 1994) que balancea las necesidades materiales con las capacidades de producción.

El metabolismo de las sociedades modernas puede ser definido como industrial y difiere del metabolismo orgánico en algunos puntos, en primer lugar, el sistema industrial tiende a no cerrar los ciclos de materiales convirtiendo materias primas en desechos, en segundo lugar, las escalas de tiempo se han acelerado drásticamente poniendo en entredicho la capacidad de adaptación y recuperación de la biosfera en su conjunto. La diferencia final reside en la capacidad de los seres humanos de gestionar, para provecho universal, las fases del metabolismo social para orientarlos en direcciones coincidentes con el equilibrio ecológico (Vernadsky, 1997).

Todas las sociedades y sus sistemas económicos han tenido problemas ecológicos que se modifican conforme cambian las fases del metabolismo, se presentan casos de éxito tanto como de fracaso (Diamond, 2007). Sin embargo, los problemas de sostenibilidad de la moderna sociedad industrial configuran por derecho propio una crisis ecológica de escala planetaria (UNEP, 2011). Dejando de lado el diagnóstico de las causas, la mayoría de analistas coinciden en que el objetivo de un sistema económico en equilibrio con el mundo natural debe basarse en una estrategia premeditada que modifique las fases del metabolismo que degradan las bases del capital natural tanto en sus funciones de fuente de recursos como en las de sumidero de desechos, en otras palabras, la cuestión estriba en que la economía sepa aprovecharse de la energía solar y sus derivados renovables para cerrar los ciclos de materiales, posibilitando que los residuos se conviertan otra vez en recursos, evitando el progresivo deterioro de la corteza terrestre que actualmente se opera por la dispersión de recursos y la contaminación (Naredo & Valero, 1999).

No cabe duda que dirigir el sistema económico en sentido inverso al que hasta ahora ha seguido requerirá una fuerte inversión en sectores y transformación de procesos clave como son la eficiencia energética y de recursos, la protección y conservación del capital natural, y finalmente en la promoción de nuevos patrones de cultura y consumo más sustentables (Masera, 2002).

Establecido un objetivo, hace falta un sistema de indicadores para monitorear los avances (o retrocesos) hacia (desde) los escenarios planteados. Ha resultado difícil apoyarse en los indicadores comunes sobre bienestar, crecimiento (como el PIB) y desarrollo debido a su falta de sensibilidad sobre la importancia que revisten los procesos naturales (Martinez Alier & Roca, 2013).

Por este motivo, han surgido distintas iniciativas a nivel global para medir la interacción entre el medio ambiente y la economía humana. Una de las iniciativas más relevantes es el sistema de contabilidad económico ambiental que tiene la capacidad de organizar indicadores biofísicos y monetarios de un mismo tema, combinando definiciones y clasificaciones en un solo esquema ya sea de flujos o de balances de apertura y cierre (System of Environmental Economic Accounting, 2014). Otra iniciativa importante es la que proviene de la oficina europea de estadística (EUROSTAT) denominada contabilidad de flujo de materiales del total de la economía (EW-MFA, por sus siglas en inglés) que se propone describir la relación de la economía con los flujos de materiales siguiendo el marco de referencia de las cuentas nacionales, a partir de este módulo de contabilidad puede determinarse la estructura metabólica de la sociedad y las presiones que ejerce sobre los recursos naturales. Un defecto de este sistema es que no incorpora flujos de agua, oxígeno ni flujos internos de la economía nacional (EUROSTAT, 2012).

Existen un número importante y creciente de propuestas individuales de sistemas completos o indicadores puntuales que se proponen medir la transición hacia una economía sustentable (Daly & Cobb, 1989)(Ekins, et al, 2003), de tal modo que, no podrá decirse que en materia de economía y medio ambiente dispongamos de herramientas analítico-cuantitativas limitadas. Empero, desde un punto de vista lógico, un sistema de indicadores del metabolismo de las sociedades debe cumplir los siguientes requisitos (Toledo & Gonzalez, 2011):

1. Tener fuerte coherencia y robustez conceptual;
2. Ser lo menos arbitraria posible al trazar los límites o fronteras entre los fenómenos que representa;
3. Debe ser explícita en cuanto a categorías, parámetros, variables y métodos, los cuales deben ser identificables, obtenibles y cuantificables.

2.1 Las estrategias de economía/crecimiento verde y su relevancia para países emergentes.

En el año 2011 el programa de naciones unidas para el medio ambiente (UNEP, por sus siglas en inglés) definió la economía verde como aquella que “mejora el bienestar del ser humano y la equidad social, a la vez que reduce significativamente los riesgos ambientales y la escasez ecológica... o... mejora(r) la calidad de la vida humana dentro de la capacidad de carga de los ecosistemas que la soportan (PNUMA, 2011).

Esta definición partía de un contexto en el que el desarrollo sustentable había tendido a perder creatividad en la aplicación y la economía mundial se encontraba en el punto más bajo de la recesión, por este motivo, el programa de UNEP buscaba canalizar las inversiones clave para reactivar la economía en aquellos sectores para los que había mayores posibilidades de incrementos de la productividad y cambios tecnológicos pro-ambientales.

Dentro de este ejercicio, se explicaba, a través de un modelo de dinámica de sistemas, que una inversión del 2% del PIB global podría aumentar el crecimiento potencial más allá de lo que, con una inversión similar, lograría el escenario económico base tendencial. Sin embargo, los parámetros ambientales no se encontrarían dentro de umbrales de sustentabilidad o minimización de riesgo, pues, este estilo de desarrollo coincidiría con una concentración del orden de 500 a 600 ppm de CO₂ en la atmósfera y 1.2 a 1.4 veces la huella ecológica mundial respecto de la biocapacidad.

Posteriormente, aparecieron contribuciones de otros organismos multilaterales que trataron de incentivar la puesta en práctica de un proyecto de sustentabilidad mediante estrategias económicas un tanto distinto de lo pensado en primera instancia por el grupo de trabajo de UNEP. Los trabajos de (OECD, 2011) y (World Bank, 2012), se dirigieron a justificar la actualidad del crecimiento como puente para conectar los objetivos sociales con los ambientales, bajo un nuevo concepto denominado crecimiento verde.

Para la OECD (OECD, 2011) el crecimiento verde se caracteriza por “el fomento de un desarrollo económico que asegura la permanencia de la base de recursos naturales, la cual, proporciona los bienes y servicios ambientales de los que depende el bienestar”. Para lograr una estrategia de crecimiento verde exitosa se debería catalizar la inversión e innovación que ayude a sostener el crecimiento y generar nuevas oportunidades económicas. En este tipo de posturas es el crecimiento más que el bienestar o la calidad de vida la que ocupa el centro de la discusión.

En un documento de profundización sobre la estrategia, la OECD reporta las razones por las cuales los países menos desarrollados deberían crear políticas y programas enfocados a modificar el patrón de crecimiento para enverdecirlo. Las razones eran tanto riesgos evitados como beneficios añadidos (OECD, 2013):

- Riesgos evitados: problemas de salud por contaminación de agua y aire; seguridad de acceso a recursos naturales como agua y biomasa; adaptación y mitigación del cambio climático.
- Beneficios añadidos: manejo sostenible de bienes comunes; reducción de pobreza y desigualdad; nuevos negocios y empleos (por ejemplo desarrollo de agricultura orgánica, certificación de bosques y pesquerías, ecoturismo, energías renovables y servicios); infraestructura verde; resiliencia ante cambio climático; seguridad energética.

El punto en el que confluyen las iniciativas de economía y crecimiento verde es sobre una inquietud acerca del modo óptimo en que la aplicación de las estrategias políticas podría asegurar el aprovechamiento de sinergias y la eliminación de disyuntivas entre los objetivos ambientales y los sociales. La solución propuesta consiste, para el crecimiento verde, en marcar como ideas fuerza el incremento de la productividad y el desacoplamiento de las actividades económicas, considerado como una causa subyacente, respecto de las presiones ambientales; mientras que, para la economía

verde, era de vital importancia modificar el patrón de crecimiento de los sectores críticos (energía, manufacturas, transporte, edificios, residuos, agricultura, pesquerías, agua y actividades forestales), lo cual aseguraría una mejor asignación de capital.

La debilidad de estas propuestas, parcialmente reconocida por sus autores, radica en la incapacidad de determinar que parte del desacoplamiento o incremento de la productividad de recursos naturales, de existir, es ocasionado por cambios directos en la productividad, por sustitución de insumos o por efectos del comercio exterior (Hoffman, 2011). Además, se ha desestimado la suficiencia de las propuestas erigidas por no cumplir con criterios compatibles con la sustentabilidad ambiental (Victor & Jackson, 2012). Más recientemente, se ha criticado su compromiso con el crecimiento económico como indicador único del bienestar social experimentado (Jakob & Edenhofer, 2014).

En este sentido, se han sugerido una serie de adaptaciones para mejorar la viabilidad y conveniencia de una estrategia de economía verde, entre los que destaca, modificar el discurso y centrarlo en el bienestar y la seguridad económica antes que en el crecimiento económico (Ferguson, 2015). Lo cual, implica incorporar nuevos métodos e indicadores para generar estrategias exitosas que aseguren la permanencia del capital natural, la correcta satisfacción de necesidades humanas y el aumento del bienestar y la equidad dentro de la capacidad de carga de los ecosistemas (Stiglitz, Sen, & Fitoussi, 2009).

Para una economía emergente con un nivel de ingreso medio-alto como México es indispensable enfocar las disyuntivas entre crecimiento económico, pobreza y enorme riqueza biocultural. Al mismo tiempo, el nivel de complejidad económica alcanzado en la globalización hace realmente complicado distinguir las interacciones entre causas subyacentes, presiones e impactos ambientales.

Para afrontar este reto, junto a los requisitos planteados en el apartado anterior, el Conjunto de Indicadores del Crecimiento Verde se perfila como una iniciativa pionera de monitoreo de los avances hacia una estrategia de economía verde en México entre 1990 y 2014. En la evaluación realizada en capítulos siguientes trataremos de verificar los procesos de a) crecimiento, desarrollo económico y distribución equitativa de la riqueza; b) desacoplamiento relativo o absoluto de los recursos y la energía; c) reducción de las intensidades de contaminación y degradación ambiental; d) cuidado y permanencia del capital natural crítico; e) regulación, innovación y esfuerzo en estrategias, emprendimientos y oportunidades verdes.

2.2 El Conjunto de Indicadores del Crecimiento Verde.

Los esfuerzos por monitorear mediante estadísticas e indicadores las interacciones entre la economía y el medio ambiente a nivel internacional se agrupan en torno al desarrollo de un Marco Central del Sistema de Contabilidad Ambiental (SEEA por sus siglas en inglés). A través de una evolución por consenso y delimitación de metodologías, el sistema ha logrado constituirse en un referente en materia de estadísticas e indicadores.

El SEEA se define como el marco conceptual multipropósito que expone las influencias recíprocas entre la economía y el medio ambiente, y las existencias de activos ambientales y sus variaciones. Este marco de referencia a menudo citado como el marco ideal de las iniciativas de economía y crecimiento verde (ONU, Comisión Europea, FMI, FAO, OCDE, Banco Mundial, 2012) trata de presentar estadísticas híbridas de flujos y activos económicos y ambientales, así como, estadísticas de las cuentas nacionales tradicionales corregidas ambientalmente o enfocadas desde el punto de vista del aprovechamiento y manejo de los recursos naturales.

El SEEA utiliza el marco tradicional de contabilidad económica y resalta aquellas actividades que son importantes en el manejo de los recursos. El SEEA desarrolla cuadros híbridos que muestran los flujos y fondos en términos físicos y económicos.

El SEEA permite desarrollar indicadores para monitorear la productividad y la intensidad de recursos naturales; permite desarrollar medidas del desacoplamiento entre las causas económicas y las presiones ambientales; permite, así mismo, monitorear la distribución de los costos, las oportunidades y los esfuerzos derivados de ciertos patrones de actividad económica. No obstante, aunque permite hacer importantes avances analíticos, el sistema como tal *es incapaz de medir la sustentabilidad ecológica*, pues no informa si en un momento determinado las presiones económicas son inferiores a la capacidad de carga del ecosistema, o, si la productividad está avanzando con suficiente rapidez para alcanzar la sustentabilidad (Bartelmus, 2007).

El juicio crítico que ejerce Bartelmus (2007) no ha sido desmentido en la reedición del SEEA durante 2012. Hasta donde podemos juzgar, su contenido sigue siendo esencialmente el mismo. Esta es una limitante seria que no comparten los indicadores de huella ambiental que tratan de correlacionar presiones económicas con límites ecológicos para discriminar sustentabilidad además de eficiencia (Hoekstra & Wiedmann, 2014).

Para monitorear un proyecto nacional de economía o crecimiento verde debemos hacer un uso extensivo de las estadísticas e indicadores propuestos por SEEA. No obstante, el objetivo del monitoreo deberá ser mostrar un condensado de indicadores dentro de una estructura conceptual coherente para que sean de fácil determinación algunos de los patrones que nos indican tanto sustentabilidad como desarrollo humano.

Tomando como referencia el esquema organizativo propuesto por (OECD, 2011) se han desarrollado sesenta y nueve indicadores que constituyen el conjunto de indicadores de crecimiento verde de México, los cuales, se agrupan en cuatro grandes secciones que engloban los principales aspectos del metabolismo y del crecimiento de nuestra sociedad: 1) la producción y el consumo, 2) el capital natural, 3) la innovación, las oportunidades económicas y las políticas públicas que promueven el crecimiento verde y, 4) el contexto socioeconómico nacional (Figura 1).

Figura 1. Marco organizativo del Conjunto de Indicadores del crecimiento verde



Fuente: Modificado de (OECD, Towards Green Growth: Monitoring Progress. OECD Indicators, 2011)

En la sección de *producción y consumo* ubicamos los indicadores de productividad e intensidad de nivel nacional. Aquí se presentan series temporales que muestran el avance hacia una economía que aprovecha mejor los recursos naturales o, para el caso de las intensidades, que impacte más levemente al ambiente. La sección pretende además contar con la información completa sobre el volumen total de presiones ambientales y de actividades económicas.

Como se mencionó antes, una estrategia de sustentable se basa en el desacoplamiento del crecimiento económico respecto de las presiones ambientales directas e indirectas. Este concepto se monitorea mediante el avance de la productividad y la reducción de las intensidades. Es importante considerar la causa y magnitud del movimiento de la productividad para determinar si es un genuino desacoplamiento y si la velocidad a la cual se lleva a cabo es suficiente para mantener la integridad del capital natural.

La sección de *capital natural* muestra las cuentas de activos ambientales dentro de las fronteras nacionales y sus cambios a través del tiempo. Sirve para monitorear la permanencia y los cambios ocasionados sobre los activos ambientales y económicos no producidos como consecuencia de las actividades de producción distribución y consumo.

En la definición de *activos ambientales* va implícito todo elemento natural que sea valioso para la economía, en este caso incluimos tanto recursos fósiles como minerales que no desempeñan funciones esenciales dentro de los ecosistemas naturales, pero que, son elementos importantes como activos económicos no producidos. La discusión sobre sustitución entre distintos tipos de capitales y la importancia ponderada de cada uno de ellos para la conservación aún se encuentra en curso. Por este motivo, en esta sección únicamente juzgamos tasas de cambio de los activos ambientales.

La sección de *innovación, oportunidades y políticas públicas* pretende mostrar las estadísticas funcionales de la relación economía y medio ambiente, por ejemplo, el volumen de valor agregado y empleos que se relaciona con el aprovechamiento sustentable o la protección ambiental que, aunque ya son captados mediante las estadísticas económicas tradicionales, deben ser observados en detalle estructural. Por otra parte, muestra las respuestas y la distribución de esfuerzos y costos relacionados con los bienes y servicios ambientales, como el precio del agua, la electricidad y los combustibles, los impuestos, y los gastos en protección ambiental.

Una estrategia de economía verde abre oportunidades económicas que cristalizan en empleos, inversión y producción en actividades que manejan sustentablemente el medio ambiente, por otra parte, limita los incentivos perniciosos que dañan el medio ambiente como los subsidios o la falta de regulación. El uso de algunos bienes y servicios ambientales reporta en este momento pérdidas y ganancias recogidas y subvaloradas por el sistema de mercado, una estrategia de crecimiento verde trata de alterar la distribución para que sea más compatible con la permanencia del capital natural. En esta sección se indican las distribuciones y de qué forma pueden estar a favor o en contra del capital natural.

La sección de *contexto socioeconómico* muestra una radiografía de la situación nacional en diversos frentes sociales considerados como elementos explicativos del desarrollo humano como son la educación, la distribución de los ingresos, la productividad, la dinámica demográfica y el crecimiento económico. La sección de salud y servicios se enfoca a mostrar cómo el correcto manejo del medio ambiente y los recursos naturales puede tener impactos sobre la salud y la seguridad de las personas. Esta sección trata de centrarse en el bienestar humano en sus distintas dimensiones. Una estrategia de economía verde exitosa aumenta el bienestar sin ir en contra del medio ambiente, para lograr el incremento de esta variable se dispone del crecimiento desde luego, aunque también hay ventanas de oportunidad desaprovechadas en los frentes de equidad, educación, empleo, servicios públicos y salud que deben ser exploradas e incentivadas. La propuesta de la OECD denominada *Crecimiento verde* además ofrece la posibilidad de comparativas a nivel internacional. Este sistema busca dos modos de modificar los patrones económicos, enverdecer las actividades actuales o crear oportunidades nuevas de negocios amables con el medio ambiente para lo cual propone cuatro módulos en los que distribuyen 25 indicadores. La propuesta parte de un esquema interrelacionado muy parecido al de Presión-Estado-Respuesta que explicamos a continuación.

El primer grupo de indicadores de la propuesta mide la productividad obtenida a partir de los recursos consumidos; trata de captar las sendas de desmaterialización y eficiencia de las economías. Un segundo grupo de indicadores mide la evolución física de los activos naturales no producidos en franco reconocimiento de que recursos naturales degradados constituyen un obstáculo al desarrollo, estos indicadores tratan de captar los movimientos del capital natural de la economía e introducen la noción de sustitución entre los distintos tipos de capitales siempre y cuando se asegure el incremento de la inversión neta. Un tercer grupo de indicadores mide la calidad de vida relacionada con el medio ambiente, en esta sección se considera que el medio ambiente es un determinante directo muy importante de la salud y el bienestar de la población; este conjunto trata de captar las pérdidas de bienestar asociadas a procesos de estrés hídrico o

contaminación troposférica. Por último, el cuarto grupo de indicadores mide las respuestas y oportunidades aprovechadas que aparecen a partir de una estrategia económica más sustentable; este grupo presta especial atención a los procesos de investigación y desarrollo, innovación, impuestos correctivos de fallos de mercado e instrumentos regulatorios directos.

Los principales defectos en la propuesta de la OECD no residen tanto en el esquema conceptual o en la calidad de los indicadores como en las posibilidades de transformación económica que fomentan en el mediano plazo (Hoffman, 2011). Para compatibilizar la propuesta con las prioridades locales, se hace necesario flexibilizar un poco el set de indicadores e incluso es indispensable ampliarlo para cubrir una serie de fenómenos móviles según cambiamos de contexto espacial y socioeconómico, por ejemplo, en México es de vital importancia considerar los efectos nocivos de la regulación impositiva que en la práctica subsidia el consumo de combustibles fósiles y energía eléctrica (Scott, 2011), o bien, atender las cuestiones relativas a la cuantificación multidimensional de la pobreza (Conapo, 2013), pues, a nivel nacional el número de personas en situación de pobreza fue de 53.3 millones en 2012, es decir, el 46.1% de la población. Desde un ámbito global, las personas que viven en condiciones de pobreza son especialmente vulnerables a los riesgos relacionados con el clima impuestos por el aumento del nivel del mar, la erosión de las costas y la frecuencia de tormentas (UNEP, 2011). Estos dos temas de particular importancia son tocados muy levemente en la propuesta original y vale la pena dedicarles un espacio de reflexión.

En México, a pesar de contar con una tradición amplia de conservación y legislación medioambiental (Lezama & Graizbord, 2010) aún resta trabajo por hacer en materia de indicadores de economía y medio ambiente, si bien, tampoco carecemos de experiencia. El Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas viene siendo publicado con cierta regularidad por el INEGI desde 1985, gracias a estos trabajos podemos conocer el impacto que en términos monetarios genera sobre la economía el agotamiento y la degradación de ciertos activos naturales, por ejemplo, entre 1985 y 1992 los costos asociados por agotamiento y degradación promediaron 12.5% del PIB (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 1999), con una tendencia descendente, pues, el costo entre 1993 y 1997 promedió 11.8% del PIB, el dato más reciente, para 2012, indica que los costos apenas sumaron 6.3% del PIB (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2014).

En un reciente trabajo producto de discusiones de elaboradores de estadística ambiental en México se determinó que los problemas fundamentales de disponibilidad de información ambiental son mayores que los de calidad de la información ya disponible. Si, por una parte, disponemos de estadísticas completas y de excelente calidad en materia de energía y cambio climático, en el ámbito de residuos sólidos urbanos aún se carece de mediciones directas (Mercado & López, 2015).

Dentro de la forma en que se trabaja actualmente el desarrollo de estadísticas se ha insistido enormemente en la generación de consensos, estándares, procedimientos únicos y resultados precisos para evitar que se llegue a la estimación del usuario final.

Teniendo a la vista estos antecedentes metodológicos vigentes y complementarios, así como sus fortalezas y debilidades, la propuesta aquí presentada consiste en 69 indicadores y cerca de 180 informaciones complementarias a nivel nacional para un periodo de tiempo que abarca de

1990 a la fecha, cuando la información lo permite, con lo cual es posible hacer un análisis de mediano plazo de las tendencias económicas y ecológicas verificadas en el seno de una nación subdesarrollada. Algunos indicadores contemplados ya son tradicionales en el análisis económico, pero se les analiza de otro modo, otros indicadores son inéditos y generan mucha mayor atracción, no hemos pretendido agotar las posibilidades de un ejercicio cuantitativo, no obstante, la imagen integrada del sistema de indicadores sirve para ofrecer una imagen de alta resolución de las realidades económicas y ambientales de México, quizá esta inserción en el pensamiento complejo (Limburg, O'Neill, Costanza, & Farber, 2002) sea la mayor virtud de la propuesta.

A través de la observación de la información recopilada no solo hemos podido constatar que el metabolismo de México se encuentra a medio camino entre una economía extractiva y una industrial (Gonzalez Martinez, 2008), sino que, además, nos encontramos en el cenit de la presión ambiental en muchos rubros al mismo tiempo que el crecimiento económico se ha desacelerado y la productividad no mejora (Nadal, 2007).

2.3 La relación entre el esquema de Presiones-Estado-Respuesta y el sistema de indicadores

Un marco conceptual para analizar los sistemas complejos debe especificar la dinámica, las fronteras del fenómeno, la estructura y la interrelación entre los sub-sistemas y las escalas espaciotemporales relevantes para el análisis (Limburg, O'Neill, Costanza, & Farber, 2002). El sistema económico, como vimos en la introducción, regula el metabolismo y es un subsistema de la sociedad incrustado dentro de otro más complejo denominado biosfera. Para explicar las interrelaciones entre los tres sistemas desde una perspectiva cuantitativa necesitamos de indicadores que capten los flujos y los fondos que moviliza la sociedad para mantener o ampliar su proceso económico (Georgescu-Roegen, 1996).

El análisis del proceso económico en tanto que proceso material de obtención de riquezas desde la naturaleza proviene de la tradición fisiocrática y pasa por una inquietud acerca de los bienes fondo, los flujos de rentas y el producto neto (Naredo, 2012). Los historiadores del pensamiento económico han sido injustos con la contribución fisiocrática, estos pensadores buscaban explorar los métodos idóneos para incrementar el producto neto que asociaban con el bienestar nacional, para lo cual, trataban de entender la dimensión física del proceso económico tanto como su contrapartida pecuniaria.

Para describir las relaciones entre la sociedad y el medio ambiente disponemos de un esquema conocido como DPSIR (por sus siglas en inglés, en español, se compone de la asociación de los conceptos: fuerzas generadoras, presiones, estado, impactos y respuestas, FPEIR), el cual, tiene la virtud de establecer un marco de causalidad lógica, sencillo de entender, organizar y comunicar a terceros. El modelo describe una situación dinámica lineal en la que se muestran los cambios experimentados por el medio ambiente como consecuencia de las actividades humanas, en primer lugar están las fuerzas generadoras como los impulsos básicos de la sociedad que ocasionan presiones sobre un medio natural con ciertas características de calidad y cantidad, avanzado un tiempo, se generan algunos impactos sobre las funciones del medio y la sociedad reacciona en consecuencia a través de diferentes respuestas políticas para corregir, conservar o

fomentar el medio natural en un nuevo estado de cantidad y calidad. A continuación se describen los componentes del esquema (Gabrielsen & Bosch, 2003):

1. Fuerzas generadoras(causas): son aquellos factores de origen antropogénico o natural que ocasionan cambios en un ecosistema, pueden afectar positiva o negativamente sus funciones y se dividen en: a) fuerzas primarias que son los motivadores de la actividad humana, por ejemplo el crecimiento poblacional o las necesidades de la población, en segundo lugar, b) las fuerzas secundarias que son actividades humanas que generan presión o impacto sobre el medio, entre ellas, el cambio en el uso del suelo, el desarrollo industrial y la expansión urbana.
2. Presiones (contaminantes): Son consecuencias que traen las actividades antropogénicas de forma no intencionada pero que dañan o degradan el medio natural. Las presiones dependen del tipo de tecnología empleado en las actividades humanas y la escala de aplicación. El marco conceptual requiere de una regla de asociación lineal entre la presión y los impactos negativos que genera, también, se deben determinar las condiciones que rigen para que dicha actividad sea considerada como una presión.
3. Estado (calidad del medio): se trata de la cantidad y calidad del medio ambiente en el área de estudio en un momento determinado.
4. Impactos sobre el medio o la sociedad: es la partida que muestra la magnitud del cambio ocasionado al medio y el tiempo en que se ha producido, un impacto debe perturbar las funciones de un ecosistema o la sociedad y no solo modificar su condición cuantitativa.
5. Respuestas de la sociedad: son las acciones que los individuos u organizaciones llevan a cabo para incidir sobre el estado del medio, pueden dirigirse alternativamente sobre las fuerzas generadoras, las presiones o los impactos. Se puede distinguir entre las acciones concertadas por los gobiernos y las organizaciones multilaterales y las llevadas a cabo por la sociedad civil y el sector privado.

De este esquema conceptual se desprenden una serie de indicadores para medir el grado de asociación entre sus elementos, por ejemplo, para medir la relación Respuesta-Impacto debemos captar el efecto de atenuación de un cambio sobre el medio ocasionado por una estrategia de acción premeditada y no la acción como tal. La relación entre Fuerzas generadoras-Presiones puede ser captada a través de indicadores de eficiencia e intensidad en el uso de materiales y energía. En realidad, el esquema cumple bien las funciones de comunicación a terceras personas y se presta para fomentar la modificación de patrones económicos y sociales que inciden negativamente sobre el medio ambiente.

Sin embargo, el esquema circular sobre simplificado puede ocultar o dificultar establecer relaciones de asociación dinámicas en contextos de incertidumbre, multicausalidad, retroalimentaciones positivas o negativas y distintas escalas de acción espaciotemporales (Maxim, Spangenberg, & O'Connor, 2009), violando con ello el supuesto de robustez y coherencia

establecido en la introducción. Este esquema tiende a hacer uso de fijaciones rígidas de conceptos y dinámicas sin especificar las condiciones que deben cumplirse para que tal o cual fuerza generadora, por ejemplo, afecte negativamente al medio, dando pie a falacias de falso carácter concreto (Georgescu-Roegen, 1996). En el caso de las respuestas, por ejemplo, existen serias dificultades para clasificarlas como negativas o no acertadas si es que la causalidad está mal determinada, lo cual, en los hechos, convertiría una respuesta errónea en un factor generador de presiones e impactos que el esquema imposibilitaría analizar.

Si bien el esquema generalmente se refiere a la interacción entre economía, medio ambiente y política, rara vez se asocia con la esfera social, por tal motivo, parece ser que relacionar la simplicidad de los esquemas DPSIR con un esquema de esferas sociales (Maxim, Spangenberg, & O'Connor, 2009) como el propuesto por la OECD puede ayudar a ganar en coherencia sin desperdiciar la simplicidad y los incentivos para la acción del modelo DPSIR. En el esquema de la OECD se intenta vincular más estrechamente la cuestión medioambiental con temas sociales como la calidad de vida, la innovación y la investigación, también, se introducen las dimensiones de regulación directa e indirecta, por ejemplo, a través de impuestos medioambientales que desincentiven el derroche de recursos escasos, no obstante, se presta poca atención a esquemas de regulación alternativos como la organización de sistemas de gestión de no-mercado (Toledo, 1999). Gracias a estos aciertos, el marco de la OECD puede fundirse con el DPSIR a la vez que introduce nuevos *sets* de indicadores que midan el grado de asociación entre las distintas esferas de la sociedad, por ejemplo, la relación Economía-Medio ambiente en el eje de los impactos puede ser captada a través de indicadores de valuación de costos asociados a la degradación y al agotamiento (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2014), en tanto que, la relación Sociedad-Medio ambiente en el eje de las respuestas puede ser captada a través de indicadores de innovación pública y privada en sectores estratégicos relacionados con la eficiencia en el consumo de materiales o la generación de fuentes alternativas de energía.

El marco teórico de la OECD se estructura en cuatro esferas, cada una de las cuales pretende medir las sendas de transformación sustentable de la economía, o bien, medir las oportunidades que pueden generarse si se enarbola una estrategia de crecimiento verde. En la propuesta del crecimiento verde original, un grupo de 25 indicadores muestra las relaciones cuantitativas de la sociedad con el medio ambiente. La lógica sigue siendo lineal: la base de recursos naturales que provee las funciones de resumidero y fuente de recursos, así como, los servicios ambientales es utilizada por el sistema de producción con una cierta productividad y dotación tecnológica para atender las necesidades de consumo de los hogares, las empresas y el gobierno, a su vez, estos sectores institucionales disponen de la capacidad para invertir e innovar los procesos de producción, en otra dimensión, los sectores institucionales también son afectados por la calidad del medio ambiente en su bienestar, conforme avanza el tiempo, el sistema genera oportunidades y políticas que pueden incidir positiva o negativamente no sólo sobre la base de recursos sino también sobre el subsistema económico y social. El crecimiento verde trata de verificar si un país exhibe los procesos clave hacia una economía más sustentable: desacoplamiento de la base de recursos, alta eficiencia en el uso de recursos, manutención de una base de capital natural adecuada, buen uso del capital humano de su sociedad, procesos de innovación constantes y políticas apropiadas para

la redistribución y el combate a la pobreza (UNEP, 2011). A continuación se describen las cuatro esferas de análisis propuestas (OECD, 2011) que retoma la iniciativa actual, haciendo particular énfasis en el monitoreo de los patrones clave de una economía encaminada hacia el crecimiento verde:

1. Productividad. Para el crecimiento verde, resulta elemental considerar la eficiencia en el uso de recursos del medio para la producción y el consumo a lo largo del tiempo, los sectores y los espacios. Interesa captar la dinámica de desacoplamiento entre la economía y los recursos naturales. En este apartado se relaciona la actividad económica desplegada gracias a la contribución de la energía, las emisiones de CO₂, el agua y los materiales bióticos y abióticos.
2. Capital natural. Los recursos naturales son la base de la actividad económica y el bienestar de la población. La naturaleza puede proveer bienes y servicios que satisfacen las necesidades humanas de forma directa o indirecta, estos servicios pueden ser valorados en forma socio-cultural, económica o basada en la sustentabilidad, con lo cual, puede orientarse la toma de decisiones (de Groot, Wilson, & Boumans, 2002). Además, esta sección también trata de medir la utilización de recursos que por sus características de restitución deben ser considerados no renovables, como los hidrocarburos y los depósitos minerales concentrados, cualquier cantidad que se extraiga del recurso se perderá y de continuar con la extracción se llegará a un agotamiento total, por lo que implican decisiones de asignación intergeneracional (Pérez, Ávila, & Aguilar, 2010). El interés principal de la sección es captar las estrategias de gestión de los recursos renovables y los patrones de agotamiento y sustitución de los recursos no renovables. En esta sección se hace uso extensivo de indicadores de acervos de capital y flujos de uso referidos principalmente en términos físicos, aunque también se introducen dimensiones económicas valorativas.
3. Calidad de vida. Los cambios en las funciones ecosistémicas generan incidencias importantes en la salud y el bienestar de los individuos. Monitorear la esfera social puede ofrecer una idea más cabal del desarrollo de una sociedad, gracias a esta sección pueden notarse las consecuencias de primera mano provocadas por estrategias de crecimiento contrarias al mantenimiento del capital natural. En este apartado se presentan algunos indicadores de impacto sobre la esfera social originado por modificaciones en la calidad del aire y el agua.
 4. Oportunidades y Respuestas. La propuesta de la OECD transfiere la oportunidad de modificar los patrones de desarrollo a tres sectores institucionales: el gobierno, las empresas y los consumidores (OECD, 2011). Para el caso de los gobiernos recomienda generar condiciones que estimulen una producción más amable con el medio a través de la promoción de prácticas de innovación tecnológica, especialmente en su ámbito de acción, el gobierno, debe crear los incentivos fiscales y el marco normativo apropiado para que el resto de sectores responda de manera favorable al crecimiento verde. Para los negocios privados,

recomienda que las empresas exploten las oportunidades de producción verdes, que certifiquen sus sistemas de calidad y que introduzcan mejoras costo-eficientes en sus prácticas cotidianas. Finalmente, se recomienda que los consumidores participen juiciosamente en las decisiones del mercado, orientando su consumo hacia aquellas áreas más responsables con el medio (Masera, 2002). Este apartado trata de detectar el funcionamiento de las estructuras económicas que incentivan o desinhiben prácticas sustentables de producción y consumo, dentro de sus indicadores, se presentan los esfuerzos por innovar en energías renovables y procesos más eficientes, los empleos y el valor de la producción verde, los impuestos correctivos de fallos de mercado y las alternativas de financiamiento de proyectos sustentables en mercados internacionales.¹¹

Para el caso de este ejercicio de medición de las relaciones entre la economía y medio ambiente se presentan 69 indicadores organizados siguiendo la propuesta de la OECD y se añade una sección de contexto socioeconómico que presenta las variables fundamentales de la macroeconomía, la demografía y la educación, con el objeto de que, sirvan para redondear el análisis. En todo momento se han privilegiado las fuentes nacionales de información, especialmente las de oficinas estadísticas, pero también se han ocupado referencias académicas y fuentes internacionales cuando se presentaron vacíos de información. La lista completa y su encuadre se presentan a continuación:

Tabla 0. Lista de indicadores desarrollados.¹²

| CAPÍTULO | TEMA | SUBTEMA | INDICADOR |
|------------------------|------------|-------------------------|---------------------------------------|
| CONTEXTO SOCIECONÓMICO | DEMOGRAFIA | DEMOGRAFÍA | Tasa de crecimiento poblacional total |
| | | | Densidad poblacional |
| | | | Esperanza de vida al nacer |
| | | | Razón de dependencia |
| | ECONOMÍA | CRECIMIENTO ECONÓMICO Y | Producto Interno Bruto |
| | | | Ingreso nacional neto |

¹¹ La OECD como típica oficina metropolitana descuida considerar la importancia de los conflictos ambientales. Hace falta también considerar que las poblaciones indígenas y sus ejidos se encuentran localizados en las áreas prioritarias de conservación y que además están intentando desplegar respuestas alternativas a la política democrática moderna y al mercado (Esto lo reconocen autores tan dispares como Soberón y Toledo), por lo que no estaría de más producir un indicador y un mapa de conflictos ambientales por tipo y otro de manejo comunitario de bosques, etc. Después de todo no solo hay oportunidades sino también conflicto.

¹² Véase una selección de estos indicadores en el anexo estadístico.

| | | | | |
|---|--|----------------------------------|---|---------------------------------------|
| | | ESTRUCTURA DEL CRECIMIENTO | Producto interno neto ecológico; Índice de Bienestar económico sostenible | |
| | | | Inversión nacional | |
| | | | Crédito a la producción | |
| | | PRODUCTIVIDAD Y COMERCIO | Productividad laboral | |
| | | | Productividad total de los factores | |
| | | | Importancia relativa del comercio | |
| | | INFLACIÓN Y PRECIOS DE PRODUCTOS | Índice nacional de precios al consumidor | |
| | | | Índice nacional de precios al productor | |
| | | MERCADO LABORAL E INGRESO | MERCADO LABORAL | Tasa de ocupación |
| | Tasa de desempleo | | | |
| | INGRESO | | Inequidad en el ingreso | |
| | EDUCACIÓN | EDUCACIÓN | Población en condición de pobreza | |
| Grado promedio de escolaridad | | | | |
| Tasa neta de matriculación | | | | |
| PRODUCTIVIDAD AMBIENTAL Y DE RECURSOS DE LA ECONOMÍA | PRODUCTIVIDAD DEL CARBONO Y LA ENERGÍA | PRODUCTIVIDAD DEL CARBONO | PIB generado por CO2 emitido | |
| | | | Ingreso bruto por CO2 emitido | |
| | | PRODUCTIVIDAD DE LA ENERGÍA | Intensidad de producción por unidad de energía | |
| | | | Oferta de energía renovable | |
| | PRODUCTIVIDAD DE LOS RECURSOS | PRODUCTIVIDAD DE MATERIALES | Consumo doméstico de materiales | |
| | | | Generación de residuos sólidos urbanos per cápita | |
| | | | Reciclaje de residuos sólidos urbanos | |
| | | PRODUCTIVIDAD DEL AGUA | Intensidad en el uso del agua | |
| | | | Productividad el agua en la agricultura | |
| | | | Productividad el agua en el sector doméstico | |
| | | | | Productividad el agua en la industria |

| | | | |
|---|-------------------------------------|--|---|
| CAPITAL NATURAL | RECURSOS RENOVABLES | RECURSOS HÍDRICOS | Disponibilidad natural media per cápita |
| | | | Grado de presión |
| | | RECURSOS FORESTALES | Extensión de bosques y selvas |
| | | RECURSOS PESQUEROS | Rendimiento relativo de las pesquerías de altura mexicanas |
| | | RECURSOS HÍDRICO | Acuíferos sobreexplotados |
| | RECURSOS NO RENOVABLES | HIDROCARBUROS | Reservas de hidrocarburos |
| | | | Tasa de extracción de hidrocarburos |
| | | MINERALES | Reservas minerales |
| | ECOSISTEMAS Y BIODIVERSIDAD | ECOSISTEMAS NATURALES Y BIODIVERSIDAD | Índice de vegetación natural |
| | | | Cambio de uso del suelo |
| | | | Condición de riesgo de grupos biológicos seleccionados |
| | | | Superficie conservada por medio de sistemas de áreas protegidas y otras modalidades de conservación |
| | | Cobertura de tratamiento de aguas residuales municipales | |
| | SUELOS | Condición de los suelos | |
| | CALIDAD AMBIENTAL DE LA VIDA | SALUD AMBIENTAL | PROBLEMAS DE SALUD DE ORIGEN AMBIENTAL |
| Tasa de morbilidad atribuible a enfermedades respiratorias agudas | | | |
| Tasa de morbilidad atribuible a enfermedades de origen hídrico | | | |
| Población que habita en viviendas precarias | | | |
| SERVICIOS | | ACCESO A AGUA POTABLE, SANEAMIENTO Y RECOLECCIÓN DE RESIDUOS | Población con acceso a agua potable |
| | | | Población con acceso a saneamiento |
| | | | Población con acceso a recolección de residuos |

| | | | | |
|--|------------------------------------|---|---|---------------------------|
| OPORTUNIDADES ECONÓMICAS Y POLÍTICAS PÚBLICAS | INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA | GASTO EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO VERDE | Gasto gubernamental destinado a investigación y desarrollo enfocado a crecimiento verde del gasto total en investigación y desarrollo | |
| | | | Patentes verdes | |
| | BIENES Y SERVICIOS AMBIENTALES | PRODUCCIÓN DE BIENES Y SERVICIOS AMBIENTALES | Empleos verdes | |
| | FLUJOS FINANCIEROS INTERNACIONALES | ASISTENCIA OFICIAL PARA EL DESARROLLO (ODA EN INGLÉS) | Asistencia Oficial para el Desarrollo | |
| | | | Financiamiento de mercados de carbono | |
| | | | Inversión Extranjera Directa | |
| | PRECIOS Y TRANSFERENCIAS | IMPUESTOS RELACIONADOS CON EL AMBIENTE | Ingresos por impuestos ambientales como porcentaje del PIB y como porcentaje del total de impuestos recaudados. | |
| | | | PRECIO DE LA ENERGÍA | Precio de combustibles |
| | | | | Precio de la electricidad |
| | | | PRECIO DEL AGUA | Precio del agua |
| | | | SUBSIDIOS | Subsidios a combustibles |
| | Subsidios a la agricultura | | | |
| | RESPUESTAS GUBERNAMENTALES | GASTO PÚBLICO | Gasto ambiental como porcentaje del gasto público total | |

Resulta evidente que, hasta el momento, la discusión tipológica sobre la pertenencia de los indicadores a uno u otro paradigma de la sustentabilidad ha quedado poco explorada (para un ejercicio véase por ejemplo (Dietz & Neumayer, 2007)). Y es que resulta mucho más fácil de comunicar el ordenamiento de esferas sociales que el del árido paradigma económico. No obstante, esta discusión la llevaremos en lo que sigue y, de hecho, se explorarán en profundidad los indicadores de ambos paradigmas en capítulos subsiguientes.

2.4 Conclusiones del capítulo

La contabilidad o cualquier ejercicio cuantitativo más que ser reductible a técnica es un compromiso social. Recordemos que en economía no disponemos de experimentos en condiciones controladas ni de reactivos o microscopio, disponemos en cambio de la capacidad de abstracción, de los modelos matemáticos y de una cantidad impresionante de información que viene creciendo en términos exponenciales. Los modelos matemáticos de ciencias sociales son símiles analíticos que permiten controlar el pensamiento dialectico. En el caso del problema al que nos estamos

enfrentando un sistema de cuentas debe ser capaz de explicar la interrelación entre sistemas complejos, el ambiente y la sociedad.

Existen abundantes herramientas analíticas conceptuales que pretenden medir esta relación e informar patrones de sustentabilidad o de insustentabilidad a ser corregidas.

En términos de calidad observamos que un sistema de indicadores debería ser coherente, explícito, viable y replicable. Pasamos revista a una serie de propuestas que, desde las oficinas más importantes de estadística a nivel mundial, hasta propuestas de investigación, darían cuenta de la compleja relación entre una economía nacional y su medio ambiente.

Una de las propuestas más completas hasta el momento es el Marco Central del Sistema de Contabilidad Ambiental (SEEA). Veíamos su propuesta de hacer cuadros híbridos que muestren flujos y fondos en términos físicos y económicos. No obstante, veíamos que no es capaz de medir la sostenibilidad ecológica. Informa de presiones pero no tiene referentes límite de lo que se considera seguro o manejable. La propuesta de la OECD sobre *Crecimiento Verde* reúne un buen número de propuestas oficiales y les dota de un orden lógico para monitorear la productividad, la base de capital natural y las políticas públicas y emprendimientos. Por otra parte, existen algunas propuestas que responden interrogantes de sostenibilidad en artículos de investigación o como propuesta de metodologías alternativas que aún deben ser desarrolladas.

Muchas de estas propuestas oficiales surgen del cuestionamiento a las viejas medidas de bienestar económico, pero no de una crítica ecológica a la inconmensurabilidad, y recogen menos la crítica ecológica a la medición del PIB. Para el propósito de sustentar empíricamente la hipótesis de este trabajo hemos decidido desarrollar un híbrido de 69 indicadores con 180 informaciones complementarias para un periodo de 1990-2014. Algunos de los indicadores más importantes pueden verse en el anexo técnico número 1.

Al desarrollar estos indicadores pudimos constatar la calidad de la información estadística y geográfica sobre medio ambiente y recursos naturales. Si, por una parte, disponemos de estadísticas completas y de excelente calidad en materia de energía y cambio climático, en el ámbito de residuos sólidos urbanos aún se carece de mediciones directas. Algunas otras mediciones como el Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas viene siendo publicado con cierta regularidad por el INEGI desde 1985, gracias a estos trabajos podemos conocer el impacto que en términos monetarios genera sobre la economía el agotamiento y la degradación de ciertos activos naturales, por ejemplo, entre 1985 y 1992 los costos asociados por agotamiento y degradación promediaron 12.5% del PIB (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 1999), con una tendencia descendente, pues, el costo entre 1993 y 1997 promedió 11.8% del PIB, el dato más reciente, para 2012, indica que los costos apenas sumaron 6.3% del PIB (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2014).

Los indicadores fueron organizados en el marco Presión-Estado-Respuesta y además, fueron asignados a cada uno de los paradigmas de la sostenibilidad de tal forma que podamos tener una evaluación que sustente nuestra hipótesis con ambos enfoques para el periodo de 1990-2014. Este conjunto de indicadores del crecimiento verde se compone de 69 indicadores organizados en esferas sociales y pretenden ser útiles para informar sobre a) crecimiento, desarrollo económico y

distribución equitativa de la riqueza; b) desacoplamiento relativo o absoluto de los recursos y la energía; c) reducción de las intensidades de contaminación y degradación ambiental; d) cuidado y permanencia del capital natural crítico; e) regulación, innovación y esfuerzo en estrategias, emprendimientos y oportunidades verdes.

3 Sustentabilidad débil: Desacoplamiento vs Hipótesis del umbral.

Después de haber revisado las fortalezas y debilidades de los enfoques de sustentabilidad débil y fuerte, así como haber determinado un set de indicadores para cada paradigma a ser compilados para México en lo que va del siglo XXI, en este capítulo se hace una lectura pormenorizada de los indicadores de sustentabilidad débil: Índice de Bienestar económico sostenible; Costos Totales por Agotamiento y Degradación Ambiental; Producto Interno Neto Ecológico; indicador de sustentabilidad débil Z de Pierce; Ahorro genuino de Hamilton.

Nuestro objetivo central es determinar las tendencias generales y aportar evidencia a favor de dos hipótesis contrastantes que surgen del análisis de la economía ambiental y la economía ecológica, a saber, las hipótesis de desacoplamiento (Weizsacker & al, 2009) y la hipótesis de umbral (Max-Neef, 1995). La primera entiende que el crecimiento económico fomenta un cambio estructural al dejar de depender de los recursos naturales, mientras que la última afirma la existencia de un umbral máximo después del cual los beneficios marginales del crecimiento económico no compensan los costos incurridos.

3.1 El índice de bienestar económico sostenible en México 1993-2013

El índice de bienestar económico sostenible (IBES)¹³ (Daly & Cobb, 1989) se plantea como una alternativa de medición económica *del ingreso sustentable realmente experimentado* por los ciudadanos de un país durante un periodo determinado denominado en unidades monetarias. Por su parte, el PIB se define como el valor de los bienes y servicios producidos por los habitantes de una región durante un periodo determinado.

El IBES incorpora los marcos conceptuales económicos de Hicks y Fisher quienes definen el ingreso como la mayor cantidad de consumo que no empobrece a quien lo efectúa, y, la cantidad de utilidad experimentada por un consumidor de acuerdo a los bienes consumidos, respectivamente. De este modo, la medida detecta tanto el ingreso sustentable como el bienestar experimentado.

Las ventajas de medir el ingreso sustentable son: que se eliminan todas aquellas actividades que generan valor, pero, que empobrecen en el largo plazo a la comunidad. Las ventajas de medir el bienestar económico radican en: valorar sólo aquellas actividades que reportan una utilidad al consumidor, excluyendo las que lo reducen.

El índice de bienestar económico valora el desempeño de una economía dentro de los tres pilares que conforman el desarrollo sustentable: economía, sociedad y ambiente.

Los trabajos anteriores sobre IBES generalmente toman un periodo de tiempo mayor a 20 años para demostrar lo que consideran una regularidad estadística en la profundización de brechas entre el PIB y el IBES. El ejemplo de Chile demuestra que la hipótesis del umbral puede presentarse

¹³ Este indicador no forma parte de la propuesta original del conjunto de indicadores del crecimiento verde. No obstante, es calculado aquí por tener relevancia y madurez teórico conceptual.

incluso en países de ingreso medio en un nivel de riqueza muy bajo, no obstante, ejemplos como los de Holanda y Japón demuestran que incluso el IBES puede crecer más que el PIB y sostenerse elevado a niveles de ingreso muy altos.

En este apartado se discuten las variables y fuentes de información necesarias para construir un IBES para México entre 1993 y 2013, en segundo lugar, presentamos la lectura de los resultados y el contraste con algunos ejemplos internacionales, finalmente, se deja para trabajos de investigación posteriores algunas sugerencias para ampliar la contabilidad hacia las décadas no cubiertas por el estudio y mejorar el ejercicio estadístico del IBES.

3.1.1 Fuentes de información

Tratamos de que, en lo fundamental, las estadísticas fueran generadas por una fuente nacional, no sólo por creerlas más accesibles y actualizadas, sino porque la valoración, como se verá enseguida, está fuertemente condicionada por el contexto social. A menudo encontramos estadísticas de buena calidad y gran tradición en las instituciones nacionales, otras veces, hemos ideado nuevos métodos de estimación más acordes con la información biofísica y de contexto socioeconómico de que disponemos.

Después de un ajuste juicioso de la metodología más actual para la medición del IBES, hemos decidido integrar las siguientes variables por tema:

Tabla 3.1.1. Temas y variables relevantes para la construcción de un IBES de mediano plazo en México

| <i>Esfera (objetivo del desarrollo sustentable)</i> | Concepto (positivo + / negativo – /o mixto +/-) |
|--|--|
| <i>Económica (mantener la utilidad y el capital constante o creciente a lo largo del tiempo)</i> | Consumo público y privado (+) Perdidas por desigualdad en la distribución del ingreso (-) Costo del desempleo y subempleo (-) Inversión neta (+) Posición financiera internacional (+/-) |
| <i>Social (Equitativo)¹⁴</i> | Costo de accidentes automovilísticos (-) |

¹⁴ Iván Illich piensa que incluso los servicios tienen umbrales máximos después de los cuales se empiezan a registrar contra-productividades. Este autor distingue los acuerdos institucionales y cree que algunos servicios como los de transporte, educación y la medicina son ejemplos de falsos servicios de utilidad pública. Daly y Cobb (1989) también consideran la educación como un gasto defensivo. En términos del objetivo social de equidad hay diversos reportes que muestran una regresividad en el gasto de educación superior, no obstante, parece haber un consenso de su valor positivo. Esta ambigüedad basta para aclarar, oxímoron incluido, lo que yo llamo un ajuste juicioso de la metodología.

| | |
|--|---|
| | Costo del crimen (-) Trabajo doméstico no remunerado (+) Educación superior (+) Pérdida de tiempo libre (-) |
| <i>Medioambiental (El capital natural crítico debe ser conservado)</i> | Agotamiento del petróleo (-) Degradación de atmosfera o calidad del aire (-) Degradación multidimensional del suelo (-) Costo por Residuos sólidos (-) Costo por emisiones de sustancias agotadoras de ozono y gases de efecto invernadero (ozono y GEI) (-) Costos por cambio de uso de suelo (-) |

Fuente: Modificado de Talberth (2007).

Como puede verse, no es una lista definitiva y nuevas variables tanto positivas como negativas podrían añadirse, no obstante, representa un buen ejercicio estadístico en comparación con un ejercicio similar llevado a cabo en una tesis anterior (Castillo, 2007).

3.1.1.1 Variables económicas

En el terreno económico se parte del valor monetario del consumo público y privado. Esta variable ha sido tomada del Sistema de Cuentas Nacionales (SCN) de INEGI. El valor se encuentra en millones de pesos a precios constantes del 2008. Con esta variable se intenta captar la utilidad vía el consumo de distintas mercancías que se intercambian en el mercado. Asumimos que el consumo de bienes durables representa toda la utilidad experimentada por el consumidor en el año en que se efectuó. A causa de ello no podemos saber el ritmo a que un bien durable es amortizado, ni si la depreciación acelerada, de existir, limita el disfrute y la utilidad de los bienes durables.

La desigualdad social producto de las regularidades económicas re-descubiertas por Piketty (2014)¹⁵, entre otros, no es justificable desde el punto de vista económico y de derechos humanos. Los impactos de la extrema desigualdad en los ingresos provocan deficiencias en el ahorro de una economía como la mexicana y pueden deprimir directamente el mercado interno, más aun, la extrema desigualdad es un hecho deplorable desde el punto de vista político y ético. A partir de los setenta del siglo XX la desigualdad comienza un ciclo de alza a nivel mundial, lo que configura una situación de pérdida de bienestar comparada contra el punto de mayor igualdad experimentado a finales del periodo conocido como Estado de Bienestar. Por ello, elaboramos un índice de cambio

¹⁵ En su muy famoso libro sobre la desigualdad en el siglo XX encuentra que la desigualdad aumenta siempre que la tasa de crecimiento del producto sea inferior a la fracción que del ingreso se apropia el capital. Indica también que la desigualdad puede ser adecuadamente reducida por medio de la política fiscal, sin embargo, véase una crítica en el blog <https://zonenatural.wordpress.com/2015/02/13/piketty-y-el-fracaso-de-las-identidades-contables/>.

del coeficiente de Gini¹⁶ donde 100 puntos es el valor que corresponde a la menor desigualdad, y, el empeoramiento de la desigualdad se pondera respecto de esta situación inicial. Los datos históricos provienen de la sistematización de encuestas de Cortés (2011), mientras que, los datos más recientes provienen de las Encuestas de Ingreso y Gasto de los Hogares (ENIGH) 2000-2014.

La actividad económica no coincide plenamente con el nivel de pleno empleo, esto constituye una pérdida de bienestar para los individuos que estarían en condiciones y actitudes de ingresar al mercado de trabajo. Valoramos que el costo del desempleo es igual a la población desempleada¹⁷ multiplicada por el salario anual promedio base de cotización del IMSS, mientras que, el subempleo es igual a la población que quisiera trabajar más tiempo por el salario mínimo anual promedio nacional. Este tipo de valoraciones dan idea simultánea del incremento del desempleo y el subempleo en términos absolutos pero del escaso valor asignado al asalariado. Los datos provienen de la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE) de INEGI, las estadísticas de salario mínimo de la Comisión Nacional de Salarios Mínimos (CONASAMI) y de salario base del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS). Finalmente los datos fueron ajustados a valores de 2008 con una deflactación común sobre el índice nacional de precios al consumidor subyacente.

En el terreno de las inversiones, consideramos positiva sólo la inversión neta una vez descontados el total de los activos depreciados. Una inversión positiva da idea de la magnitud de incremento de los activos de la sociedad, lo que favorece el disfrute actual y la posibilidad de mantener la producción de bienes y servicios en el futuro. La información proviene del SCN de INEGI.

En términos de una economía abierta, se valora favorablemente la tenencia de activos internacionales fuera de las fronteras y se descuenta el valor del capital interno que pertenece a los extranjeros. Esta variable es aproximada mediante la posición financiera internacional que resulta del saldo de los flujos de inversión extranjera directa e indirecta y los flujos de inversión nacional en el extranjero. En caso de existir un financiamiento al exterior tendremos una contribución positiva al bienestar de esta y posiblemente de las futuras generaciones, por los réditos de las inversiones, caso contrario, tendremos una deuda creciente por el financiamiento recibido. Los datos provienen de la Balanza de Pagos del Banco de México, los dólares fueron convertidos a pesos mediante la paridad de poder de compra (PPC).

3.1.1.2 Variables sociales

El trabajo doméstico no remunerado realizado en el hogar, de forma voluntaria en la comunidad y algunas organizaciones, es un bien que no es incluido en el PIB por que no pasa por el mercado. No obstante, sí existen estimaciones por parte de INEGI en el SCN, sección de cuentas satélite. El método de estimación denominado costo de reemplazo se basa en la determinación de

¹⁶ Algunos investigadores como Neumayer (2000) recomiendan utilizar un índice de Atkinson para volver explícito la aversión a la desigualdad del compilador de las estadísticas de bienestar económico neto. No obstante, la mayor igualdad observada a mediados en el siglo XX como norma, es una explícita declaración de aversión al riesgo basada en la historia.

¹⁷ Incluye a las personas que no son parte de la población económicamente activa por no demostrar interés en la búsqueda de trabajo, no obstante, poseer las capacidades necesarias para trabajar.

las horas dedicadas a trabajo en el hogar y asignarles el salario promedio percibido por quienes realizan actividades parecidas dentro del mercado. Es impresionante la cantidad de trabajo externalizado por las empresas y el gobierno en el mantenimiento de los trabajadores y su clase, la mayor parte de este trabajo es realizado por las mujeres aún a pesar de contribuir cada vez en mayor medida al tiempo dedicado al mercado de trabajo remunerado. Los datos son tomados del Banco de Información Económica (BIE) de INEGI en millones de pesos constantes del año 2008.

El bienestar percibido gracias a la acumulación de capital humano es otro componente no medido por el PIB. Talberth (2007) estima que cada individuo experimenta un bienestar del orden de los 16 mil dólares anuales por haber recibido instrucción a nivel superior durante cuatro o más años. La población con grados universitarios y posgrados concluidos fue obtenida de los censos y conteos de población pertinentes y la serie fue completada mediante tasas de crecimiento uniformes entre los años sin datos. En el año 2010 había una población de 8.1 millones de habitantes con educación superior, menos del 10% del total nacional. Valdría la pena estimar también la pérdida de bienestar que experimenta la población analfabeta más la de aquellos que estando en las edades reglamentarias para asistir a la educación obligatoria no lo hacen.

Dentro de las variables sociales con signo negativo encontramos el costo asociado a los accidentes automovilísticos. Partiendo de costos estimados por lesionados y defunciones derivados de la National Safety Council de Estados Unidos se hace una valoración de los costos totales por accidentes ocurridos en las carreteras federales. Los datos provienen del Anuario Estadístico de los Accidentes en Carreteras Federales elaborado por el Instituto Mexicano del Transporte (IMP). Los valores fueron convertidos a pesos mediante el PPC. Resulta notable que el número de accidentes se haya reducido hasta en un 50% entre 1996 y 2012 mientras que la severidad no lo ha hecho al mismo ritmo: las defunciones permanecieron constantes, los daños materiales permanecieron constantes y los lesionados se redujeron solo un 25%. Estas estadísticas no incorporan los accidentes acontecidos en vías de jurisdicción distinta a la federal, esto es relevante porque, las estimaciones de mortalidad de OMS sugieren que por cada muerte registrada en carreteras federales aproximadamente ocurren 3 defunciones adicionales en el resto de vialidades.

El costo del crimen también debe restarse al bienestar experimentado en el año. Sólo recientemente se ha tratado de medir la intensidad del crimen declarada mediante encuestas, ya que, la mayor parte de los delitos no se denuncia. La relación entre los delitos no denunciados y los denunciados es la base para realizar una estimación razonable sobre la evolución del crimen en la sociedad. El INEGI estima que el costo por daños a la salud, pérdida de propiedad y gastos defensivos asciende a más de 200 mil millones de pesos anuales durante el periodo que va de 2010 a 2013 y el número de delitos en la última fecha fue de 3.3 millones. Para conocer las tendencias de los años anteriores recurrimos a las estadísticas históricas de las denuncias levantadas ante el ministerio público. Los resultados indican un incremento exponencial de los delitos ocurridos a partir del año 2005 y su posterior estabilización hacia el año 2008 a un nivel por lo menos 2 veces más frecuente que en la década anterior. La información proviene de las Encuestas Nacionales de Victimización y Percepción del Delito (ENVIPE) de INEGI y las Estadísticas Históricas 2009 (EH09) tema Seguridad Pública de INEGI.

También se ha detectado que el mercado de trabajo a pesar de presentar problemas de desempleo, asigna las tareas de una forma tan desigual que ocasiona excesivas cargas para quienes se encuentran laborando. Las jornadas laborales superiores a 40 horas de trabajo semanal ocasionan una pérdida proporcional al número de horas excedidas multiplicadas por el salario que se percibiría por una hora extra de trabajo. Los datos para este cálculo provienen de la Encuesta Nacional de Uso del Tiempo (ENUT) y el IMSS, los valores fueron convertidos a precios constantes y retroajustados mediante las tasas de crecimiento observadas en la Población Económicamente Activa (PEA) ocupada.

3.1.1.3 Variables ambientales

Ya existe una valoración de los costos ambientales de las actividades económicas realizada por INEGI en el marco de sus cuentas satélites de economía y ecología del SCN. Sin embargo, se excluyen del cálculo valoraciones referentes a cambio de uso de suelo y emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Otro problema es que las cuentas de INEGI carecen de *accountability*, es decir, no cuentan con una metodología explícita replicable, por el contrario, sólo refieren distintos métodos de valoración y variables seleccionadas muy ambiguamente. Por este motivo estamos en la necesidad de valorar los costos por agotamiento de petróleo, por calidad del aire, degradación del suelo y residuos sólidos urbanos (RSU) alternativamente. El ejercicio de valoración es una llamada de atención a la inexistencia de la pretendida hipótesis de desacoplamiento que informa INEGI y que no es sostenible si se analizan una diversidad de indicadores biofísicos de productividad e intensidad (de materiales, agua y energía; pero también de emisiones, contaminación atmosférica, aguas residuales y residuos sólidos) de la economía en conjunto.

Todas las valoraciones hechas a continuación involucran distintos juicios de valor al decretar tasas de interés, costos de sustitución, remplazo o mantenimiento observados y que pueden variar de persona a persona y de estudio a estudio, y sólo tienen un carácter informativo. No obstante, siempre he procurado que las tendencias generales de las variables ambientales relevantes se mantengan proporcionales a los impactos ambientales experimentados por los ciudadanos, excepto para aquellos impactos que son acumulables y de largo plazo como las emisiones de GEI, la degradación del suelo y la pérdida de servicios ambientales por cambio de uso de suelo que muestran una relación no lineal con el incremento del daño ambiental.

La variable que arroja una mayor relevancia es la contaminación atmosférica debido a que se estima mediante las muertes prematuras asociadas al riesgo de exposición a mala calidad del aire. Los datos sobre las muertes registradas provienen de *Health metrics and evaluation* y la OMS. Por su parte, los costos del llamado valor estadístico de la vida fueron tomados de la OECD. En conjunto se estima que en México hacia el año 2013 los costos por afectaciones mortales a la salud de las personas por mala calidad del aire fueron de 707 mil millones de pesos.

El agotamiento del petróleo se estima mediante el costo de uso de acuerdo a la fórmula de El Serafy con una tasa de descuento del 3 por ciento. Utilizamos la cantidad de reservas 2P como recomienda Campbell y hacemos el supuesto de que no existen costos de extracción, desarrollo y exploración. El precio promedio de exportación es el que se utiliza para valorar tanto el recurso

como el costo por su agotamiento. De acuerdo con esto, obtenemos un costo creciente por agotamiento debido al efecto de reducción de reservas, aumento y posterior reducción de producción y aumento inusitado del precio del petróleo, y por tanto, de los ingresos y de la parte que es renta. La información procede del Sistema de Información Energética (SIE) de la SENER.

Me parece que el método de El Serafy es inadecuado por las siguientes razones: No considera la calidad del energético y los costos necesarios para su remplazo que incluyen, entre otras cosas, fuertes inversiones en infraestructura; fluctúa con el desacreditado ratio de reservas a producción en lugar de centrarse en un modelo de agotamiento geológico-tecnológico; el aumento de los costos significa una reducción del margen de utilidad y por tanto una reducción del costo de uso cuando en realidad lo que ocurre es un menor flujo de ingresos por un recurso en mal estado del que se tendría que invertir una mayor cantidad por concepto de sustitución, y, no menor.

La degradación del suelo fue aproximada mediante una diferencia de beneficios obtenidos en actividades agrícolas escalado por la magnitud de la degradación de los suelos de carácter extrema y severa. Los datos sólo son válidos para 2014 y se retropolaron con la variable aproximada de extracción de materiales total por concepto de cultivos y forrajes de las cuentas de materiales, ya que, se ha observado que la mayor parte de la degradación del suelo es explicada por actividades agropecuarias. Los datos provienen de (Conafor y UACH, 2013).

Los costos por concepto de manejo de residuos sólidos urbanos (RSU), se obtuvieron con las estadísticas de SEDESOL de generación de RSU escaladas por los derechos establecidos en el Código Fiscal del DF por concepto de derechos por el manejo de los RSU. Los Datos se obtuvieron de la BADESNIARN.

Los costos por Ozono y GEI se obtuvieron de la multiplicación del costo social de la emisión de GEI y Ozono, obtenidas de Talberth (2007), por la cantidad de emisiones de los gases. Estos costos comportan efectos impredecibles de largo plazo que en cierta medida ya se dejan sentir, lo que justifica sumarlos, es decir, los costos incurridos en un año se soportan el siguiente. La información procede del inventario nacional de gases de efecto invernadero publicado por el Instituto Nacional de Ecología.

Los costos por cambio de uso de suelo se refieren a la pérdida del valor de los servicios ambientales proporcionados por tipos de bioma perdidos debido a la modificación del uso del territorio. El valor medio anual dado en dólares de los servicios ambientales por tipo de bioma se toma de Costanza (2014) y es luego trasladado a la tasa de cambio de uso de suelo por tipo de ecosistema que se desprende de los datos de las Cartas de Uso de Suelo y Vegetación. Los datos provienen del SNIA e INEGI.

3.1.2 Resultados generales y análisis

El IBES de México avanza positivamente a lo largo de 20 años desde los 6.6 hasta los 10.8 billones de pesos en 1993 y 2013, respectivamente. Medido en términos promedio por el tamaño de la población, el indicador observa un avance de 26%. En los últimos 20 años se aprecia el

acontecimiento de dos crisis agudas y dos periodos de estancamiento. En 1995 y 2009 acontecen crisis financieras, mientras que, de 2000 a 2003 y de 2012 a la fecha se observan periodos de estancamiento secular (ver tablas 2 a 5).

Tabla 2. Componentes económicos del Índice de bienestar económico neto de México 1993-2013 (Millones de pesos a precios constantes de 2008)

| Año | B(+) Consumo | C(-) Ajuste de pérdidas por desigualdad | D(-) Costo del desempleo y subempleo | E(+) Inversión neta | F(+/-) Posición financiera internacional | G Subtotal de económicas |
|--------------|-----------------|--|---|------------------------|---|-----------------------------|
| 1993 | 5,182,959 | 822,270 | 487,636 | 722,417 | -66,110 | 4,529,361 |
| 1994 | 5,422,813 | 893,870 | 538,205 | 792,257 | -32,453 | 4,750,541 |
| 1995 | 4,947,122 | 741,639 | 726,825 | 289,398 | -44,866 | 3,723,190 |
| 1996 | 5,161,928 | 695,440 | 720,940 | 486,526 | -15,472 | 4,216,602 |
| 1997 | 5,473,707 | 820,582 | 517,414 | 689,219 | -72,075 | 4,752,855 |
| 1998 | 5,789,745 | 954,354 | 469,164 | 903,872 | -94,672 | 5,175,428 |
| 1999 | 6,062,432 | 999,302 | 368,776 | 1,005,795 | -82,476 | 5,617,673 |
| 2000 | 6,420,895 | 1,058,389 | 333,803 | 1,169,067 | -122,207 | 6,075,562 |
| 2001 | 6,550,213 | 917,465 | 365,639 | 1,043,993 | -179,142 | 6,131,960 |
| 2002 | 6,641,542 | 760,876 | 415,579 | 915,089 | -154,263 | 6,225,914 |
| 2003 | 6,715,116 | 814,955 | 494,353 | 1,026,063 | -156,909 | 6,274,963 |
| 2004 | 7,088,885 | 908,136 | 562,844 | 1,154,643 | -114,571 | 6,657,977 |
| 2005 | 7,400,756 | 984,891 | 543,859 | 1,229,725 | -87,721 | 7,014,009 |
| 2006 | 7,808,965 | 894,619 | 539,310 | 1,397,300 | -50,220 | 7,722,115 |
| 2007 | 8,046,201 | 969,728 | 585,229 | 1,468,718 | -163,913 | 7,796,050 |
| 2008 | 8,198,835 | 1,036,634 | 575,369 | 1,538,093 | -245,094 | 7,879,830 |
| 2009 | 7,669,325 | 789,393 | 777,487 | 1,220,432 | -123,817 | 7,199,059 |
| 2010 | 8,103,919 | 638,491 | 744,898 | 1,207,450 | -352,415 | 7,575,566 |
| 2011 | 8,493,188 | 557,796 | 771,404 | 1,359,643 | -387,037 | 8,136,593 |
| 2012 | 8,912,827 | 466,827 | 764,492 | 1,453,099 | -433,048 | 8,701,558 |
| 2013 | 9,116,153 | 471,782 | 806,039 | 1,308,373 | -468,885 | 8,677,820 |
| TC 1993-2013 | 2.9 | -2.7 | 2.5 | 3 | 10.3 | 3.3 |

Fuentes: Elaboración propia con datos de:

B) y E) INEGI. Banco de Información económica; C) INEGI. Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto de los Hogares. Cortés (2011); D) INEGI. Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo. STPS. Estadísticas del sector. Registros Administrativos. F) Banxico. Balanza de Pagos. INEGI Estadísticas históricas de México 2009. Sector externo.

Tabla 3. Componentes sociales del Índice de bienestar económico neto de México 1993-2013
(Millones de pesos a precios constantes de 2008)

| Año | H(-) | I(-) | J(+) | K(+) | L(-) | M |
|--------------|--------------------------------------|------------------|---------------------------------|--------------------|-------------------------|-------------------|
| | Costo de accidentes automovilísticos | Costo del crimen | Trabajo doméstico no remunerado | Educación superior | Pérdida de tiempo libre | Subtotal sociales |
| 1993 | 31,724 | 54,124 | 2,198,912 | 562,822 | 185,245 | 2,490,642 |
| 1994 | 33,059 | 58,467 | 2,290,263 | 557,710 | 185,245 | 2,571,202 |
| 1995 | 34,451 | 63,159 | 2,351,038 | 677,008 | 191,924 | 2,738,513 |
| 1996 | 35,901 | 63,159 | 2,469,048 | 773,229 | 198,845 | 2,944,373 |
| 1997 | 43,226 | 101,669 | 2,526,576 | 805,609 | 206,014 | 2,981,275 |
| 1998 | 50,007 | 101,657 | 2,608,835 | 837,413 | 213,443 | 3,081,141 |
| 1999 | 57,959 | 102,985 | 2,563,546 | 862,885 | 221,139 | 3,044,347 |
| 2000 | 64,843 | 104,809 | 2,646,993 | 868,980 | 228,392 | 3,117,929 |
| 2001 | 66,557 | 113,145 | 2,733,157 | 848,161 | 228,890 | 3,172,725 |
| 2002 | 65,391 | 103,446 | 2,822,125 | 861,833 | 231,891 | 3,283,230 |
| 2003 | 62,692 | 103,015 | 2,913,990 | 887,450 | 231,380 | 3,404,353 |
| 2004 | 65,778 | 114,542 | 3,019,091 | 941,075 | 245,675 | 3,534,172 |
| 2005 | 64,729 | 114,979 | 3,013,759 | 937,189 | 260,853 | 3,510,387 |
| 2006 | 70,722 | 127,472 | 3,051,431 | 936,515 | 276,969 | 3,512,783 |
| 2007 | 77,036 | 164,372 | 3,170,694 | 957,255 | 294,080 | 3,592,461 |
| 2008 | 77,377 | 219,839 | 3,204,479 | 962,615 | 312,249 | 3,557,629 |
| 2009 | 70,860 | 217,937 | 3,264,007 | 967,495 | 331,540 | 3,611,166 |
| 2010 | 71,890 | 217,937 | 3,326,937 | 997,742 | 352,022 | 3,682,830 |
| 2011 | 64,493 | 213,401 | 3,468,515 | 1,008,514 | 363,500 | 3,835,635 |
| 2012 | 67,643 | 215,230 | 3,493,107 | 1,055,071 | 375,353 | 3,889,953 |
| 2013 | 70,375 | 213,053 | 3,597,124 | 1,062,267 | 387,592 | 3,988,372 |
| TC 1993-2013 | 4.1 | 7.1 | 2.5 | 3.2 | 3.8 | 2.4 |

Fuentes: Elaboración propia con datos de:

H) IMT. Anuario Estadístico de Accidentes Automovilísticos. NSC. Cost of unintentional injuries. I) INEGI. Encuesta Nacional de Victimización y Percepción del delito. INEGI. Estadísticas Históricas de México 2009. Seguridad Pública. J) INEGI. Cuentas satélite del trabajo no remunerado en México. K) INEGI. Censos de Población y vivienda 1990 y 2010. INEGI. Conteos de población 1995 y 2005. L) INEGI. Encuesta de uso del tiempo.

Tabla 4. Componentes ambientales del Índice de bienestar económico neto de México 1993-2013 (Millones de pesos a precios constantes de 2008)

| A | N(-) | O(-) | P(-) | Q(-) | R(-) | S(-) | T |
|--------------|-------------------------|--------------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|----------------------------------|---------------------|
| Año | Agotamiento de petróleo | Degradación de atmósfera | Degradación del suelo | Residuos sólidos | Costo por ozono y GEI | Costo por cambio de uso de suelo | Subtotal ecológicas |
| 1993 | 1,291 | 249,712 | 6,508 | 29,494 | 109,279 | 11,722 | -408,007 |
| 1994 | 1,231 | 256,430 | 7,015 | 30,946 | 119,711 | 14,632 | -429,965 |
| 1995 | 1,399 | 271,539 | 9,345 | 32,035 | 154,453 | 18,562 | -487,333 |
| 1996 | 2,734 | 256,901 | 11,920 | 33,557 | 202,894 | 23,608 | -531,615 |
| 1997 | 8,887 | 272,358 | 13,931 | 30,736 | 239,993 | 29,448 | -595,353 |
| 1998 | 9,488 | 292,283 | 16,136 | 32,078 | 282,112 | 36,114 | -668,212 |
| 1999 | 7,396 | 306,652 | 18,086 | 32,500 | 316,229 | 43,679 | -724,542 |
| 2000 | 20,721 | 315,428 | 19,525 | 32,270 | 352,749 | 51,864 | -792,557 |
| 2001 | 96,492 | 334,204 | 20,696 | 33,063 | 357,463 | 60,330 | -902,248 |
| 2002 | 80,835 | 333,735 | 21,604 | 33,782 | 365,191 | 69,132 | -904,279 |
| 2003 | 103,765 | 335,496 | 22,824 | 34,561 | 388,779 | 79,683 | -965,108 |
| 2004 | 144,462 | 341,605 | 24,402 | 36,334 | 433,349 | 90,865 | -1,071,017 |
| 2005 | 198,270 | 358,310 | 24,062 | 37,175 | 430,674 | 101,903 | -1,150,394 |
| 2006 | 244,766 | 513,951 | 24,536 | 37,942 | 450,778 | 113,006 | -1,384,979 |
| 2007 | 277,034 | 554,624 | 25,724 | 38,708 | 482,252 | 124,428 | -1,502,770 |
| 2008 | 335,919 | 586,746 | 26,328 | 39,475 | 506,551 | 131,522 | -1,626,540 |
| 2009 | 206,302 | 609,367 | 25,706 | 40,241 | 496,519 | 138,593 | -1,516,728 |
| 2010 | 266,341 | 596,830 | 27,056 | 42,062 | 517,556 | 145,859 | -1,595,704 |
| 2011 | 361,708 | 636,806 | 26,715 | 43,116 | 526,213 | 153,146 | -1,747,704 |
| 2012 | 407,449 | 679,647 | 28,329 | 44,208 | 554,056 | 160,732 | -1,874,420 |
| 2013 | 388,027 | 707,395 | 29,763 | 44,208 | 562,499 | 168,326 | -1,900,219 |
| TC 1993-2013 | 33 | 5.3 | 7.9 | 2 | 8.5 | 14.3 | 8 |

Fuentes: Elaboración propia con datos de:

N) SENER. Sistema de Información Energética. O) OECD, 2014. Healthmetrics and evaluation. P) Conafor y UACh, 2013. Q) SEMARNAT. BADESNIARN. R) INECC. INEGI. S) INEGI. Carta de uso de suelo y vegetación 2011 serie V.

Tabla 5. Índice de bienestar económico neto de México 1993-2013

| A | U (mdp2008) | V (habitantes) | W (mdp2008) | X (pesos por persona) | Y (pesos por persona) | Z (%) |
|--------------|-------------|----------------|-------------|-----------------------|-----------------------|--------|
| Año | IBES | Población | PIB | IBES per cápita | PIB per cápita | Brecha |
| 1993 | 6,611,997 | 91,600,655 | 8,132,915 | 72,183 | 88,787 | 18.7 |
| 1994 | 6,891,778 | 93,055,300 | 8,517,387 | 74,061 | 91,530 | 19.1 |
| 1995 | 5,974,370 | 94,490,336 | 8,026,897 | 63,227 | 84,949 | 25.6 |
| 1996 | 6,629,360 | 95,876,664 | 8,498,459 | 69,145 | 88,639 | 22 |
| 1997 | 7,138,777 | 97,204,604 | 9,090,197 | 73,441 | 93,516 | 21.5 |
| 1998 | 7,588,358 | 98,485,424 | 9,517,604 | 77,051 | 96,640 | 20.3 |
| 1999 | 7,937,477 | 99,706,067 | 9,771,440 | 79,609 | 98,002 | 18.8 |
| 2000 | 8,400,934 | 100,895,811 | 10,288,982 | 83,263 | 101,976 | 18.4 |
| 2001 | 8,402,437 | 102,122,295 | 10,226,682 | 82,278 | 100,142 | 17.9 |
| 2002 | 8,604,866 | 103,417,944 | 10,240,173 | 83,205 | 99,017 | 16 |
| 2003 | 8,714,208 | 104,719,891 | 10,385,857 | 83,214 | 99,178 | 16.1 |
| 2004 | 9,121,132 | 105,951,569 | 10,832,004 | 86,088 | 102,235 | 15.8 |
| 2005 | 9,374,002 | 107,151,011 | 11,160,493 | 87,484 | 104,157 | 16 |
| 2006 | 9,849,919 | 108,408,827 | 11,718,672 | 90,859 | 108,097 | 16 |
| 2007 | 9,885,741 | 109,787,388 | 12,087,602 | 90,044 | 110,100 | 18.2 |
| 2008 | 9,810,919 | 111,299,015 | 12,256,863 | 88,149 | 110,126 | 20 |
| 2009 | 9,293,498 | 112,852,594 | 11,680,749 | 82,351 | 103,504 | 20.4 |
| 2010 | 9,662,692 | 114,255,555 | 12,277,659 | 84,571 | 107,458 | 21.3 |
| 2011 | 10,224,524 | 115,682,868 | 12,774,243 | 88,384 | 110,425 | 20 |
| 2012 | 10,717,091 | 117,053,750 | 13,286,154 | 91,557 | 113,505 | 19.3 |
| 2013 | 10,765,973 | 118,395,054 | 13,470,942 | 90,933 | 113,780 | 20.1 |
| TC 1993-2013 | 2.47 | 1.29 | 2.56 | 1.16 | 1.25 | 0.36 |

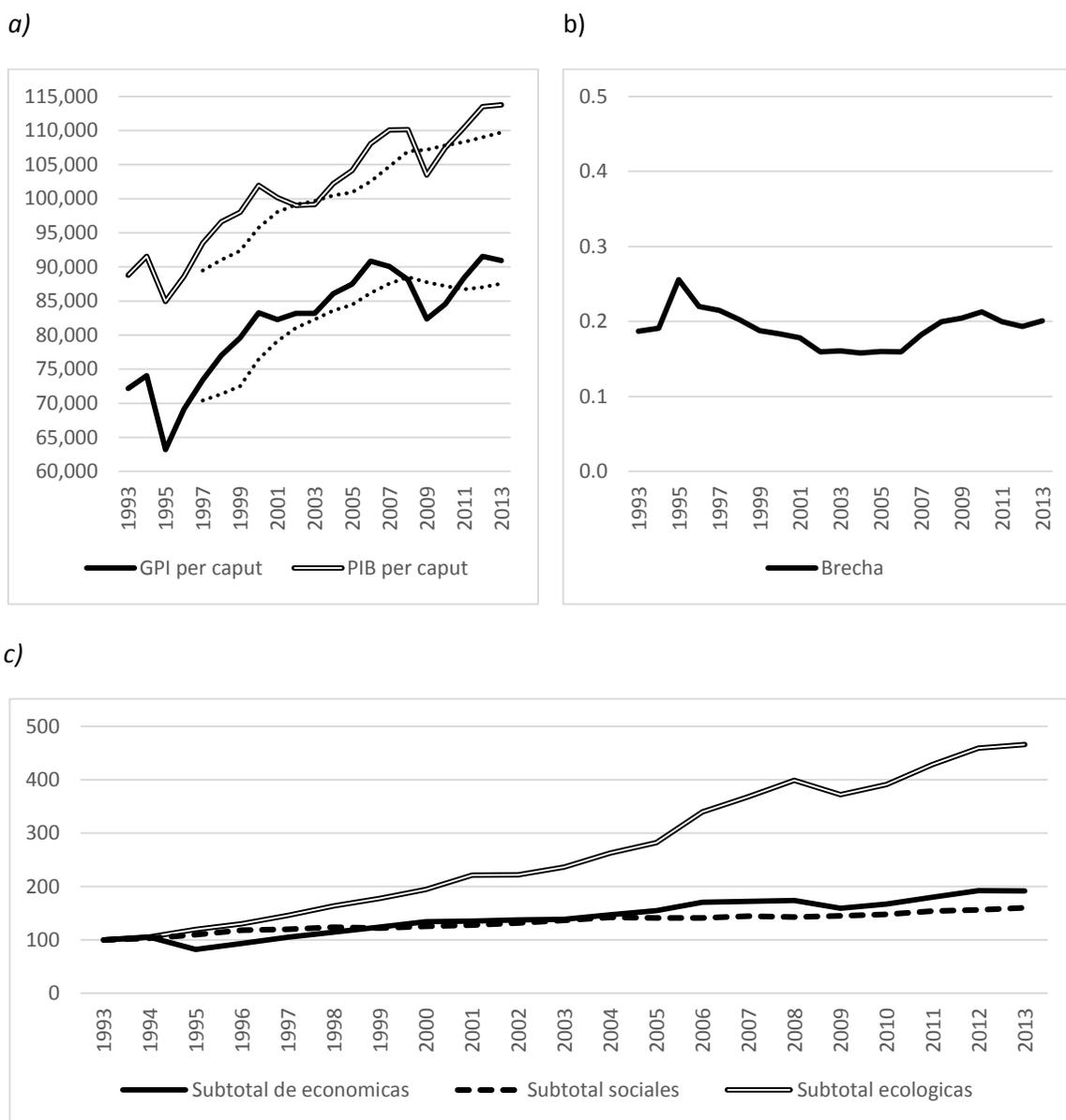
Fuentes: Elaboración propia con datos de las 3 tablas anteriores.

El promedio de la brecha entre el PIB per cápita y el GPI per cápita ha rondado 19.1%. En 1995 se presenta la mayor brecha de la serie a una distancia de 25.6% del PIB, en tanto que, en 2004 se presenta la menor brecha de la serie con 15.9%.

De acuerdo con este patrón de comportamiento no hay evidencia estadística concluyente acerca de la hipótesis del umbral. La brecha se mantiene fluctuante en torno a un valor promedio y no tiende a ampliarse conforme pasa el tiempo.

La permanencia de la brecha sobre un punto gravitatorio da por resultado que la estrategia de crecimiento no funcione. Sin embargo, se aprecia que en momentos de crisis económica la brecha tiende a ampliarse. ¿Esto quiere decir que el modelo inestable y bajo en crecimiento genera una trampa de degradación ambiental perpetua?

Gráfica 3.1.1. PIB e IBES per cápita y la evolución de la brecha del desarrollo sustentable



a) Evolucion del PIB e IBES por persona entre 1993 y 2013, las lineas punteadas son medias moviles de 5 años. Observese la divergencia en el comportamiento que sigue a 2008. b) La brecha expresada como porcentaje sigue un comportamiento ciclico, aunque no tiende ni a ensancharse ni a acortarse a lo largo del periodo. c) En 20 años las variables mas dinamicas, para mal, son las ambientales, posiblemente los costos se hayan incrementado 4 veces y media sobre todo debido a la degradacion atmosferica y el cambio climatico. El funcionamiento del mercado tambien ha erosionado el desempeño de las variables sociales que no crecen tanto como los beneficios económicos.

3.1.2.1 Comparación internacional

En un estudio que utiliza un método de estimación a nivel global se ha determinado que la correlación entre el PIB y el IBES es positiva hasta un nivel de 7'000 dólares per cápita (Kubiszewski, 2013) de esto puede sacarse la conclusión de que un nivel de bienestar promedio mundial que sea sostenible estaría limitado a un nivel de ingresos bajo según la escala del Banco Mundial. Esto aplica siempre y cuando se mantenga inalteradas las actuales prácticas de producción, distribución y consumo.

Durante los primeros estudios sobre el IBES llegó a determinarse un nivel de renta per cápita de entre 15 a 20 mil dólares como marca del umbral, no obstante, los ejemplos nacionales varían desde el caso chileno que verifica un umbral en 1985 hasta el caso japonés que prácticamente no verifica un umbral en niveles de renta elevados. En este estudio no encontramos evidencia de umbral para México entre los 88-113 mil pesos per cápita, aunque sí encontramos una brecha considerable. Los contextos económicos y sociales de cada país hacen que el umbral sea móvil más que fijo.

El estudio para la economía chilena difiere del aquí realizado en el fuerte ajuste que hace por perdidas en desigualdad de ingresos y por la valoración del consumo y no la extracción de combustibles fósiles por el costo de reemplazarlos por fuentes renovables. Los problemas que se detectaron fueron: incremento en la desigualdad de los ingresos, uso intensivo de recursos naturales, contaminación urbana y por ciertas actividades, incremento en el consumo de combustibles fósiles (Castañeda, 1999). Después del ajuste debido a la crisis y el golpe de Estado la economía chilena presenta fuertes tasas de crecimiento en medio de un modelo abierto, exportador y dependiente de la inversión extranjera.

El estudio de la economía japonesa al que solo hemos tenido acceso indirecto señala un aumento paralelo entre el IBES y el PIB. La causa de esto es el estancamiento o escaso crecimiento económico observado con posterioridad a la burbuja financiera de los noventa. En adelante la economía japonesa ha tendido a depender exclusivamente de materiales extranjeros lo que puede permitirle mantener un nivel alto de ingreso sin los costos ambientales ya que estos son externalizados (Kubiszewski, 2013).

México mantiene una brecha en torno al 20%. En el caso de Estados Unidos, la brecha se mantuvo más o menos constante entre 1950 y 1970 a niveles más cercanos al 30% antes de empezar a incrementarse (Talberth 2007).

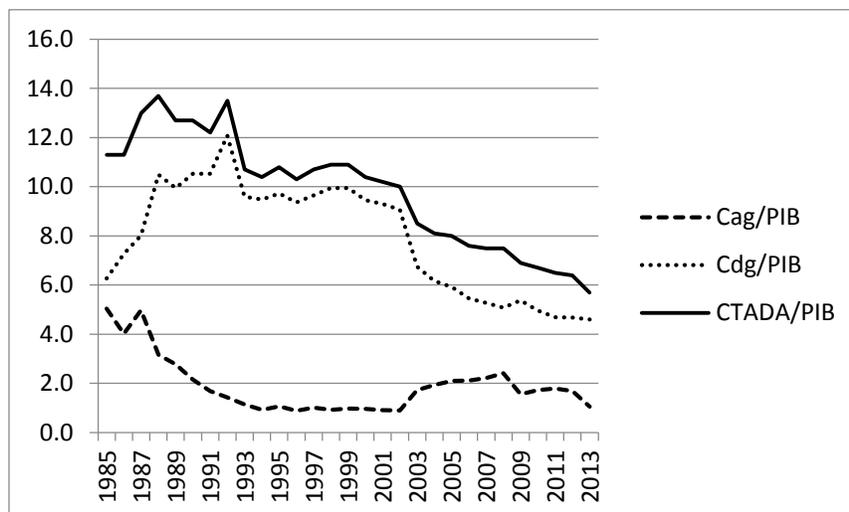
3.2 El Producto interno neto ecológico y el ahorro genuino en México 2003-2013

Las actividades económicas generan presiones sobre el medio ambiente que no son captadas en los precios de mercado, del mismo modo, los servicios ambientales que sustentan las actividades económicas no son correctamente captados en las estadísticas monetarias. La valuación de externalidades y la valoración de servicios ambientales es un medio para ajustar las cuentas de tal manera que reflejen más adecuadamente el funcionamiento de la sociedad y permitan corregir prácticas económicas perniciosas.

Aunque aún no contamos con valuaciones sistemáticas de los servicios ambientales, el INEGI realiza una valoración de externalidades conocida como *costos totales por agotamiento y degradación ambiental* (CTADA) que representa aquellos costos que tendría que realizar la sociedad en su conjunto, para remediar, restituir o prevenir el agotamiento y degradación de los recursos naturales y el medio ambiente, que resulta de los procesos de producción, distribución y consumo humano (INEGI 2013). Los CTADA se dividen en *costos de agotamiento* (Cag) y *costos por degradación ambiental* (Cdg).

Se dispone de bases de datos para CTADA desde 1985, no obstante, debido al cambio de año base de las cuentas nacionales y otros ajustes metodológicos, no existe una serie unificada en valores monetarios que permita hacer comparaciones más precisas de largo plazo. La gráfica 3.2.1 muestra la evolución de las proporciones que observan los conceptos de CTADA, costos por agotamiento y costos por degradación del capital natural en relación al PIB. Los datos muestran tres etapas en el desempeño ambiental. Entre 1985 y 1992 se incrementan las presiones ambientales como proporción del PIB llegando a dos picos, uno de 13.5% al concluir el año 1992 y el máximo histórico en 1988 con 13.7%. La siguiente década, de 1992 a 2002, muestra una estabilización del impacto ambiental a un nivel promedio de 10.53%, puede mencionarse que, el año 1996 representó el menor impacto por agotamiento de recursos naturales. La última década de datos disponibles, 2003-2013, demuestra un impacto ambiental decreciente como proporción del PIB guiado sobre todo por un descenso no observado anteriormente en los costos por degradación ambiental con el mínimo histórico en 2013 de 4.6%.

Gráfica 3.2.1. Proporción de las externalidades ambientales en el PIB 1985-2013 (porcentaje)



Nota: Cag= Costos por agotamiento; Cdg= Costos por degradación; CTADA= Costos totales por agotamiento y degradación; PIB= Producto interior bruto

Fuente: Elaboración propia con datos de:(INEGI 2014). INEGI. Estadísticas históricas de México 2009

Los datos más recientes (2003-2013) muestran que los CTADA han aumentado en términos nominales constantemente ya que en 2003 el impacto ambiental se estimó en 652 mil millones de pesos y al año 2013 los costos estimados fueron de 909 mil millones de pesos, lo que significa un aumento del 39.4%. El impacto acumulado en la década es equivalente al PIB del año 2005, es decir, a causa de la producción de una década se pierde un año de riqueza por el impacto ambiental. Las presiones económicas, en los últimos años, 2009 y 2013, se redujeron en 81.74 y 83.25 mil millones de pesos, en comparación con 2008 y 2012 respectivamente.

En términos relativos, se aprecia una caída en los costos que tendría que soportar la sociedad para remediar los impactos ambientales, en 2003 los CTADA representaban el 8.48% del PIB, en tanto que, para 2013 solo representaban el 5.66%. Es preciso notar que el impacto total sólo se ha reducido en términos relativos, puesto que el PIB crece a una tasa mayor (6.93%) que a la que lo hacen los CTADA (3.07%), mientras que, en términos absolutos sus costos se han incrementado en 9 de los 11 años considerados.

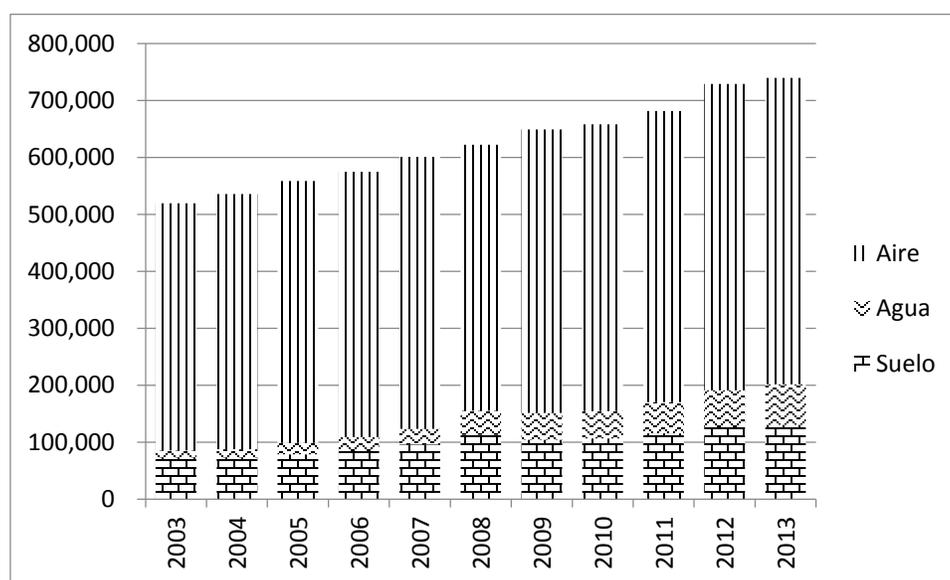
Al interior de los CTADA, los costos por degradación (Cdg) crecieron a una tasa anual de 3.27% durante la década de 2003 a 2013. En 2003 totalizaron 519.48 mil millones de pesos y en el año 2013 sumaron 739.93 mil millones de pesos. Al mismo tiempo, los costos por degradación en relación al PIB han mostrado una constante disminución a lo largo de la década de referencia. En periodos anteriores a 2003 se observaba una estabilización en torno al 10% del PIB, en tanto que, en la década de estudio han disminuido desde un 6.7 a un 4.6% entre 2003 y 2013 respectivamente. Este descenso explica en mayor medida la declinación de la proporción CTADA/PIB.

Dentro de los Cdg encontramos los asociados al suelo, el agua y el aire (Gráfica 3.2.2). Los costos por degradación del aire son la parte más representativa de la degradación ambiental, si bien, su participación porcentual se ha reducido un 10% al pasar de un 83.6% a un 72.8% de los Cdg totales entre 2003 y 2013. Su comportamiento nominal ha sido mucho menos dinámico promediando 485.71 mil millones de pesos. El impacto más importante de la degradación del aire es ocasionado por las fuentes móviles que han representado en promedio el 91% o 441.84 mil millones de pesos.

El componente de degradación referente a suelos parte de una base baja de 72.97 mil millones de pesos pero con una dinámica mucho más fuerte ha llegado casi a duplicarse al final del periodo considerado para contabilizar 130.6 mil millones de pesos. Si bien el componente de uso de suelo es el más importante representando en promedio el 61.4% de la degradación, la dinámica de expansión de los costos por la generación de residuos sólidos urbanos (RSU) es resaltable durante el periodo de referencia, pues, la tasa media de crecimiento anual de la generación de residuos fue de 2.23% en tanto que el avance de superficie afectada por degradación fue de solo 0.30%.

Finalmente, la contaminación del agua que se mide a través de las aguas residuales descargadas sin tratamiento representó el menor de los conceptos de degradación, aunque el de mayor aumento. Durante el periodo, los costos de contaminación de agua se han multiplicado por un factor de 5.75 pasando de 12.29 a 70.63 mil millones de pesos entre 2003 y 2013, este aumento persistente es provocado por el escaso porcentaje de agua residual que recibe tratamiento, cerca del 80% del agua retornada al medio ambiente está contaminada (INEGI 2014).

Gráfica 3.2.2. Composición de los costos por degradación 2003-2013 (millones de pesos)



Fuente: INEGI 2014

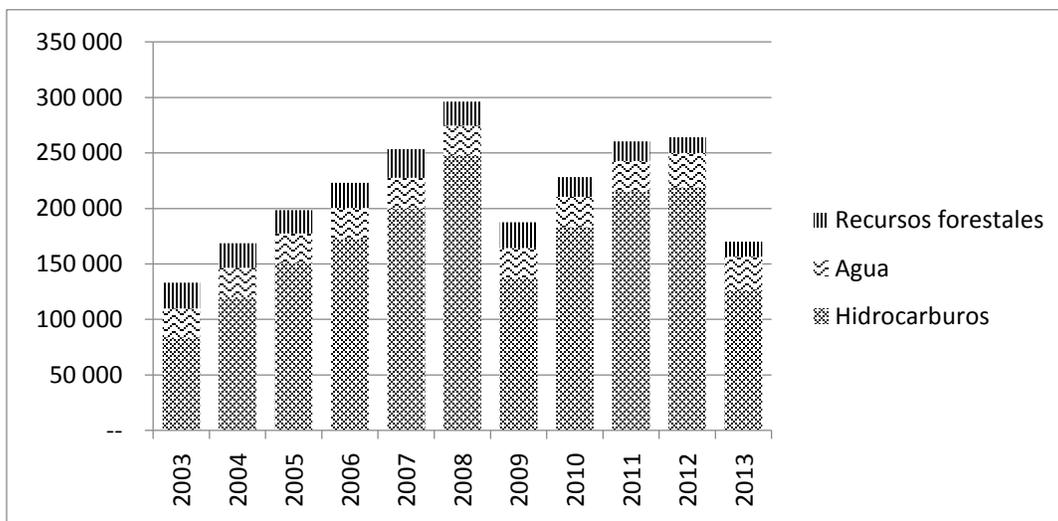
Pasando a la valoración de costos de agotamiento (Cag), se incluyen los activos económicos no producidos más fácilmente apropiables, estos son, hidrocarburos, recursos forestales y agua subterránea. Los Cag crecieron a una tasa anual de 2.25% durante la década de 2003 a 2013. En 2003 totalizaron 133.2 mil millones de pesos y en el año 2013 sumaron 170 mil millones de pesos (gráfica 3.2.3). Al mismo tiempo, los costos por agotamiento en relación al PIB han mostrado un comportamiento en forma de “u” invertida, es decir, crecieron en dos etapas alcanzando un máximo en 2008 con un 2.7% para después declinar previo un ligero repunte y en 2013 se observa la menor proporción de la década con 1.2%. Los Cag se redujeron durante 2009 y 2013 en 108.6 y 94.1 mil millones de pesos, respectivamente comparado con el año anterior.

El agotamiento de hidrocarburos contribuye en mayor proporción con el agotamiento total con un monto máximo en el año de 2008 por 248.43 mil millones de pesos, no obstante, se aprecian caídas en estos costos en 2009(-110.5 mil millones de pesos) y 2013(-92.4 mil millones de pesos). Entre 2003 y 2013 el costo por agotamiento sumó 1.857 billones de pesos mientras que las reservas totales decrecieron poco menos de 6 mil millones de barriles volumen equivalente a la producción acumulada de petróleo entre 2004 y 2013. Cada barril de petróleo se valora en aproximadamente en 315.70 pesos, un valor incluso menor que el precio promedio por barril a paridad de poder de compra entre 2003 y 2013 equivalente a 493.93 pesos.

El componente de costo por uso de recursos forestales es el que más nítidamente muestra una tendencia decreciente incluso en términos absolutos, mientras que en 2003 los costos se estimaron en 23.42 mil millones de pesos, en 2013 se redujo un 57.67% llegando a un monto de apenas 13.5 mil millones de pesos. Cada metro cubico de madera en rollo se estimó por concepto de reposición en 1,525.73 pesos. La madera de pino alcanzó en 2013 un precio de 1,337.85 pesos, pero, en el mismo año las maderas preciosas reportan un precio de 2,392.57 pesos (CONAFOR, 2014).

Finalmente, los costos por agotamiento de agua subterránea muestran una tendencia estable promediando 27.61 mil millones de pesos que los coloca en un nivel cercano a los costos por agotamiento de recursos forestales. La tasa media de crecimiento anual de estos costos ha sido de apenas 1.39%, esto es compatible con un nivel de sobre explotación del recurso hídrico que se ha mantenido casi constante en los 5.9 mil millones de metros cúbicos. El método de valoración de precios sombra o de mercados sustitutos arroja una cotización de .004 pesos por litro.

Gráfica 3.2.3. Composición de los costos por agotamiento 2003-2013 (millones de pesos)



Fuente: INEGI 2014

El valor de las externalidades ambientales podría ser cubierto por gastos de protección ambiental (GPA) que se definen como las erogaciones que se realizan por la sociedad en su conjunto para prevenir, controlar o disminuir el daño ambiental generado por las actividades de producción, distribución y consumo. Para que las actividades, acciones o parte de las mismas se consideren en la frontera de la protección del medio ambiente, deben cumplir con el criterio de finalidad (causa finalis) (INEGI 2013); es decir, deben tener como principal objetivo la protección del medio ambiente.

Los gastos en protección ambiental han aumentado constantemente en términos nominales en la década de estudio. El crecimiento más fuerte se presentó entre 2003 y 2009 cuando transitó de 44.8 a 121 mil millones de pesos, esto trajo como resultado una cobertura de gastos de protección ambiental sobre CTADA incrementada desde un 6.86 hasta un 14.46% (ver tabla 3.2.1). Posteriormente, entre 2009 y 2013 los GPA han continuado aumentando pero a un ritmo menor, incluso se aprecia una reducción de 792 millones de pesos de 2011 a 2012. Como proporción del PIB, los GPA han aumentado desde 0.61% en 2003 hasta un máximo de 1.05% en 2009, en adelante han promediado el 1% (INEGI 2014).

Se calcula que la inversión mínima necesaria para abatir el daño ecológico, debería de ser por lo menos 6.12 veces mayor que la registrada en 2013 lo que refleja un pasivo ambiental no cubierto, sin embargo, el mismo pasivo ambiental se ha venido reduciendo desde 2003 cuando abatir el deterioro requería una inversión 14.57 veces mayor que la efectivamente realizada. Es importante mencionar que en los GPA se recoge información de inversión pública y gastos por gestión de residuos en los hogares, pero no se cuenta con información sobre inversión privada en protección ambiental por lo que el pasivo podría ser mucho menor.

Durante 2013 los GPA sumaron 148.7 mil millones de pesos, de los cuales, otras actividades (educativas y administrativas) acapararon el 41.88% del gasto, seguido por actividades de protección al aire y clima con 15.89%. Las actividades con menor participación fueron la protección contra la radiación (0.09%) y, Protección y remediación de suelos, agua subterránea y superficiales (1.34%). Los GPA que vieron un mayor aumento durante la década fueron Protección al aire y clima pasando de 0.85 a 23.6 mil millones de pesos, y gestión de aguas residuales pasando de 3.18 a 20.26 mil millones de pesos, en ambos casos de 2003 a 2013.

Tabla 3.2.1. Indicadores de sustentabilidad débil: Ahorro genuino, indicador de sustentabilidad débil Z y cobertura de gasto de protección ambiental

| <i>(millones de pesos corrientes, proporción respecto al PIB y porcentaje)</i> | | | | |
|--|-----------|-----------|----------------|-------|
| Año | Indicador | | | |
| | GPA | GPA/CTADA | Ahorro genuino | Z |
| 2003 | 44806.9 | 6.9 | 144784.3 | 0.019 |
| 2004 | 50176.6 | 7.1 | 390465.1 | 0.045 |
| 2005 | 57009.3 | 7.5 | 377114.3 | 0.040 |
| 2006 | 64796.2 | 8.1 | 647657.8 | 0.062 |
| 2007 | 80256.2 | 9.4 | 675615.4 | 0.059 |
| 2008 | 97065.8 | 10.6 | 585927.9 | 0.048 |
| 2009 | 121004.0 | 14.5 | 361342.8 | 0.030 |
| 2010 | 126176.1 | 14.2 | 559555.7 | 0.042 |
| 2011 | 145940.5 | 15.5 | 678233.1 | 0.047 |
| 2012 | 145148.4 | 14.6 | 442858.5 | 0.028 |
| 2013 | 148699.2 | 16.3 | 136858.1 | 0.009 |

Fuente:

Elaboración propia con datos de: INEGI. Banco de Información Económica. Cuentas Nacionales año base 2008 a precios corrientes.

En la tabla 3.2.1 se muestra la cifra de ahorro genuino, un índice de sustentabilidad débil que se obtiene de deducir al ahorro neto las depreciaciones de capital natural, en este caso CTADA

(Dietz y Neumayer, 2007; Hamilton y Clemens, 1999). Esta cifra es la cantidad que se destina a incrementar el acervo de recursos productivos de la sociedad o capital total de una sociedad.

El ahorro genuino se incrementó notablemente desde 144.78 mil millones de pesos en 2003 hasta un pico máximo de 675.62 mil millones de pesos en 2007. La crisis económica mostro los estragos en el nivel de ahorro hasta la explosiva recuperación manifestada en 2011 con un nuevo máximo en el ahorro genuino por 678.23 mil millones de pesos. Una vez que el crecimiento se estabilizó, el ahorro genuino siguió un curso descendente para colocarse en su menor monto a lo largo de la serie durante 2013 para un total de 136.86 mil millones de pesos.

En términos relativos, la inversión neta, procedente del ahorro genuino, en todos los tipos de capitales ha representado una minúscula proporción de la producción total. Esta proporción, conocida como indicador de sustentabilidad débil Z, discrimina entre una economía no sustentable, una marginalmente sustentable y otra sustentable. Cuando el valor de Z es menor que cero la situación es insustentable y se está agotando el capital total de la economía. Un indicador Z igual a cero muestra una economía marginalmente sustentable que no expande sus activos totales aunque puede cambiarlos de sector. La situación ideal es una economía con indicador Z superior a cero en el largo plazo, lo que le permite expandir su capital total (Martínez, 2000).

La tabla 3.2.1 muestra que la proporción de ahorro genuino respecto al PIB alcanzó un máximo de .0616 en el año 2006, presentándose el menor valor de todos en el año 2013 con .0085, año que, sin lugar a dudas, ya puede considerarse marginalmente sustentable. A lo largo de todo el periodo, el indicador promedió .0389 demostrando que únicamente 4% de la producción total se destina a incrementar el capital total de la sociedad.

3.3 Conclusiones del capítulo

El indicador Z nos dice que México es una economía marginalmente sustentable, esto es, que el ahorro compensa apenas la depreciación del capital manufacturado y el natural, esto sin considerar la depreciación del capital humano e institucional cuyo panorama no resulta muy alentador, sobre todo en un contexto de adelgazamiento del Estado y niveles agudos de desigualdad, pobreza y marginación.

El indicador CTADA/PIB nos indica un patrón de desacoplamiento entre el crecimiento económico y los costos por concepto de agotamiento y degradación del ambiente. No obstante, el indicador GPA/CTADA nos muestra que para hacer frente a los costos ambientales del crecimiento hace falta una inversión 6 veces mayor a la efectuada por el gobierno. El impacto ambiental continúa creciendo en términos absolutos. La desventaja de un indicador como CTADA y el PINE es la falta de reconocimiento de los costos de largo plazo asociados a pérdida de ecosistemas, biodiversidad, capa de ozono estratosférico y cambio en la composición atmosférica por gases de efecto invernadero (GEI).

El IBES, que expande el horizonte de un indicador como CTADA, no muestra una tendencia de la cual concluir un desacoplamiento ni confirmar un umbral ya observado a partir del cual el

crecimiento se vuelva antieconómico. Esto tal vez sea consecuencia del bajísimo crecimiento durante los últimos 20 años y del periodo de estudio para el cual tenemos datos que no es tan largo como el de otros ejercicios. Sin embargo, varios temas de los pilares del desarrollo sustentable han empeorado a un ritmo pronunciado en los últimos 20 años.

Entre 1993 y 2013 el PIB per cápita ha estado creciendo a una tasa de 1.2%. Algunos investigadores creen que esto es un *estancamiento estabilizador*, sobre todo si se conjuga con la estabilidad de precios. Algunos economistas ecológicos, como Alejandro Nadal (2007), creen que este punto de bajas tasas de crecimiento puede ser compatible con costes muy grandes por concepto del agotamiento y degradación del capital natural, humano e institucional. Pensemos en términos de la brecha determinada, un 20%¹⁸ menos de disfrute por cada año transcurrido significa hacer como el cangrejo que avanza un poco para retroceder un momento, sólo que el asunto con algunos costes ambientales y sociales es que dejan huellas permanentes que deberán asumir esta y las generaciones futuras, algunas de esas huellas tienen efectos acumulativos que se comportan de formas no lineales.

Esta información nos permite ver en esta situación un estado estacionario sub-óptimo, ya que se crece, sí, aunque a unas tasas muy bajas¹⁹, sin que por ello estemos reduciendo la erosión del capital natural, institucional y humano, más aun, se profundiza un modelo económico inestable ligado a las fluctuaciones externas sin una posibilidad de desarrollo endógeno.

¹⁸ En el caso de los CTADA la brecha es de 1 año de pérdidas por cada 10 transcurridos, o el 10%.

¹⁹ A la tasa de crecimiento del PIB per cápita en los últimos 20 años hacen falta 56 años para ver duplicado el producto por habitante, de estos años, entre 1/10 y 1/5 (según se piense en la brecha de CTADA o IBES) se habrán perdido por concepto de agotamiento y degradación.

4 Sustentabilidad fuerte. Metabolismo y permanencia/devastación del capital natural

Una vez que hemos determinado las fortalezas de considerar la economía como un subsistema de otro más amplio, conviene tener en cuenta cómo interactúan los sistemas a través del tiempo, esto es, a través del metabolismo que actúa como regulador de los intercambios y de los efectos que dicho intercambio pueda tener sobre ambos sistemas. Nos interesa especialmente determinar las pérdidas o mejoras experimentadas por la base de capital natural considerando tanto recursos renovables como no renovables.

Trataremos de probar o refutar las hipótesis básicas de una sociedad sustentable de orden local: una sociedad es sustentable siempre y cuando mantenga intacto o conserve y mejore el capital natural crítico (Ekins, 2003), esto es, que se mantenga dentro de límites, subsanando de la mejor manera las necesidades de sus habitantes, además, si obtiene el mayor provecho de su capital natural renovable y no renovable (UNEP, 2010).

Mediante un modelo de huella ecológica/transformación humana evaluamos la permanencia del capital natural y mediante un modelo de consumo de materiales observamos la economía en la utilización de los recursos naturales.

4.1 Erosión del capital natural, transformación humana.

4.1.1 Impacto observado, transformación humana.

A diferencia del modelo de huella ecológica, el de transformación humana (Sanderson, et al, 2002) muestra el uso actual del territorio sin hacer supuestos de biocapacidad o sustitución entre distintos usos potenciales del terreno. Muestra, en cambio, el grado de afectación sobre el territorio. Un impacto elevado sobre el suelo desplaza completamente la biodiversidad, mientras que un impacto moderado, disperso y en red permite la convivencia en una matriz de calidad (Perfecto & Vandermeer, 2009)²⁰. Al igual que en los modelos de apropiación de la productividad primaria neta, el límite máximo en la transformación del terreno debe ser inferior al 50%, no obstante, la valoración debe ser contrastada con análisis de la calidad de la matriz y fragmentación (Vitousek, et al, 1997).

Para generar datos sobre huella ecológica se replicó la metodología propuesta por González-Abraham *et al* (2015).

De acuerdo a González-Abraham *et al* (2015) la modificación humana, sobre un ambiente natural, está definido por dos factores: Intensidad y Extensión. La Intensidad es el grado en que un ecosistema ha sido modificado desde su condición original. La Extensión es el tamaño de la superficie modificada por una determinada actividad humana.

²⁰ Nos referiremos indistintamente a huella ecológica y transformación humana en lo sucesivo a menos que se indique una referencia a la metodología común de huella ecológica de Rees y Wackernagel (1996).

La *Extensión* (González-Abraham *et al*, 2015) fue determinada a través de un criterio de presencia/ausencia de una actividad humana, dentro de una unidad (celda) de estudio de 500 x 500 m. Si una actividad humana ocupa una superficie igual o mayor a la mitad del área de la celda se consideraba presente ($AREA \geq 125\ 000 \rightarrow 1$), caso contrario ausente ($AREA < 125\ 000 \rightarrow 0$).

La Intensidad fue determinada a través de la asignación de valores a las fuentes humanas que han modificado el ambiente natural. Estos valores fueron retomados del artículo de González-Abraham *et al* (2015). Los valores son puntuales:

- 5, Intensidad baja.
- 7, Intensidad media.
- 10, Intensidad alta.

A cada capa de información ráster²¹ se le asignó un valor de Intensidad, de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 4.1.1. Valores de transformación humana (HT) (González-Abraham *et al.*, 2015)²².

| ID | Capas vectoriales | HT |
|----|--|----|
| 1 | Traza Urbana (Serie 3 y Serie 5) | 10 |
| 2 | Localidades_2010 (500 a 2500 habitantes) | 7 |
| 3 | Localidades_2010 (< 500 habitantes) | 5 |
| 4 | Agricultura (Temporal, Humedad y Riego), (Serie 3 y Serie 5) | 7 |
| 5 | Acuicultura | 7 |
| 6 | Bosques inducidos y cultivados, (Serie 3 y Serie 5) | 5 |
| 7 | Pastizal inducido y cultivado, (Serie 3 y Serie 5) | 5 |
| 8 | Carretera pavimentada | 7 |
| 9 | Carretera terracería | 5 |
| 10 | Carretera revestida con una capa delgada de asfalto | 5 |
| 11 | Carretera revestida de tierra o grava | 5 |
| 12 | Líneas de transmisión eléctrica | 5 |
| 13 | Vías férreas | 5 |
| 14 | Industria | 10 |
| 15 | Plantas de tratamiento de agua | 7 |
| 16 | Salinas artificiales | 7 |
| 17 | Rasgos arqueológicos | 5 |

²¹ Debido a la heterogeneidad de la información no hubo más que convertir a una matriz de 500x500 metros todas las capas de polígonos, líneas y puntos y a partir de ello trabajar con operaciones matriciales. La suma de capas raster, por ejemplo, fue realizada aplicando un algoritmo de suma algebraica difusa: $HT_i = 1 - \prod_{j=1}^{10} (1 - h_{ij})$ Dónde: h_{ij} = representa cada valor de la Tabla 1 (i) para cada capa de información (j). Los valores de transformación fueron previamente indexados para que estuvieran en el rango 0-1. Cada capa de información tiene un peso de ponderación equitativo. Véase este procedimiento en el anexo técnico.

²² Los valores puntuales de intensidad se refieren a la irreversibilidad de la intervención humana sobre el suelo y las comunidades vegetales.

| | | |
|----|---|----|
| 18 | Deposición final de residuos sólidos a cielo abierto | 7 |
| 19 | Deposición final de residuos sólidos en relleno sanitario | 5 |
| 20 | Minas zona primaria | 10 |
| 21 | Minas zona secundaria | 7 |
| 22 | Minas zona terciaria | 5 |

Se generaron tres mapas de huella ecológica (HT):

1. Mapa Serie 3 Testigo (Serie 3T), éste se generó utilizando las variables 1 a 11 (Tabla 4.1.1) con información de la Serie 3. Este mapa es similar al de González-Abraham et al. (2015).

2. Mapa Serie 5 Parcial (Serie 5P), éste se generó utilizando las variables 1 a 11 (Tabla 1) con información de la Serie 5.

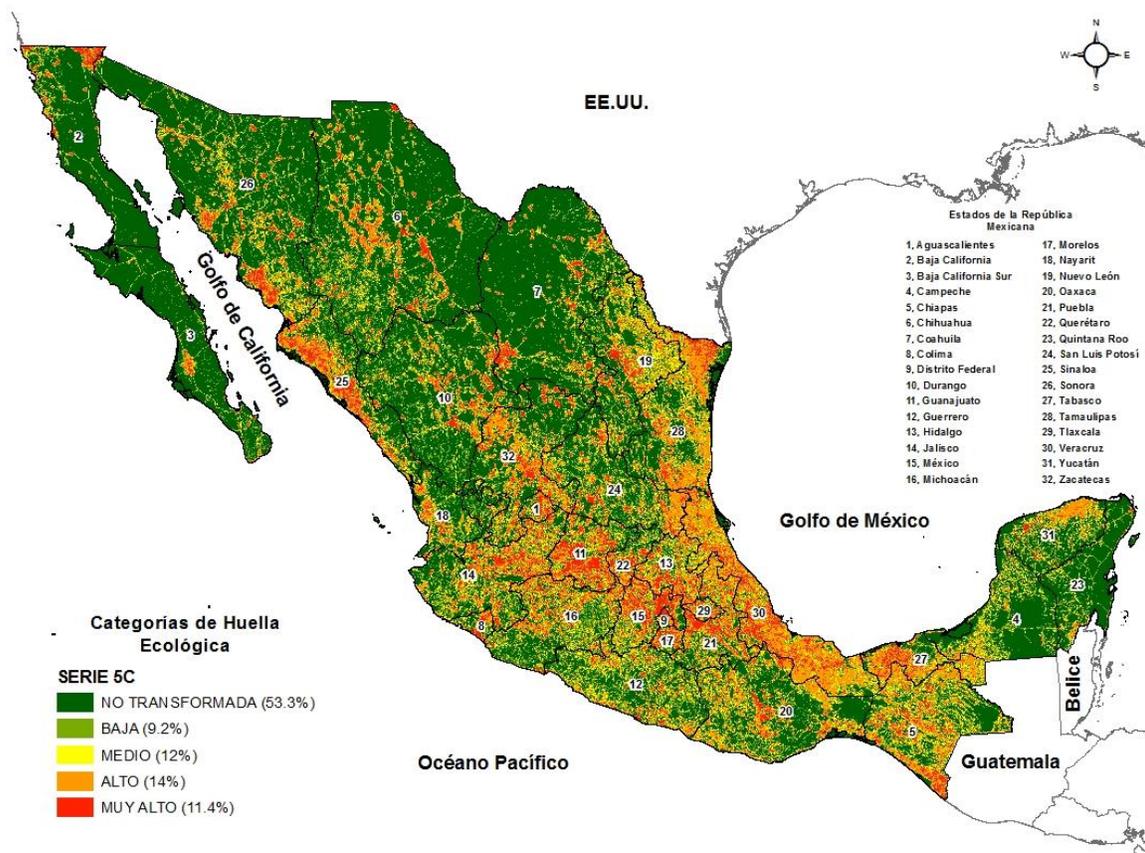
3. Mapa Serie 5 Completo (Serie 5C), éste se generó utilizando todas las variables de la Tabla 1, con información de la Serie 5. Sobre este modelo completo se hacen los análisis presentados en la tesis. Puede considerarse que una contribución original de este trabajo es la verificación de zonas de influencia de las principales minas del país.

Resultados

El Modelo Serie 5C fue generado basándose en el modelo propuesto por González-Abraham et al. (2015). Éste considera once variables originales (1-11), más algunas variables que tienen que ver con infraestructura económica (12-22) (Tabla 4.1.1). Se obtiene el modelo Serie 5C, de acuerdo a este modelo:

- *El 53% de la superficie de México conserva cobertura vegetal, primaria y secundaria, en buen estado.*
- El 11% del país tiene un nivel muy alto de huella humana.

Mapa 4.1.1. Serie 5C Grado de transformación humana sobre la superficie estatal



Fuente: Elaboración propia, las fuentes primarias pueden consultarse en el anexo técnico.

Al sumar las categorías, alto y muy alto, de los tres modelos, se observa un pequeño aumento, desde 2002 hasta 2013, en la cantidad de superficie de México con huella humana. Pasa del 23% (en Serie 3) a 24 y 25% (en Serie 5).

Tabla 4.1.2. Categorías de transformación humana (HT).

| HT | Categorías HT | Serie 3T | Serie 5P | Serie 5C |
|---------|-----------------|----------|----------|--------------|
| -1 | No Transformado | 55.6% | 55.6% | 53.3% |
| 0.5 a 1 | Bajo | 10.2% | 8.8% | 9.2% |
| 2 a 3 | Medio | 10.8% | 11.9% | 12.1% |

| | | | | |
|-------|----------|-------|-------|--------------|
| 4 a 6 | Alto | 13.8% | 13.5% | 14.0% |
| ≥ a 7 | Muy Alto | 9.5% | 10.1% | 11.4% |

Se puede considerar al modelo Serie 5C como la base para describir la huella ecológica humana en México. Al dividir al país, por estados, se observa que la mayor cantidad de huella humana se concentra en estados del Centro, Sur Este y una franja Noroeste sobre la costa hacia el Océano Pacífico y Golfo de California. Estas zonas coinciden con la ubicación de la Sierra Madre Oriental, Occidental y el Eje Neovolcánico.

Los estados con mayor nivel de huella humana son Distrito Federal, Guanajuato, Estado de México, Morelos, Tabasco, Tlaxcala y Veracruz. El Distrito Federal tiene el mayor nivel de huella humana (muy alto, 59%) de todos los estados de la República Mexicana. Al sumar el nivel alto y muy alto, del Distrito Federal, el nivel de huella humana representa más del 70% (Serie 5C) de su superficie.

Los estados, arriba mencionados, se ubican sobre áreas de vegetación de selva y bosque principalmente (INEGI, 2014) y sobre los vestigios de asentamientos humanos antiguos. Estos asentamientos se ubican sobre la región de Mesoamérica (González-Abraham *et al.*, 2015). En Mesoamérica se desarrollaron las culturas más importantes del México antiguo como los Mexicas, Olmecas, Mayas, Mixtecos, Zapotecos, Teotihuacán, entre otras (González-Abraham *et al.*, 2015). No obstante, los vestigios civilizatorios de dichos centros son cuando mucho de algunos centros ceremoniales, mientras que, se verá más adelante, la cantidad de materiales de infraestructura que moviliza el actual metabolismo fósil-industrial no tiene grado de comparación, por ende, la Intensidad de la intervención sobre el suelo es mucho más grave (alta y muy alta transformación).

El magnífico artículo de (González-Abraham *et al.*, 2015) falla varias veces en la interpretación que elabora pues no alcanza a observar la ruptura entre los tipos de metabolismo y el alcance de la transformación del actual (véase más adelante).

Tabla 4.1.3. Estados de la República Mexicana con mayor nivel de huella ecológica humana.

| ID | NOMBRE | CLASE | Serie 5C | |
|----|------------------|-----------------|---------------|------------|
| | | | Área (ha) | % |
| 9 | Distrito Federal | No Transformada | 19,886 | 13% |
| | | Bajo | 10,694 | 7% |
| | | Medio | 11,150 | 8% |
| | | Alto | 19,200 | 13% |
| | | Muy Alto | 86,694 | 59% |
| 11 | Guanajuato | No Transformada | 559,206 | 18% |
| | | Bajo | 421,671 | 14% |
| | | Medio | 409,127 | 13% |

| | | | | |
|----|----------|-----------------|------------------|------------|
| | | Alto | 801,872 | 26% |
| | | Muy Alto | 843,058 | 28% |
| 15 | México | No Transformada | 316,925 | 14% |
| | | Bajo | 290,723 | 13% |
| | | Medio | 356,076 | 16% |
| | | Alto | 578,898 | 26% |
| | | Muy Alto | 678,250 | 31% |
| 17 | Morelos | No Transformada | 83,830 | 17% |
| | | Bajo | 63,728 | 13% |
| | | Medio | 63,906 | 13% |
| | | Alto | 138,599 | 28% |
| | | Muy Alto | 137,325 | 28% |
| 27 | Tabasco | No Transformada | 489,586 | 20% |
| | | Bajo | 275,804 | 11% |
| | | Medio | 392,325 | 16% |
| | | Alto | 992,323 | 40% |
| | | Muy Alto | 321,195 | 13% |
| 29 | Tlaxcala | No Transformada | 23,015 | 6% |
| | | Bajo | 28,295 | 7% |
| | | Medio | 46,656 | 12% |
| | | Alto | 142,168 | 36% |
| | | Muy Alto | 156,860 | 40% |
| 30 | Veracruz | No Transformada | 566,221 | 8% |
| | | Bajo | 647,428 | 9% |
| | | Medio | 1,098,348 | 15% |
| | | Alto | 3,572,999 | 50% |
| | | Muy Alto | 1,267,157 | 18% |

De acuerdo al modelo de huella ecológica Serie 5C, los estados de la República Mexicana, con menor nivel de huella humana son Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Durango, Quintana Roo y Sonora. Estos estados conservan más del 65% de su superficie con cobertura vegetal. En este sentido, dos estados se distinguen por preservar más del 80% de su cobertura vegetal, según el modelo Serie 5C, son Baja California Sur (87%) y Baja California (82%).

Tabla 4.1.4. Estados de la República Mexicana con menor nivel de huella ecológica humana.

| ID | NOMBRE | CLASE | Serie 5C | |
|----|-----------------|-----------------|-----------|-----|
| | | | ha | % |
| 2 | Baja California | No Transformada | 6,019,876 | 82% |
| | | Bajo | 389,984 | 5% |
| | | Medio | 313,872 | 4% |
| | | Alto | 325,831 | 4% |

| | | | | |
|-----------|----------------------------|------------------------|-------------------|------------|
| | | Muy Alto | 312,594 | 4% |
| 3 | Baja California Sur | No Transformada | 6,403,670 | 87% |
| | | Bajo | 514,774 | 7% |
| | | Medio | 244,420 | 3% |
| | | Alto | 157,976 | 2% |
| | | Muy Alto | 79,451 | 1% |
| 6 | Chihuahua | No Transformada | 17,928,277 | 73% |
| | | Bajo | 2,524,260 | 10% |
| | | Medio | 1,625,910 | 7% |
| | | Alto | 1,815,225 | 7% |
| | | Muy Alto | 810,836 | 3% |
| 7 | Coahuila | No Transformada | 11,868,157 | 79% |
| | | Bajo | 1,092,841 | 7% |
| | | Medio | 813,466 | 5% |
| | | Alto | 773,226 | 5% |
| | | Muy Alto | 504,722 | 3% |
| 10 | Durango | No Transformada | 7,930,881 | 65% |
| | | Bajo | 1,686,140 | 14% |
| | | Medio | 1,021,587 | 8% |
| | | Alto | 1,053,500 | 9% |
| | | Muy Alto | 521,488 | 4% |
| 23 | Quintana Roo | No Transformada | 3,366,611 | 78% |
| | | Bajo | 461,536 | 11% |
| | | Medio | 282,819 | 7% |
| | | Alto | 144,598 | 3% |
| | | Muy Alto | 36,157 | 1% |
| 26 | Sonora | No Transformada | 12,506,887 | 69% |
| | | Bajo | 1,914,507 | 11% |
| | | Medio | 1,411,667 | 8% |
| | | Alto | 1,554,608 | 9% |
| | | Muy Alto | 715,525 | 4% |

Recuadro 1. Tipos de vegetación en México

La diversidad de ecosistemas que tiene México se debe a la confluencia de las regiones Neártica y Neotropical, a la diversidad orográfica que combina distintos tipos de relieves y suelos y a la diversidad climática. El concepto de ecosistema es de vital importancia porque define el objeto de estudio de la ecología y da cuenta de la relación de factores abióticos con las comunidades vivas. Frecuentemente se categoriza a los ecosistemas en función de la vegetación dominante. Grandes estudiosos de la vegetación mexicana como Rzedowsky, Miranda y Hernández han descrito

comunidades vegetales y las han agrupado. Actualmente y basándose en estos trabajos el INEGI realiza la siguiente clasificación de comunidades vegetales que es la misma que utilizamos en esta investigación (más información en (Challenger & Soberon, 2008)).

Bosque Mesófilo de Montaña: Comunidades vegetales que se caracterizan por la presencia de vegetación arbórea de densa a muy densa, con epífitas y helechos; se localizan principalmente en montañas, barrancas y sitios que presentan condiciones favorables de humedad y neblinas frecuentes. En México se localiza a altitudes entre los 600 m y 2 800 m. Es este mi ecosistema favorito, un buen ejemplo podría visitarse en la Reserva de la Biosfera el Triunfo en Chiapas. Esta y las siguientes definiciones se encuentran en INEGI. Guía para la interpretación de cartografía. Uso de suelo y vegetación Escala 1:250000 serie V. México, 2015.

Matorral Xerófilo: Comunidades arbustivas, ocasionalmente subarbóreas, que en general presentan ramificaciones desde la base del tallo y cerca de la superficie del suelo y con altura variable, pero casi siempre inferior a 4 m. Se distribuyen principalmente en las zonas áridas y semiáridas del país.

Bosque de Coníferas: Comunidades arbóreas, subarbóreas u ocasionalmente arbustivas de origen septentrional (Holártico), principalmente de las regiones templadas y semifrías con diferentes grados de humedad; por lo común con mínima variación de especies de coníferas y frecuentemente con pocos bejucos o sin ellos. Su desarrollo es consecuencia del clima y del suelo de una región, en la que sensiblemente no han influido otros factores para su establecimiento

Bosque de Encino: Comunidades arbóreas, subarbóreas u ocasionalmente arbustivas integradas por múltiples especies del género *Quercus* (encinos, robles) que en México, salvo condiciones muy áridas se ubican prácticamente desde los 300 hasta los 2 800 m. Se encuentra muy relacionado con los bosques de pino, formando una serie de bosques mixtos con especies de ambos géneros.

Selva Perennifolia: Comunidades arbóreas de origen tropical que crecen en lugares con alta precipitación y cuyos componentes vegetales mantienen su follaje verde la mayor parte del año.

Selva Subcaducifolia: Comunidades arbóreas de origen tropical que crecen en lugares con precipitación estacional y cuyos componentes vegetales pierden las hojas del 50% al 75% durante la época seca del año.

Selva Caducifolia: Comunidades arbóreas o subarbóreas de origen tropical que crecen en lugares con precipitación estacional y en donde más del 75% de sus componentes vegetales pierden las hojas durante la época seca del año.

Selva Espinosa: Comunidades arbóreas o subarbóreas de origen tropical que crecen en lugares con precipitación estacional y en donde sus componentes vegetales pierden las hojas más del 75% durante la época seca del año y las especies que la forman tienen espinas en sus tallos y/o ramas. También se consideran aquellas comunidades espinosas en donde el factor suelo es más determinante que el clima.

Pastizal: Comunidades herbáceas en las que predominan las especies de gramíneas o graminoides, estas comunidades están determinadas por condiciones naturales de clima y suelo.

Vegetación hidrófila: Comunidades arbóreas, arbustivas o herbáceas que habitan en terrenos pantanosos o inundables de aguas salobres o dulces poco profundas, son comunidades muy diversas florísticamente hablando. Estas comunidades son parte de los llamados “Humedales”.

De lo anterior, todos los modelos de huella ecológica humana muestran una leve disminución de las superficies con cubierta vegetal, desde 2002 hasta 2013 (INEGI, 2005; INEGI, 2014). Esta disminución depende de la ubicación del Estado de la República y de su tipo de vegetación. Por ejemplo, los estados con menor nivel de huella humana se ubican sobre extensas zonas de matorral xerófilo; en cambio, los estados con mayor huella humana se localizan sobre zonas donde se establecen selvas, bosques templados y bosque mesófilo de montaña (INEGI, 2014). Al realizar una intersección de ésta categoría y el uso del suelo Serie 5 (INEGI, 2014) se tienen los siguientes resultados:

- La mayor parte de las áreas No Transformadas poseen vegetación de matorral xerófilo (44%).
- El bosque templado y la selva representan el 42% del total de las áreas No transformadas.
- El 9% de las áreas No Transformadas poseen pastizales.

Tabla 4.1.5. Usos del suelo ubicados en la categoría No Transformada, según el modelo Serie 5C, de la Serie 5 (INEGI, 2014).

| COMUNIDAD | Área (ha) | Área (%) |
|----------------------------|--------------------|-------------|
| Matorral | 44,601,893 | 44.15% |
| Bosque | 22,410,119 | 22.18% |
| Selva | 20,275,490 | 20.07% |
| Pastizal | 8,764,458 | 8.68% |
| Vegetación hidrófila | 1,959,980 | 1.94% |
| Otros tipos | 1,894,711 | 1.88% |
| Bosque mesófilo de montaña | 1,082,394 | 1.07% |
| Vegetación inducida | 37,084 | 0.04% |
| TOTAL | 101,026,129 | 100% |

Al desagregar las comunidades vegetales en categorías de sucesión se observa que el 94% del matorral y el 67% del bosque que se ubican dentro de la clase No Transformada (modelo Serie 5C) son vegetación primaria. En cambio el 58% de las selvas son vegetación secundaria. Un caso especial son los pastizales y la vegetación inducida, de los cuales no se puede definir si son vegetación primaria o secundaria.

Al desagregar las comunidades por tipo de vegetación se observa que la selva caducifolia - dentro de la clase No Transformada – conservan más del 50% de su superficie con vegetación primaria. Por el contrario más del 55% de la superficie de la selva espinosa, perennifolia y subcaducifolia son vegetación secundaria. *El estado de conservación de la selva subcaducifolia es práctica y únicamente en comunidades secundarias.*

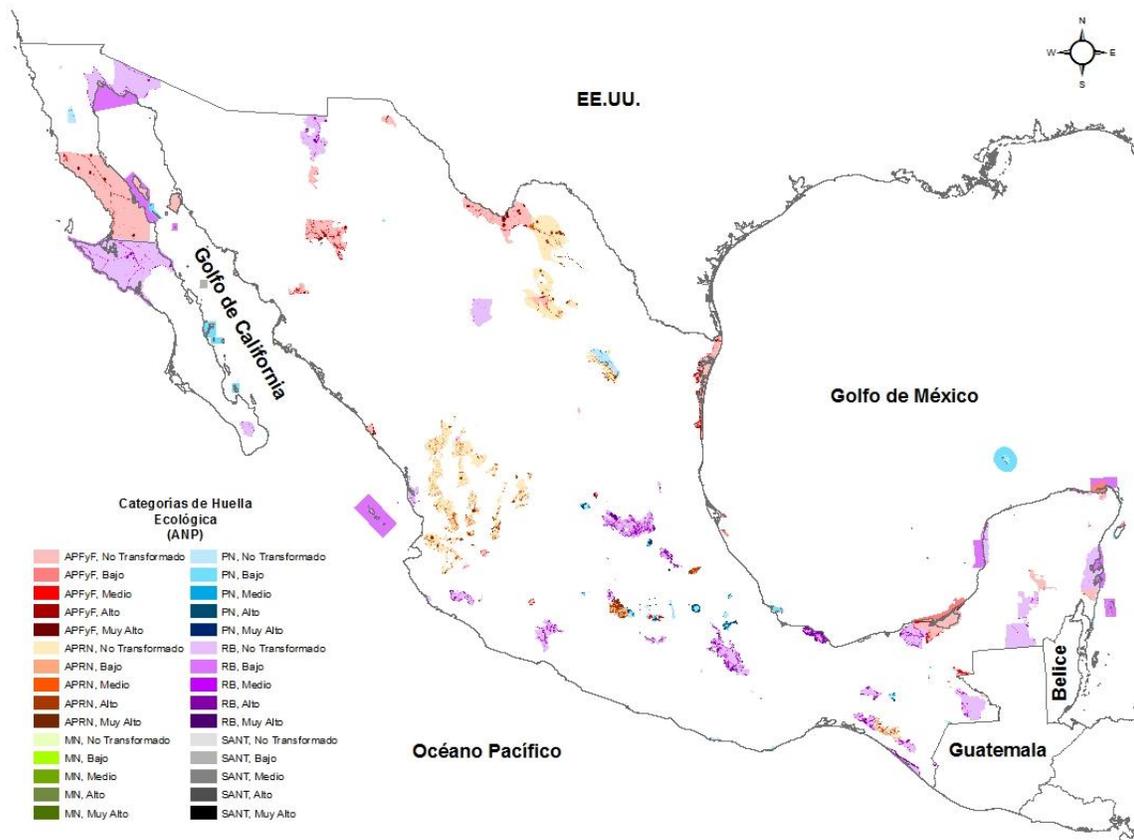
Tabla 4.1.6. Usos del suelo - desagregados tipo de vegetación - ubicados en la categoría **No Transformada**, según el modelo Serie 5C, de la Serie 5 (INEGI, 2014).

| TIPO DE VEGETACIÓN | SUCESIÓN | Área (ha) | Área/TIPO (%) |
|----------------------------|---------------|-------------|----------------|
| Matorral xerófilo | Primario | 41,706,734 | 93.51% |
| | Secundario | 2,895,159 | 6.49% |
| Bosque de coníferas | Primario | 7,653,861 | 66.50% |
| | Secundario | 3,854,934 | 33.50% |
| Bosque de encino | Primario | 7,311,288 | 67.07% |
| | Secundario | 3,590,035 | 32.93% |
| Selva caducifolia | Primario | 5,160,635 | 52.49% |
| | Secundario | 4,671,165 | 47.51% |
| Selva espinosa | Primario | 87,559 | 29.22% |
| | Secundario | 212,120 | 70.78% |
| Selva perennifolia | Primario | 2,972,808 | 40.67% |
| | Secundario | 4,336,355 | 59.33% |
| Selva subcaducifolia | Primario | 357,838 | 12.62% |
| | Secundario | 2,477,010 | 87.38% |
| Pastizal | No aplicable | 8,764,458 | 100.00% |
| Vegetación hidrófila | Primario | 1,894,856 | 96.68% |
| | Secundario | 65,125 | 3.32% |
| Otros tipos | Primario | 1,670,798 | 88.18% |
| | Secundario | 223,913 | 11.82% |
| Bosque mesófilo de montaña | Primario | 582,620 | 53.83% |
| | Secundario | 499,774 | 46.17% |
| Vegetación inducida | No disponible | 37,084 | 100.00% |
| TOTAL | | 101,026,129 | |

4.1.1.1 Transformación humana en sitios prioritarios para conservación

Se realizó un ejercicio para estimar el nivel de huella ecológica humana en las Áreas Naturales Protegidas (ANP) Federales de SEMARNAT (2013) y en los Sitios Prioritarios Terrestres para la Conservación de la Biodiversidad (CONABIO, 2008). Ambas pueden considerarse propuestas de capitales naturales críticos desde un punto de vista ecológico burocrático.

Mapa 4.1.2 Nivel de transformación por huella ecológica dentro de las ANP Federales



Fuente: Elaboración propia con información de la serie 5C

Nota: APFyF = áreas de protección de fauna y flora, APNR = áreas de protección de recursos naturales, MN = monumentos naturales, PN = parques nacionales, RB = Reservas de la Biosfera y SANT = Santuarios.

De acuerdo al modelo Serie 5C, en su conjunto, todas las áreas naturales protegidas (excepto los santuarios) tienen cobertura vegetal en buenas condiciones de conservación (> 55% de su superficie). Las áreas de protección de fauna y flora (APFyF) tienen el nivel más alto de conservación (> 85% de su superficie) o área no transformada.

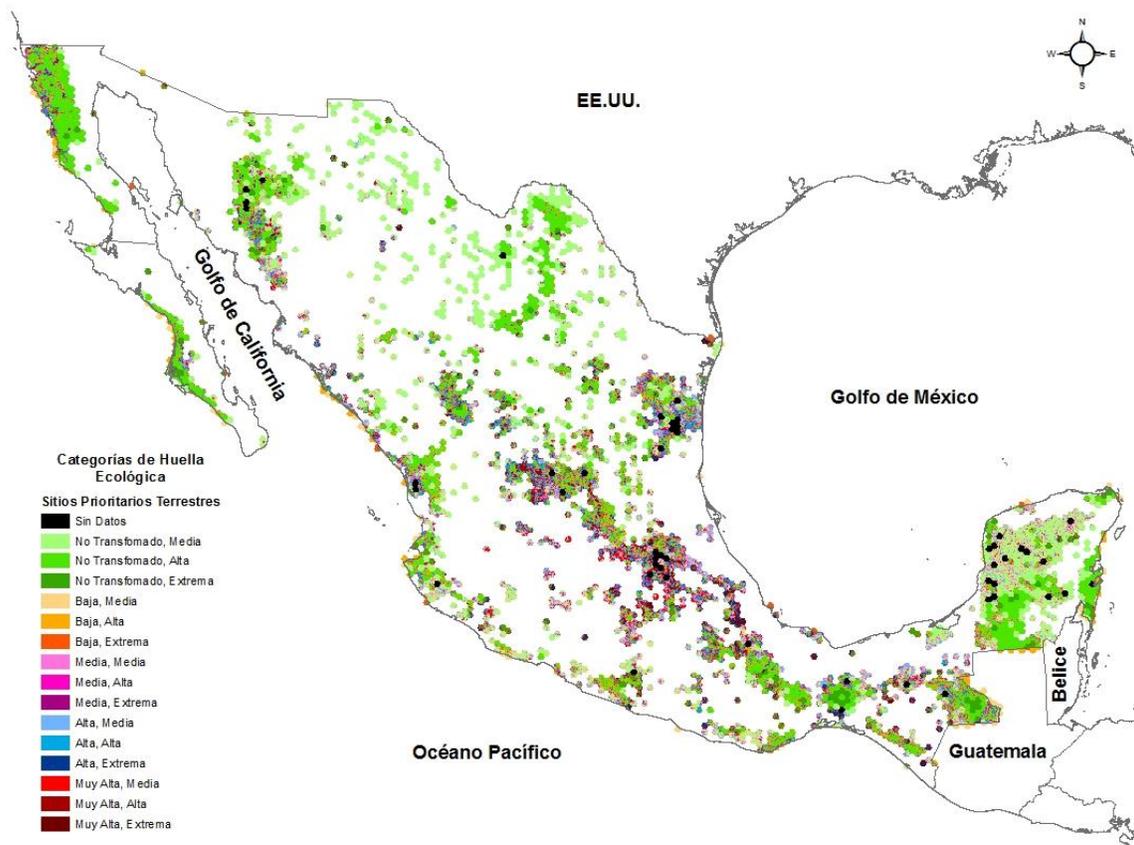
Al considerar las clases alta y muy alta, son los parques nacionales los que tienen mayor cantidad de huella humana (18% de su superficie). Por su parte los santuarios tienen un 32% de su superficie no transformado. Al sumar este porcentaje con la clase baja, los santuarios tienen un 91% de superficie con bajo nivel de huella humana.

Tabla 4.1.7. Huella ecológica humana en las Áreas Naturales Protegidas (ANP) Federales (SEMARNAT, 2013).

| CATEGORÍA MANEJO | CLASE HT | Serie 3T | | Serie 5P | | Serie 5C | |
|---------------------|------------------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|
| | | Área (ha) | % | Área (ha) | % | Área (ha) | % |
| APFyF | No Transformada | 5,094,620 | 88.3% | 5,094,615 | 88.3% | 4,944,883 | 85.7% |
| | Bajo | 334,676 | 5.8% | 330,693 | 5.7% | 370,726 | 6.4% |
| | Medio | 206,290 | 3.6% | 209,859 | 3.6% | 227,794 | 3.9% |
| | Alto | 118,285 | 2.1% | 118,080 | 2.0% | 164,242 | 2.8% |
| | Muy Alto | 15,906 | 0.3% | 16,529 | 0.3% | 62,131 | 1.1% |
| APRN | No Transformada | 3,508,088 | 77.9% | 3,508,102 | 77.9% | 3,351,213 | 74.4% |
| | Bajo | 557,566 | 12.4% | 553,709 | 12.3% | 587,653 | 13.1% |
| | Medio | 255,778 | 5.7% | 257,974 | 5.7% | 282,254 | 6.3% |
| | Alto | 137,450 | 3.1% | 136,712 | 3.0% | 186,662 | 4.1% |
| | Muy Alto | 43,033 | 1.0% | 45,418 | 1.0% | 94,133 | 2.1% |
| MN | No Transformada | 13,142 | 80.9% | 13,142 | 80.9% | 12,806 | 78.8% |
| | Bajo | 1,029 | 6.3% | 1,029 | 6.3% | 1,277 | 7.9% |
| | Medio | 873 | 5.4% | 859 | 5.3% | 886 | 5.5% |
| | Alto | 679 | 4.2% | 655 | 4.0% | 697 | 4.3% |
| | Muy Alto | 520 | 3.2% | 557 | 3.4% | 576 | 3.5% |
| PN | No Transformada | 378,547 | 56.1% | 378,547 | 56.1% | 373,410 | 55.4% |
| | Bajo | 105,815 | 15.7% | 104,750 | 15.5% | 102,821 | 15.2% |
| | Medio | 78,739 | 11.7% | 79,238 | 11.7% | 77,438 | 11.5% |
| | Alto | 72,292 | 10.7% | 71,324 | 10.6% | 71,894 | 10.7% |
| | Muy Alto | 39,095 | 5.8% | 40,629 | 6.0% | 48,924 | 7.3% |
| RB | No Transformada | 4,359,180 | 76.6% | 4,359,191 | 76.6% | 4,293,971 | 75.4% |
| | Bajo | 629,243 | 11.1% | 624,561 | 11.0% | 639,450 | 11.2% |
| | Medio | 377,946 | 6.6% | 380,682 | 6.7% | 391,342 | 6.9% |
| | Alto | 286,254 | 5.0% | 284,908 | 5.0% | 302,990 | 5.3% |
| | Muy Alto | 40,931 | 0.7% | 44,213 | 0.8% | 65,801 | 1.2% |
| SANT | No Transformada | 905 | 32.8% | 905 | 32.8% | 884 | 32.1% |
| | Bajo | 1,625 | 59.0% | 1,625 | 59.0% | 1,636 | 59.4% |
| | Medio | 154 | 5.6% | 154 | 5.6% | 161 | 5.9% |
| | Alto | 68 | 2.5% | 66 | 2.4% | 70 | 2.5% |
| | Muy Alto | 3 | 0.1% | 5 | 0.2% | 5 | 0.2% |

Nota: APFyF = áreas de protección de fauna y flora, APRN = áreas de protección de recursos naturales, MN = monumentos naturales, PN = parques nacionales, RB = Reservas de la Biosfera y SANT = Santuarios.

Mapa 4.1.3 Nivel de transformación por sitios prioritarios para la conservación de CONABIO



Fuente: Elaboración propia con información de la serie 5C

Por su parte los sitios prioritarios terrestres (SPT) para la conservación de la biodiversidad (CONABIO, 2008) fueron ubicados en zonas que tienen más del 50% de su superficie con cobertura vegetal en buen estado de conservación. El nivel de huella humana, en los SPT, es bajo en todas las categorías (excepto en la categoría Sin Datos). Estos son sitios prospectivos para conservación aun no decretados. Están dentro del promedio nacional de transformación aunque exhiben niveles menores para transformación muy alta.

Tabla 4.1.8. Huella ecológica humana en los Sitios Prioritarios Terrestres (SPT) para la Conservación de la Biodiversidad (CONABIO, 2008).

| PRIORIDAD | CLASE | Serie 5C | |
|-----------|-----------------|------------|-----|
| | | Área (ha) | % |
| Alta | No Transformada | 16,347,719 | 56% |
| | Bajo | 4,809,585 | 16% |
| | Medio | 3,083,999 | 11% |
| | Alto | 3,451,297 | 12% |

| | | | |
|------------------|------------------------|-------------------|------------|
| | Muy Alto | 1,619,750 | 6% |
| Extrema | No Transformada | 2,395,661 | 53% |
| | Bajo | 753,058 | 17% |
| | Medio | 445,369 | 10% |
| | Alto | 529,160 | 12% |
| | Muy Alto | 370,329 | 8% |
| Media | No Transformada | 15,803,070 | 56% |
| | Bajo | 4,649,274 | 17% |
| | Medio | 2,938,914 | 11% |
| | Alto | 3,191,300 | 11% |
| | Muy Alto | 1,398,583 | 5% |
| Sin Datos | No Transformada | 471,332 | 38% |
| | Bajo | 215,127 | 17% |
| | Medio | 205,164 | 16% |
| | Alto | 251,208 | 20% |
| | Muy Alto | 111,584 | 9% |

El 50-55% de la superficie es un valor de referencia global del estado de la conservación de los ecosistemas. Entre el 20-25% del territorio puede considerarse muy drásticamente impactado, el resto puede considerarse con un grado de transformación bajo a medio. De la superficie total que está bien conservada algunos ecosistemas muestran un estado sucesional secundario, esto quiere decir que no están ocupados permanentemente pero están degradados, bien sea por causales directas como la extracción de recursos, o por causas indirectas como el cambio climático y la fragmentación.

En el artículo de Sanderson, et al (2002), refieren que la naturaleza es una construcción social y que la sociedad, por su extensión, es ya un protector de la naturaleza.

Actualmente no disponemos de información sobre huella humana para comparar las tasas de cambio entre 1993 (o antes) contra la serie 5C que puede considerarse representativa de 2011. La serie 3T puede considerarse representativa del año 2002. Como puede apreciarse en la tabla 2 en una década la categoría de *sin transformación* se redujo junto con la de *baja transformación* mientras que aumentan la de *alta transformación* y crece bastante la de *muy alta transformación*. Atribuimos estos cambios al metabolismo fósil-industrial (Altvater, 2012) que se explora más adelante.

El simple análisis de cartas de uso de suelo y el de vegetación potencial no puede compararse directamente con el modelo de huella ecológica, aunque podemos considerarlo como un indicador de tendencias. Respecto de la vegetación potencial se estima una pérdida global de 20-26% para 2011. Estos datos indican que la pérdida de cobertura vegetal fue especialmente intensa entre 1976-1993, a partir de entonces la pérdida de vegetación se ha reducido a la mitad, no obstante, los estados secundarios de vegetación han crecido más aprisa. Mientras que entre 1976 y 1993 la vegetación natural se perdía a un ritmo de casi 490 mil hectáreas netas por año (es

decir, a una tasa del 0.31% anual), entre 2007 y 2011 esta cifra se redujo a cerca de 285 mil hectáreas anuales (0.15%). Si se analiza por tipo de vegetación, las selvas han reducido su ritmo de pérdida de poco más de 206 mil hectáreas anuales entre 1976 y 1993 a poco más de 129 mil hectáreas por año entre 2007 y 2011.²⁹

4.2 El metabolismo material de la economía mexicana 1990-2014

4.2.1 Breves del Material Flow Account (MFA)

De acuerdo con Víctor Toledo y Manuel González (2011), el metabolismo entre la sociedad y la naturaleza comprende los procesos y mecanismos de apropiación, transformación, circulación, consumo y excreción de materiales y energía provenientes del medio natural. El metabolismo social requiere ciertos suministros como son materiales de distinto origen, energía, agua, entre otros. En una etapa posterior del metabolismo, la sociedad deposita en contrapartida algunos desperdicios para mantener la integridad de la sociedad en su conjunto. Cada uno de los procesos del metabolismo de una sociedad puede representar problemas para la sostenibilidad como son la sobreexplotación, la degradación o el agotamiento de los recursos.

La contabilidad de flujo de materiales (CFM; MFA por sus siglas en inglés) es un estándar desarrollado con el propósito de describir, desde el punto de vista cuantitativo, las interacciones de una economía con el medio ambiente y el resto del mundo que sea a la vez compatible con las convenciones de la contabilidad social y replicable para cualquier país para fines de comparabilidad (Eurostat, 2012).

Los flujos se expresan en volumen por cada cierto tiempo, en este caso, toneladas por año. Los flujos que estamos considerando son de tres tipos, flujos utilizados con valor económico (contrapartida del flujo monetario), flujos necesarios para generar una actividad útil efectivamente utilizados (flujos utilizados) y flujos necesarios para generar un producto útil pero no necesariamente utilizados (flujos ocultos o no utilizados). La contabilidad se encuentra en el nivel de flujos utilizados. Eurostat (2012) define un flujo utilizado como la entrada de materiales que son utilizados en una economía para adquirir el estatus de productos. Por este motivo, se calculan algunos flujos que no tienen precio, como la biomasa de agostaderos o el peso del mineral bruto, pero sin los cuales no pueden obtenerse los productos con valor económico como los productos de origen animal o los metales.

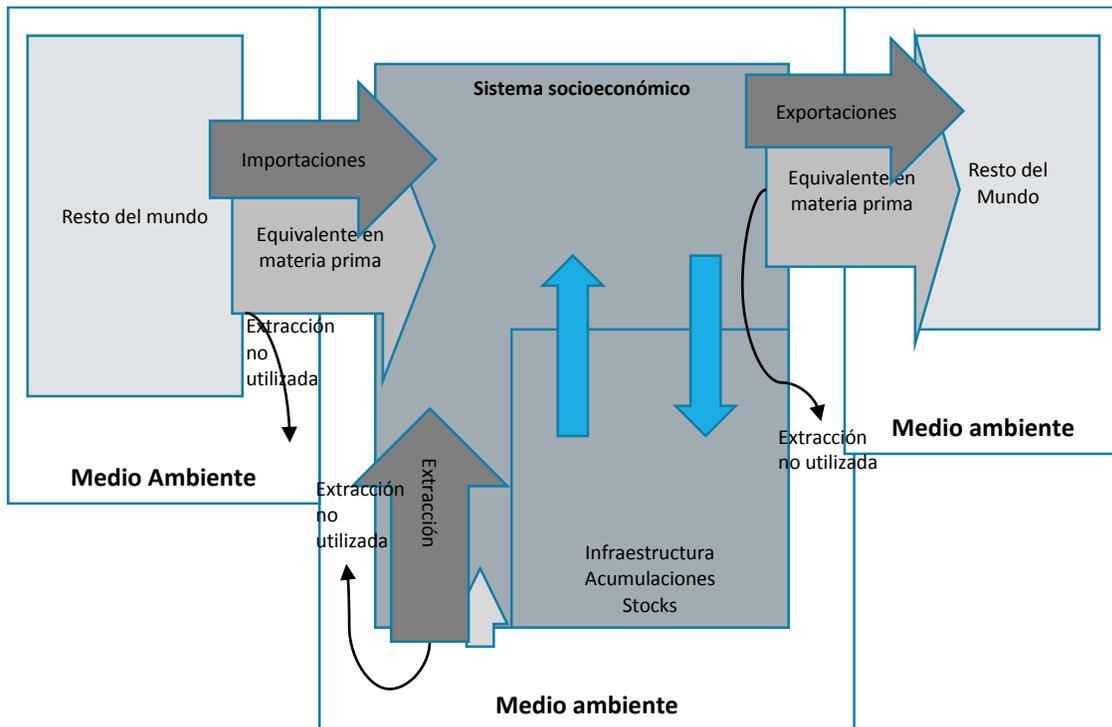
Algunos indicadores que se desprenden de este sistema de contabilidad son:

- Extracción doméstica: representa el flujo anual agregado de las materias primas extraídas desde el medio ambiente y que será utilizado como factor de producción en algún proceso económico. Mide expresamente los flujos utilizados de biomasa, minerales metálicos y no metálicos, y, combustibles fósiles. Excluye las cantidades utilizadas de aire y agua (ver capítulo agua para más detalles).

²⁹ Más información temática puede ser consultada en: Semarnat. El medio ambiente en México 2013-2014. http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_resumen14/02_ecosistemas/2_2.html

- Balance físico del comercio exterior (PTB): equivale a las importaciones menos las exportaciones denominadas en toneladas. Es la cuenta material de la balanza comercial y refleja el hecho de que los flujos monetarios siguen la dirección inversa de los flujos materiales, por ende, una posición superavitaria indica que la economía es una importadora neta de materiales del resto del mundo.
- Consumo material doméstico (DMC): extracción doméstica más el balance físico del comercio exterior. Denota el consumo aparente de materiales al interior de una economía (Esquema 4.2.1).

Esquema 4.2.1. El metabolismo entre el sistema socioeconómico, el medio ambiente y el resto del mundo



Fuente: Adaptado de Eurostat 2012

Para que la contabilidad de flujo de materiales se transforme en un indicador de huella de materiales primero que nada debe transitar del estudio de la extracción y el consumo aparente al consumo final y a todo el ciclo de vida del producto. Ya se han desarrollado métodos, desde los básicos con coeficientes, hasta los modelos matriciales de múltiples países. El segundo paso para transitar a un indicador tipo huella de materiales sería determinar un umbral de sostenibilidad para cada tipo de material. En este sentido se puede determinar la capacidad de carga de los ecosistemas, el máximo de la productividad primaria neta terrestre y marina aprovechable; es importante mencionar que en el caso de las extracciones no ligadas a funciones ecológicas como algunos minerales e hidrocarburos, la limitante tiene que ver con la estabilidad de los ciclos biogeoquímicos (Carbono, Fósforo y Nitrógeno) o con la capacidad de asimilación y fijación de contaminantes no procesables (Hoekstra & Wiedmann, 2014).

Aunque hemos realizado algunos ejercicios al respecto y tenemos clara la dirección de la investigación que debe realizarse para perfeccionar la CFM, un estudio de tal envergadura bien podría postergarse pues escapa del objetivo central de esta tesis de licenciatura.

4.2.2 Flujo de materiales a nivel mundial

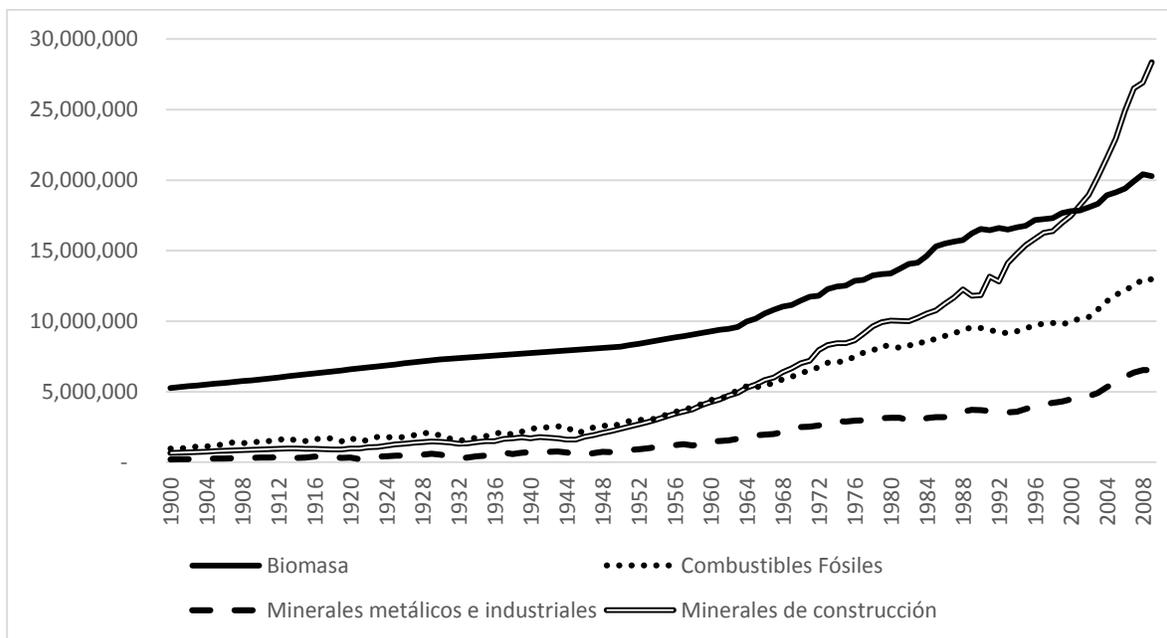
Los flujos de biomasa, minerales y combustibles fósiles extraídos por las sociedades industriales generan presiones sobre el medio ambiente debido a las dimensiones que adquiere el metabolismo y la forma en que se distribuye a nivel mundial.

La expansión en la extracción de biomasa ha generado problemas de escala global como deforestación, pérdida de biodiversidad, incremento del uso de suelo para actividades agropecuarias, degradación y erosión de tierras, agotamiento de agua subterránea, entre otros. Las actividades de minería se asocian con considerables descargas tóxicas y contaminación de mantos freáticos, además, el consumo de estos elementos a veces genera grandes cantidades de desperdicios de manejo especial. El impacto de los minerales de construcción es de carácter indirecto, pues, en última instancia el impacto tiene que ver más con el tipo de infraestructura a la que son incorporados. Por su parte, la combustión acumulada de los combustibles fósiles se encuentra como la causa principal del cambio climático.

Dimensionar los flujos generados por las actividades de la sociedad y sus efectos indirectos arroja volúmenes tan elevados, procesos tan complejos e irreversibles, comparables incluso con los flujos biogeoquímicos, que se ha acuñado el término antropoceno para sugerir que la tierra se está moviendo de las condiciones de estabilidad geoclimática experimentada durante el holoceno a causa de la potencia geológica de los seres humanos (ver Steffen, 2011). La potencia y magnitud de la intervención de los seres humanos sobre la biosfera se ilustra de acuerdo con los patrones de extracción y consumo de materiales.

Durante el siglo XX la extracción mundial de materiales se multiplicó por 9. En 2009 se utilizaron aproximadamente 68.1 mil millones de toneladas de materiales en todo el mundo. El incremento máximo se observó en el consumo de minerales de la construcción con 41 veces mayor extracción, en segundo lugar se ubicó el incremento de los minerales industriales con 30. Los productos con menores expansiones fueron los combustibles fósiles con 12 veces más extracción y la biomasa que solamente se multiplicó por un factor de 3 (Kraussmann, 2009) (Gráfica 4.2.1).

Gráfica 4.2.1. Extracción mundial de materiales (miles de toneladas)



Fuente: Krausmann, et al (2009).

En 2009 el 41.6% de la extracción correspondió a minerales de construcción, seguido por biomasa (29.8%) combustibles fósiles (19%) y minerales industriales (9.6%). Durante la primera mitad del siglo, aún la materia predominante de extracción era la biomasa, no obstante, a partir de 1958 perdió el 50% de la contribución, porcentaje que fue ocupado simultáneamente por minerales de construcción y combustibles fósiles. A inicios del año 2000 la extracción total de biomasa y minerales de la construcción se igualaron en volumen.

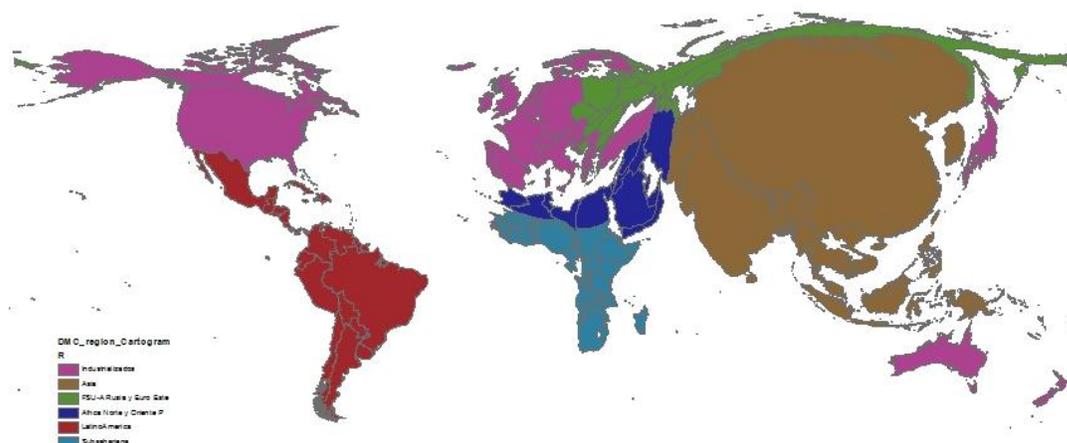
La característica más destacada de la transición metabólica a nivel mundial radica en la predominancia del uso de materiales que permanecen en infraestructuras a través de los años, como son, los minerales y materiales de construcción en contraposición de la biomasa y los combustibles fósiles. Otro aspecto relevante es la prevalencia en el consumo de materiales de carácter no renovable.

El metabolismo de la sociedad se ha expandido desde inicios del siglo XX a una tasa compuesta de 2.1%. La demanda de recursos solo ha decrecido en periodos de recesión económica como los años 1930-1932 y más recientemente en 1992. La relación entre el consumo de materiales y el valor económico medido como la cantidad de materiales necesarios para producir una unidad de valor agregado muestra una tendencia favorable a lo largo de todo el siglo, pues, si en 1900 hacían falta 3.6 Kg para producir un dólar de riqueza, en 2009 bastaron 1.3 Kg. El aumento de la eficiencia es resaltable con más de 1% cada año. El mayor aumento de la productividad se explica por la extracción de biomasa que redujo su intensidad un 85%, seguido por la eficiencia de combustibles fósiles que redujo su intensidad un 47%, en tanto que, la extracción de minerales no muestra una clara tendencia a mejoras de productividad. A pesar de estos logros, el incremento de la productividad no ha sido lo suficientemente fuerte como para limitar la extracción de materiales (Krausman 2009).

Cabe mencionar que la expansión en la extracción ha sido superior al incremento poblacional lo que configura un incremento en la tasa metabólica, esto es, en la intensidad de consumo de materiales que aumentó de 4.6 a 10 toneladas por habitante entre 1900 y 2009. La biomasa fue el único material que creció a menor ritmo que la población y, por ende, su consumo per cápita decreció de 3.4 a 3 toneladas por habitante.

En 2010, los 20 países más representativos del consumo de materiales aportaron el 75% del total. El país con el mayor consumo de materiales fue China con 33% del total, seguida por Estados Unidos (8.9%) y la India (7.2%). México contribuye con el 1.5% del total ubicándose en la posición número 9, la segunda mayor economía en el consumo latinoamericano, solo superada por Brasil con un 4.6% en cuarto lugar a nivel mundial (Mapa 4.2.1).

Mapa 4.2.1. Consumo Material por regiones 2010



Fuente:

Elaboración propia con datos de: WU, Dittrich and SERI (2014). Global Material Flows Database. Available at www.materialflows.net.

Notas:

WIND: países industrializados; FSU-A: Países de Europa del Este; MENA: Oriente próximo y el norte de África; LACA: América Latina y el Caribe; SSA: África Subsahariana.

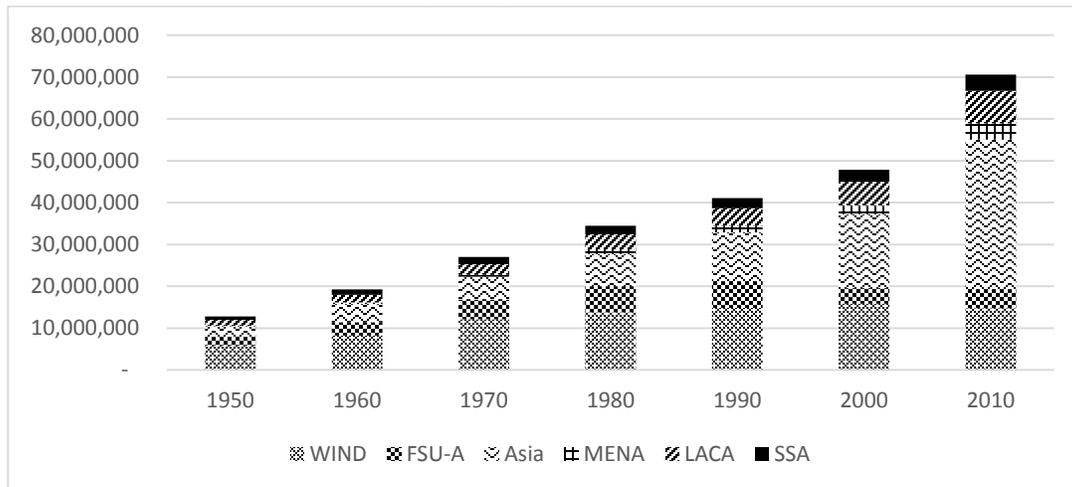
El mapa ha sido deformado para mostrar gráficamente la concentración del consumo de materiales.

Las distintas regiones del mundo muestran un patrón de especialización característico en términos de extracción y suministro comercial de los materiales esenciales para la industrialización (Gráfico 4.2.2).

El grupo de países occidentales industrializados supuso más del 50% del consumo material hasta la década de los 70, en adelante una saturación relativa de infraestructuras combinada con un incremento del consumo de otras regiones, especialmente Asia, ha provocado que la importancia

de este grupo de países se reduzca hasta el 20% de todo el consumo de materiales en 2010. Esta región se basa en el consumo de minerales de construcción y combustibles fósiles que en conjunto representan el 60%, en contraste, el 30.6% es cubierto por biomasa y solamente un 8.9% por minerales y metales industriales.

Gráfica 4.2.2. Consumo de materiales por región 1950-2010 (miles de toneladas)



Fuente:

Elaboración propia con datos de: Schaffartzik, et al (2014)

Notas:

WIND: países industrializados de occidente; FSU-A: Países de Europa del Este; MENA: Oriente próximo y el norte de África; LACA: América Latina y el Caribe; SSA: África Subsahariana

El grupo de industrializados occidentales es la región más productiva en el uso de recursos, pues, para generar un dólar de valor agregado, en 2010 requirió 0.6Kg de materiales. El consumo de materiales per cápita es el más alto del mundo aunque ha permanecido estancado desde 1980. Cada habitante de dicha región consumió un promedio de 14.8 toneladas por año en 2010 (Schaffartzik, 2014).

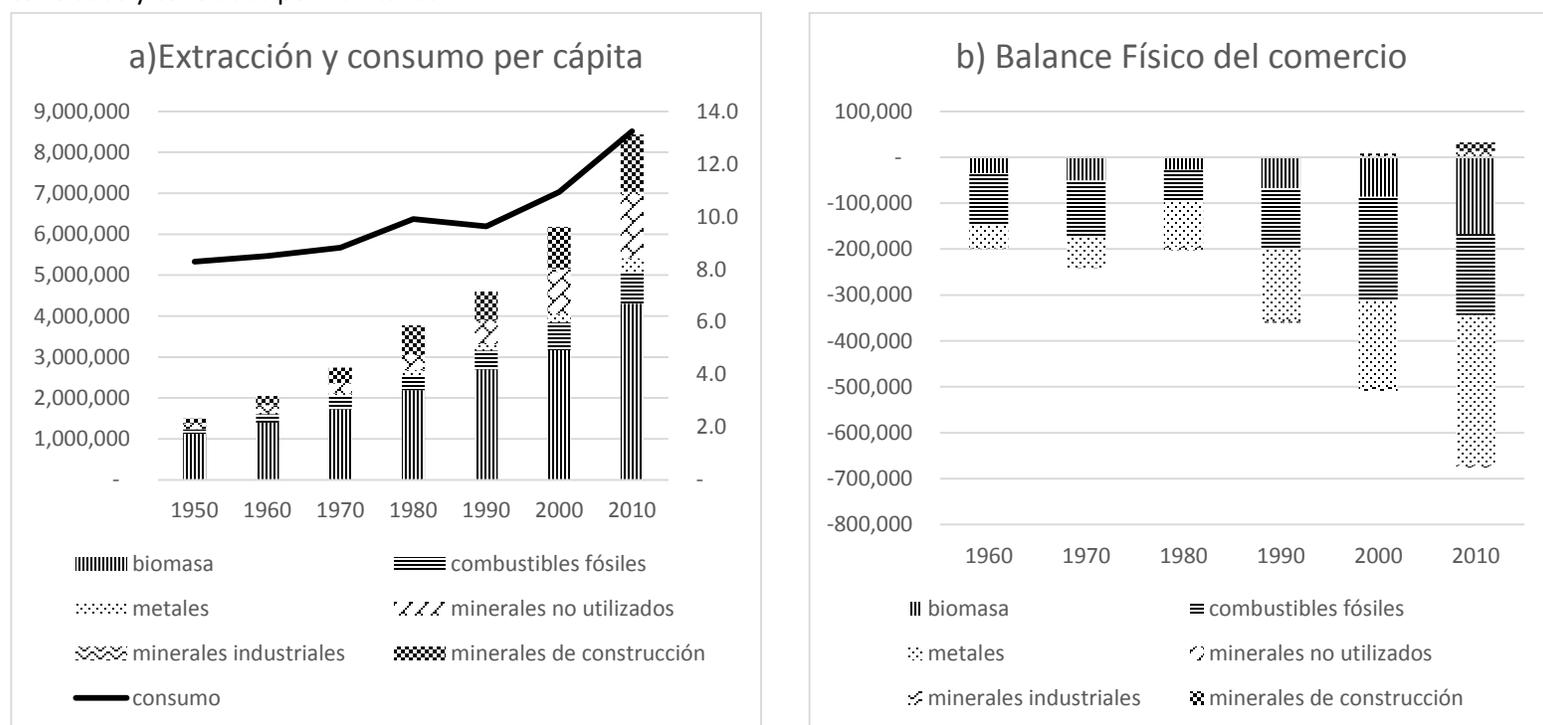
En el comercio internacional, el grupo de países industrializados es un exportador neto de productos de biomasa desde 1980, aportando 885.9 millones de toneladas en 2010. Tiende a ser un importador neto del resto de grupo de materiales, especialmente de combustibles fósiles y metales y minerales industriales.

En contraste, los países de América Latina que albergan al 9% de la población contribuyen con 12% de la extracción global de 2010. Este grupo de países aumentó drásticamente su intensidad de materiales de 1950 al año 2010 desde 8.3 a 13.2 toneladas por persona, el segundo consumo regional más alto a nivel mundial. Los productos de biomasa y metales son los que más han contribuido al aumento de la extracción.

Debido a que los metales son extraídos con un bajo nivel de concentración y luego comercializados con bajos volúmenes, pero, altos niveles de concentración, los niveles de consumo aparente de estos materiales aparecen sobredimensionados en las cuentas de consumo. Algunos reportes indican que, desde el punto de vista de la demanda final, los totales de consumo per cápita de este tipo de productos podrían ser inferiores en un 50-20% dependiendo de los minerales extraídos y exportados (West y Schandl, 2013).

Esta región aun no muestra un patrón metabólico industrial, pues, en el año 2010 aun el 51% de la extracción proviene de biomasa, el 23.1% de los minerales industriales y metales, el 16.6% de minerales de construcción y el 9.3% de combustibles fósiles (Gráfica 4.2.3).

Gráfica 4.2.3. Extracción, comercio exterior y consumo de materiales en la región de Latinoamérica 1950-2010 (miles de toneladas y toneladas por habitante)



Fuente:

Elaboración propia con datos de: Schaffartzik, et al (2014).

Notas:

- a) Extracción en miles de toneladas eje izquierdo; consumo per cápita en toneladas por habitante eje derecho
- b) Miles de toneladas, datos no disponibles para 1950

En el comercio internacional, la región se coloca como un hinterland (UNEP 2013), es decir, un sitio crucial en el suministro de materias primas básicas, especialmente minerales metálicos e industriales y biomasa. En 2010 la mitad del cobre, un tercio de la plata, una cuarta parte del estaño y una quinta parte del hierro se extrajeron en la región. La región exporta un 25% de la extracción de combustibles fósiles. De igual modo, se transfieren al exterior las mayores cantidades de biomasa

a nivel global. En contrapartida, la región importa productos industrializados mucho mejor posicionados en la cadena de valor. Vale la pena mencionar que la mayor contribución de América Latina al metabolismo global, acontecida entre 1980 y 2000, coincidió con un ciclo de bajos precios de las materias primas, por lo que la región enfrentó un deterioro de los términos de intercambio hasta la primera década del siglo XXI (Ocampo, 2003).

La productividad de la región es la segunda peor ubicada a nivel mundial, pues, para producir un dólar de valor agregado hacen falta 2 Kg de materiales en el año 2010, situación que no mejora desde la década de 1980. La especialización productiva en minerales y metales industriales ha provocado que la productividad se estanque, en parte, por el agotamiento de los yacimientos más productivos.

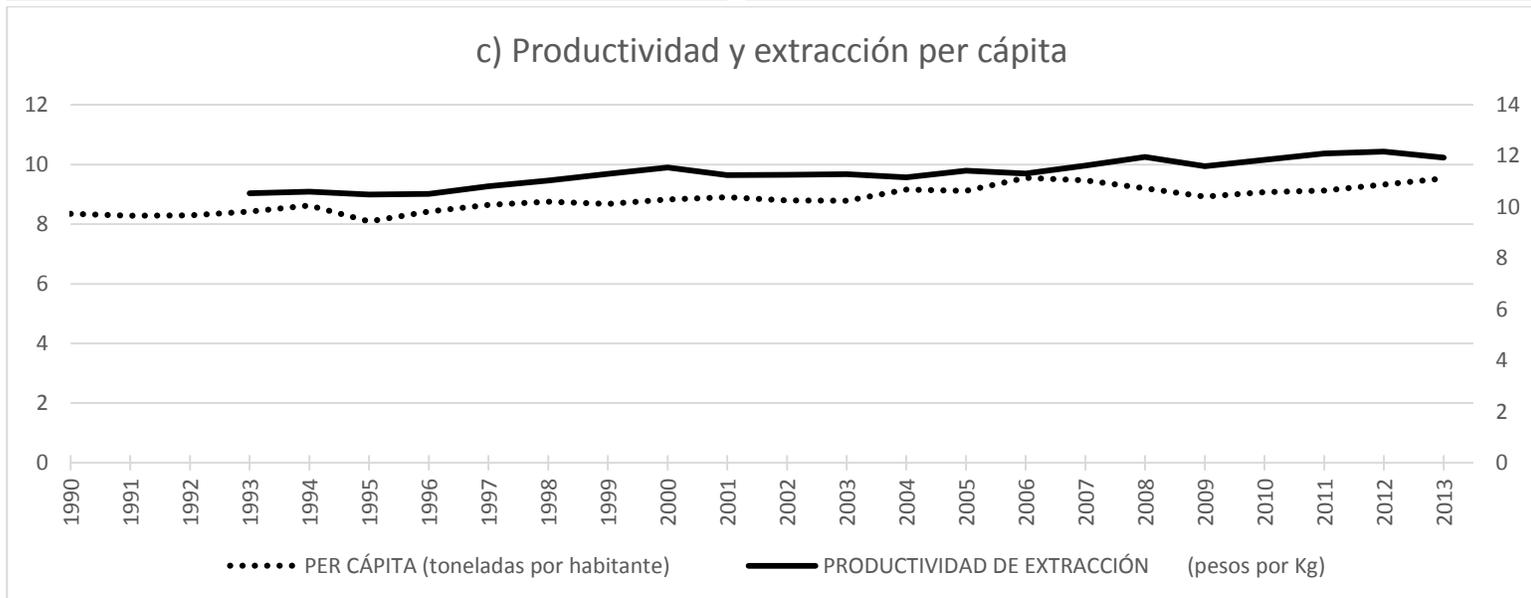
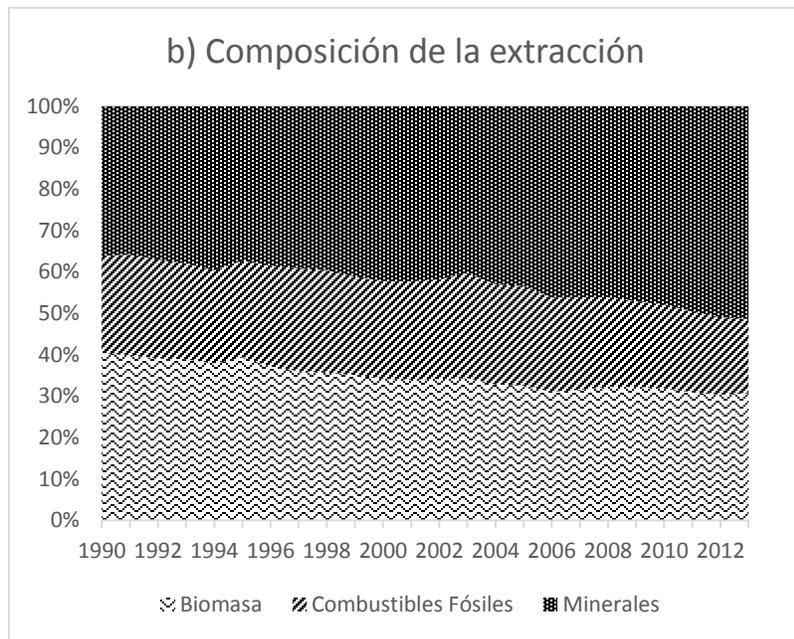
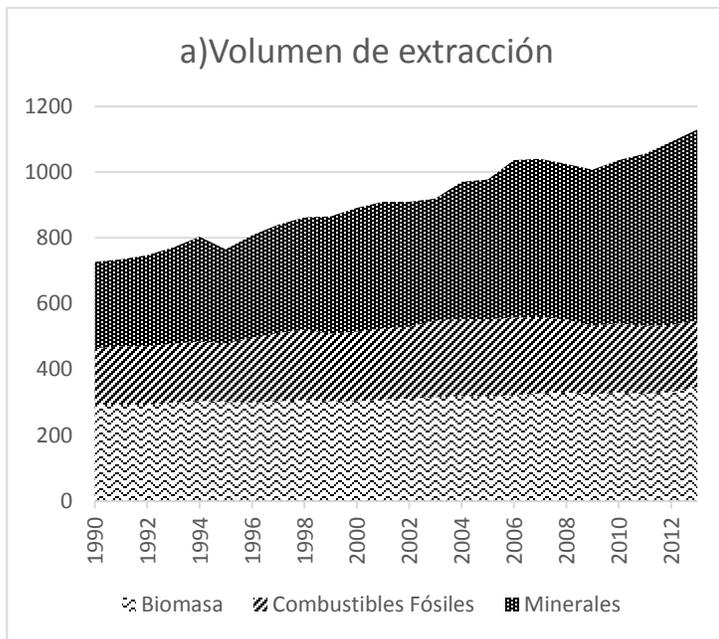
4.2.3 El flujo de materiales en la economía nacional

Se calcula que en 1970 la extracción de materiales en la economía mexicana era de alrededor de 349 millones de toneladas lo que en términos per cápita representaba 7.4 toneladas por habitante. La mayor parte de los materiales obtenidos se conformaban por biomasa con 59%, mientras que, los combustibles fósiles representaban el 12% y los minerales el restante 29%. El comercio exterior era reducido y el patrón general de extracción revelaba una sociedad aun en transición hacia los estándares industriales (González-Martínez 2007).

En términos recientes, durante 1990 la extracción total se ubicó en torno a las 727.1 millones de toneladas incrementándose a una tasa compuesta de 1.93% a lo largo de 23 años, lo que arroja un valor de 1.13 mil millones de toneladas para 2013. La extracción no ha crecido uniformemente pues se aprecian reducciones de metabolismo en 1995, 2008 y 2009. Durante 2013 la extracción se incrementó 3.36% respecto al año anterior. En términos de estructura destaca el hecho de la transición completa hacia un metabolismo industrial donde, para 2013, la biomasa aportó el 30.69%, los combustibles fósiles el 17.92% y los minerales metálicos, industriales y de la construcción 51.39%.

La extracción de materiales se ha incrementado a un ritmo superior que la población lo que provoca un aumento en las tasas metabólicas desde 8.35 toneladas per cápita en 1990 hasta las 9.53 toneladas per cápita de 2013, por su parte, el mayor se alcanzó en el 2006 con 9.56 toneladas por habitante. La extracción crece a menor ritmo que la generación de valor, lo que nos arroja una medida de productividad incrementada desde 10.54 pesos por kilogramo de material en 1990 hasta los 11.94 pesos por kilogramo de 2013 (Gráfica 4.2.4). A pesar de esto, la productividad no crece lo suficientemente rápido como para asegurar el mismo o un mayor valor agregado que mantenga estable el metabolismo, se calcula que hace falta un incremento de la productividad 4 veces mayor como para mantener estable la extracción.

Gráfica 4.2.4. Extracción de materiales en México 1990-2013 (millones de toneladas, porcentaje, toneladas por habitante y pesos por kg)



Notas:
 a) Millones de toneladas
 b) Porcentaje
 c) Eje izquierdo extracción per cápita en toneladas por habitante; eje derecho productividad en pesos por kilogramo

Fuente:
 Elaboración propia con datos de: Semarnat/UNDP. Conjunto de indicadores del crecimiento verde 2015 CD-ROM

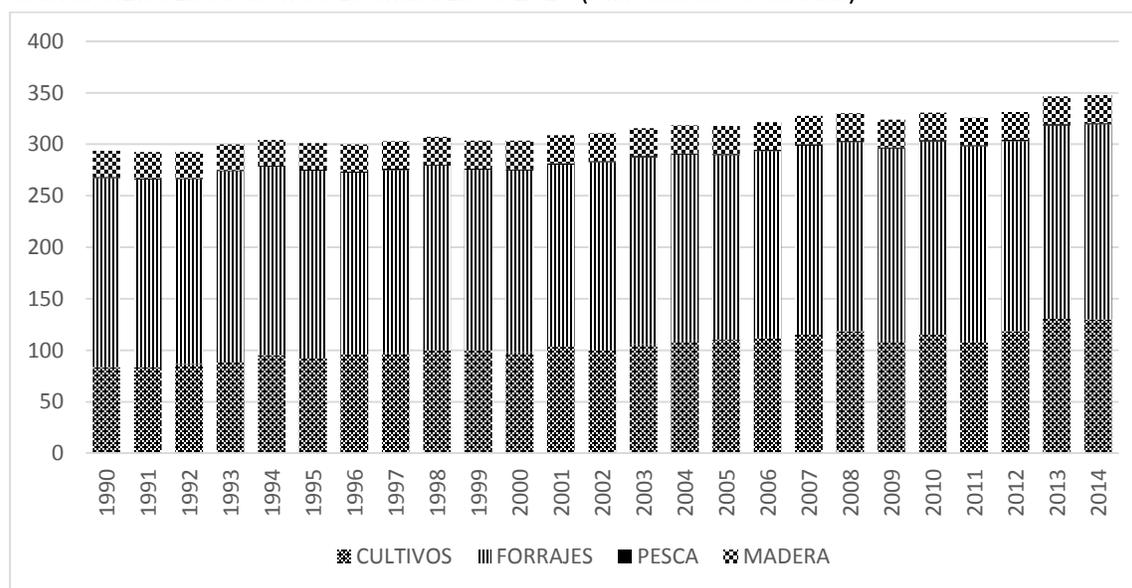
a) BIOMASA

La biomasa es todo producto orgánico no fósil de origen biológico que sea provisto por la naturaleza como parte de sus funciones ecosistémicas, o bien, sea producto del esfuerzo humano

aplicado a la naturaleza domesticada. Se compone de los rubros cultivos, forrajes, pesca y madera. La contabilidad de flujo de materiales excluye la ganadería y la acuicultura. Para calcular la extracción de biomasa se han debido estimar los consumos de forrajes derivados de pasturas y agostaderos, la madera utilizada como combustible y la fracción de esquilmos de la agricultura utilizados para alimentar al ganado (detalles en el anexo técnico).

La extracción de biomasa ha declinado en la estructura del metabolismo pero en volumen se ha incrementado un 18.36% entre 1990 y 2014, es decir, la extracción pasó de 293.7 millones de toneladas a 347.6 millones de toneladas (Gráfica 4.2.5).

Gráfica 4.2.5. Extracción de Biomasa 1990-2014 (millones de toneladas)



Fuente: Semarnat/UNDP. Conjunto de indicadores del crecimiento verde 2015 CD-ROM

El rubro más importante de la categoría biomasa son los forrajes estimados que contribuyen con 54.41% de la extracción del año 2014 (189.1 millones de toneladas), no obstante, su contribución ha declinado a lo largo de la serie desde el mayor valor observado para 1990 con 62.54% (183.7 millones de toneladas). La categoría de forrajes se calculó con un modelo de demanda de alimentación de la cabaña de ganado rumiante nacional. La evolución del ganado a nivel nacional ha mostrado una tendencia estable en el caso de los bovinos promediando unas 31.5 millones de cabezas; los caballos y asnos y mulas promedian entre ambos 9.5 millones de cabezas, estos tipos de animales representan hasta el 94.6% de la demanda de forrajes de 2014.

Si bien la estabilización de la cabaña de ganado explica la falta de dinamismo de la extracción de forrajes, su composición interna se ha modificado drásticamente. La transición desde los agostaderos hacia productos de cultivos dedicados o subproductos agrícolas es destacable. En 1990 de las 183.7 millones de toneladas extraídas, 131.1 millones provinieron de los agostaderos, 30.5 millones de rastrojos agrícolas y 22.1 millones de cultivos forrajeros especializados; para 2014 la oferta fue de 189.1 millones de toneladas de las cuales 78.02 provinieron de agostaderos, 68.41 de

cultivos especializados y las 42.86 restantes de esquilmos de agricultura. Dentro de los cultivos forrajeros, los pastos y praderas, el maíz forrajero y la alfalfa representan más de 90% del volumen.

Los cultivos son la segunda fuente de biomasa contribuyendo en 2014 con 37.41% del total, no obstante, su contribución al total de biomasa se ha incrementado 10% desde 1990. Este ritmo de incremento lo convierte en el concepto más dinámico de biomasa que se ha expandido un 55.8% en forma absoluta pasando de una generación de 83.4 millones de toneladas en 1990 a 130 millones de toneladas en 2014. Este resultado es logrado gracias al dinamismo de ciertos cultivos como las hortalizas, los frutales y los industriales que se incrementaron en 119.6, 87.1 y 44.9%, respectivamente. Los cereales también se han mostrado dinámicos, aunque menos que el promedio nacional de todos los cultivos, incrementándose un 42.96% durante el periodo, por otra parte, las legumbres secas permanecieron con una producción estancada y las oleaginosas se redujeron 20.7%.

Por orden de importancia la madera es el tercer producto de biomasa contribuyendo con 27 millones de toneladas en 2014, aunque con un dinamismo mucho menor pues en 1990 la extracción representó 25.3 millones de toneladas. El 87.7% de estos productos funcionan como madera para combustible en tanto que la madera de uso industrial representa apenas 11.9% y los productos no maderables una fracción de 0.45% (ver estado de conservación de las coberturas boscosas en la sección anterior).

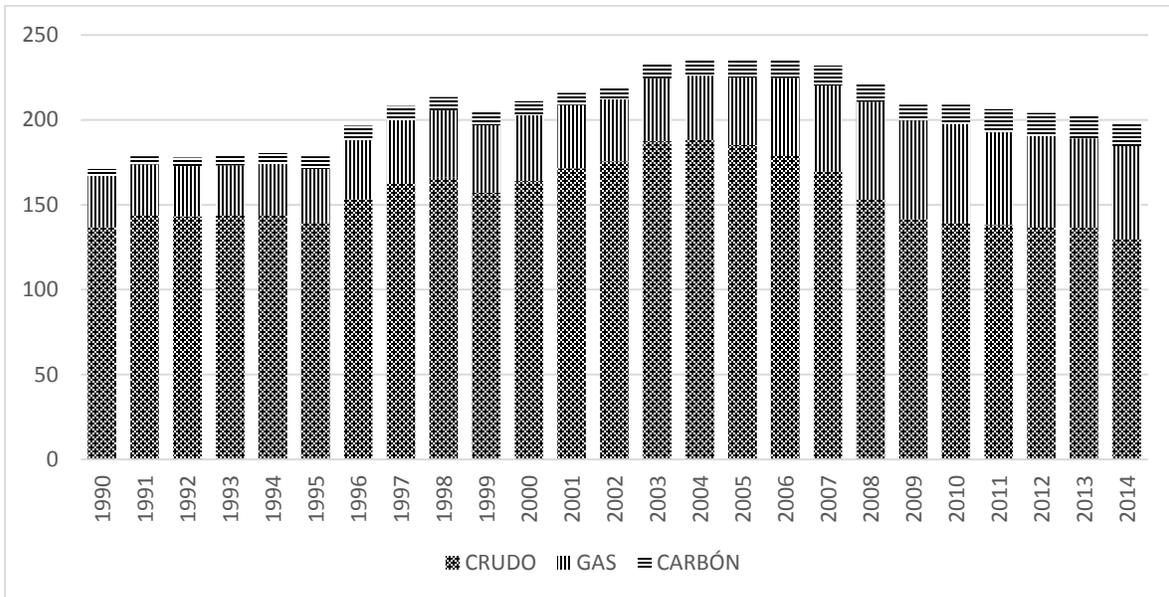
El último producto en cuanto a volumen es la pesca que contribuye con 1.4 millones de toneladas para 2014, esto es, menos de 1%. La contribución a la extracción de biomasa siempre ha sido menor a 1% en los últimos 25 años, no obstante, el bajo volumen relativo coincide con enormes presiones sobre los recursos pesqueros.

b) COMBUSTIBLES FÓSILES

Los combustibles fósiles son los productos energéticos más importantes e incluyen el petróleo crudo, el gas natural y el carbón térmico. Las estadísticas sobre producción de hidrocarburos son de gran confiabilidad, para calcular el volumen solamente hay que uniformizar las unidades a partir de densidades promedio.

La importancia de los combustibles fósiles en el metabolismo nacional permaneció constante alrededor de 23.9% entre 1990 y 2006, para declinar posteriormente hasta ubicarse en 17.9% en 2013. El comportamiento en términos absolutos fue similar, entre 1990 y 2006 el volumen de combustibles fósiles se incrementó un 37.6% pasando de 171.2 a 235.6 millones de toneladas, posteriormente, se observa un descenso que ubica la extracción de 2014 en 198.1 millones de toneladas, un valor de extracción apenas superior al de 1996 (Gráfica 4.2.6).

Gráfica 4.2.6. Extracción de combustibles fósiles 1990-2014 (millones de toneladas)



Fuente: Semarnat/UNDP. Conjunto de indicadores del crecimiento verde. 2015

El petróleo crudo es el principal producto energético y el único cuya producción ha declinado desde el año 2006. Durante 2014 se extrajeron 130.6 millones de toneladas, el menor valor desde 1990. El agotamiento progresivo de los campos gigantes de la Región Marina Noroeste no ha podido ser compensado con nuevas fuentes convencionales de extracción. El descenso ha provocado un cambio en la matriz energética donde el petróleo contribuye con 65.96% del total de combustibles fósiles extraídos para 2014, cuando a inicios de 1990 contribuía con 80%.

El segundo combustible en importancia es el gas natural. Se calcula que en el año 2013 se extrajeron 52.7 millones de toneladas, lo que supone el 26% de los productos fósiles. Ente 1990 y el año 2010 la producción se incrementó un 92% al pasar de 30.2 a 58.1 millones de toneladas, desde entonces, la producción ha declinado a una tasa promedio de 2.4%. La reducción en la producción de gas se explica por el lento avance del gas no asociado a yacimientos de petróleo que se redujo en 36.7% entre 2007 y 2014.

El carbón es la tercera fuente energética en importancia, sin embargo, su extracción se ha triplicado entre 1990 y 2014 pasando de 4.2 a 13.4 millones de toneladas. Con una tasa de crecimiento compuesto de 4.9% se muestra como el componente más dinámico de todos los subgrupos de extracción, incluyendo tanto biomasa como minerales.

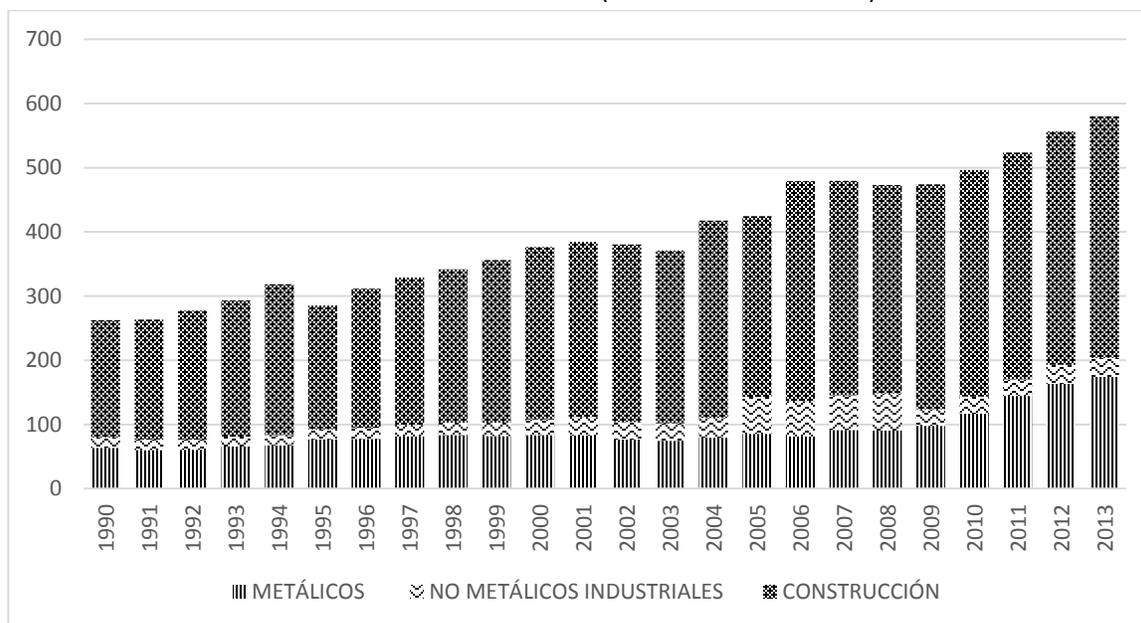
c) MINERALES

Los minerales son materiales obtenidos de la corteza terrestre, se pueden clasificar como metálicos, no metálicos industriales y minerales de construcción. Algunos minerales son extraídos con el fin de obtener de ellos productos muy refinados, incluso elementales, mientras que, otros son usados directamente después de extraerse. En las cuentas de materiales el objetivo es captar el

mineral bruto que ingresa a la unidad productiva para ser procesado, por este motivo, los ítems reportados en contenido metálico debieron ser transformados a equivalentes de mineral bruto.

La proporción de extracción de minerales dentro del total ha crecido constantemente entre 1990 y 2013 pasando de 262.2 millones de toneladas a 580 millones de toneladas, es decir, del 36.1 a 51.4% del total, con lo cual, se coloca como el rubro más importante del metabolismo nacional (Gráfica 4.2.7).

Gráfica 4.2.7. Extracción de minerales 1990-2013 (millones de toneladas)



Fuente: Semarnat/UNDP. Conjunto de indicadores del crecimiento verde. 2015

Los materiales de construcción son la fracción dominante de este tipo de materiales promediando 70%. En términos absolutos, la extracción de estos minerales aumentó a una tasa anual de 3.2% pasando de 182.4 a 376.3 millones de toneladas entre 1990 y 2013. El avance en la extracción de este tipo de materiales se asocia a la creación de infraestructura, especialmente caminos, puentes, edificios y viviendas. Los materiales más importantes de este grupo fueron la grava y arena, la roca caliza y los agregados pétreos que promedian 95% de la extracción de los minerales de construcción.

El segundo grupo por orden de importancia lo constituyen los minerales metálicos e industriales, que incluye metales preciosos, metales industriales y minerales ferrosos. Dentro del metabolismo de minerales este grupo representa en promedio el 22%. La extracción de este grupo se ha incrementado a una tasa compuesta de 4.49% entre 1990 y 2013, lo que en términos absolutos representa un esfuerzo de extracción incrementado de 63.3 a 173.9 millones de toneladas, respectivamente. El incremento de la extracción se ha vuelto especialmente notorio desde el año 2007 cuando la tasa de expansión se incrementó a 11.4% compuesto anual, gracias al aumento de las concesiones gubernamentales y los flujos de inversión extranjera directa (Delgado 2010).

La característica básica del grupo de los metales industriales es que su aprovechamiento requiere grandes cantidades de minerales para obtener productos concentrados o incluso elementales. Dentro de este grupo se calcula que en 2013 el cobre es el material más importante en términos de extracción pues supone 62.4 millones de toneladas de mineral, seguido por el oro con 56.1, el hierro con 18.8 y la plata 17.1, que en conjunto representan el 89% del esfuerzo de extracción.

Finalmente, el grupo de minerales no metálicos de uso industrial representa en promedio el 6.9% de los minerales extraídos. Este grupo presenta una tasa de crecimiento compuesta de 2.6% durante 1990 a 2013 pasando de una extracción de 16.5 a 29.8 millones de toneladas, respectivamente. Los mayores niveles de extracción se alcanzaron entre 2005-2008 con 56.2 millones de toneladas. Dentro de este grupo, la sal, las arcillas y sílice son los materiales representativos con hasta el 71% de la extracción de 2013.

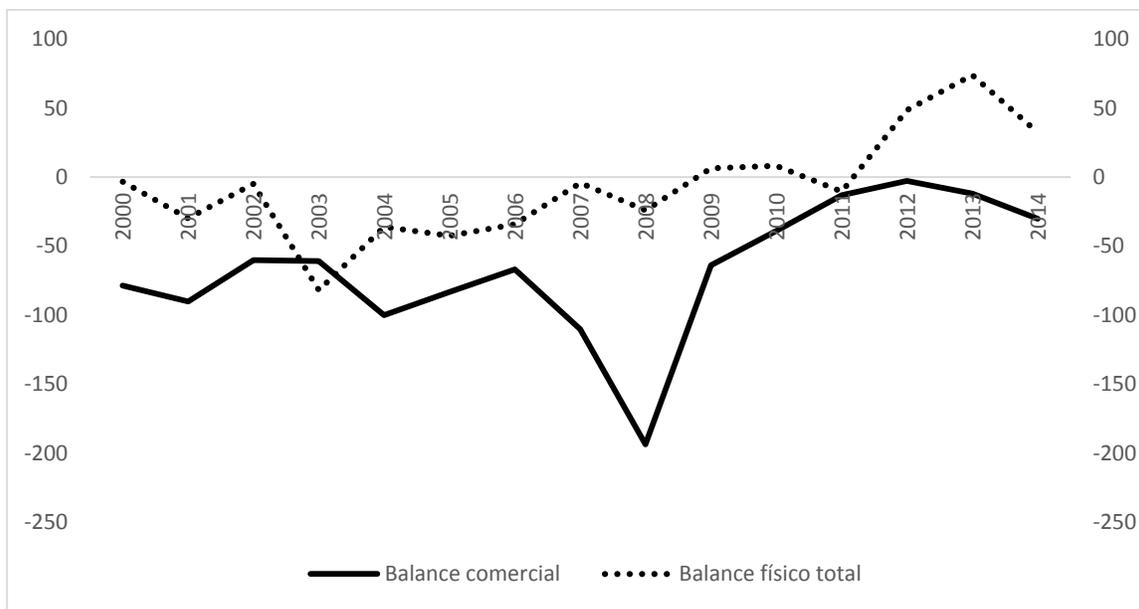
4.2.4 Balanza física: exportaciones e importaciones totales y per cápita

El comercio internacional es una parte importante y cada vez más activa del metabolismo a la que los países asisten para complementar sus necesidades económicas y materiales. Se ha destacado que algunos impactos ambientales guardan efectos locales difícilmente trasladables a los lugares de consumo final de los productos, como es el caso de los minerales y la extracción de biomasa (UNEP, 2013).

La gráfica 4.2.8 muestra el balance físico y comercial de la economía mexicana entre 2000 y 2014. En términos monetarios se aprecia un déficit constante aunque con un patrón volátil. El déficit comercial se agravó entre 2000 y 2008 llegando a un mínimo local de -193 mil millones de pesos que posteriormente se redujo hasta la menor cifra observada en 2012 de -2.7 mil millones de pesos. El déficit vuelve a agravarse y hacia 2014 es de 30 mil millones de dólares.

Mientras tanto, en la dimensión física del comercio exterior tenemos un patrón similar, aunque, se presentan superávits comerciales con posterioridad al año 2008. El volumen de productos exportados fue superior a las importaciones de 2000 hasta 2008 con un máximo en el año 2003 cuando el déficit supuso 81.8 millones de toneladas, posteriormente, el déficit se alivió y para el año 2013 aparece el máximo superávit de la serie con 73.9 millones de toneladas. La exportación neta de materiales aunada al déficit comercial constituye un problema económico sui generis donde se envían hacia el exterior recursos materiales sin recibir a cambio recursos financieros (González-Martínez, 2007; Hornborg 1998). El superávit de 2014 se redujo más de 50% respecto al año previo y se ubica en torno a las 32.4 millones de toneladas.

Gráfica 4.2.8. Balance físico y comercial 2000-2014 (millones de toneladas y miles de millones de pesos)



Fuente: Semarnat/UNDP. Conjunto de indicadores del crecimiento verde. 2015

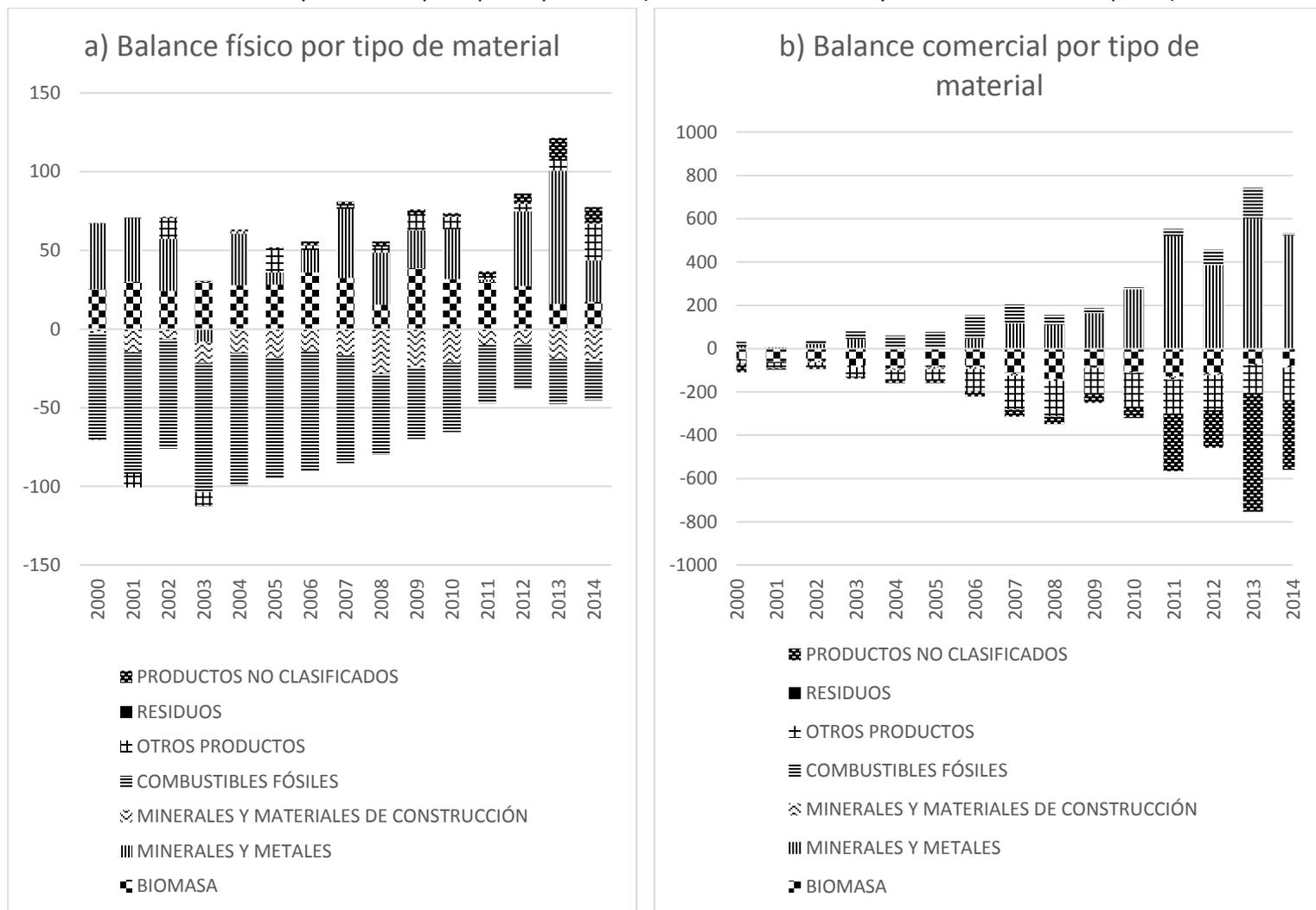
La gráfica 4.2.9 desglosa el efecto del comercio exterior por tipo de materiales. En términos monetarios, los minerales y metales, y, los combustibles fósiles son productos superavitarios que reportan ingresos netos. Los minerales y metales industriales reportan superávits crecientes desde los 10.2 mil millones de pesos en 2000 hasta un máximo de 523.3 mil millones de pesos en 2014. Los combustibles fósiles reportan un superávit de 140 mil millones de pesos en 2013, fluctuando como consecuencia tanto de los incrementos y decrementos de los precios como del decremento de las cantidades enviadas al exterior después de 2006.

Por otra parte, los productos industriales, los productos no clasificados y la biomasa son deficitarios a lo largo de toda la serie. En el caso de la biomasa, el déficit en 2014 se ubicó en torno a los 77 mil millones de pesos, mientras que, otros productos reporto un déficit de 161.5 mil millones de pesos y los productos no clasificados un déficit por 149 mil millones de pesos. El caso de los minerales de construcción es parecido aunque con unos niveles de déficit inferiores, en 2014 el déficit de estos productos fue de 11.2 mil millones de pesos.

El correlato de este comportamiento en términos físicos fue mucho más complejo. Los combustibles fósiles y los minerales y materiales de construcción son los productos que a lo largo de toda la serie fueron remitidos al exterior en forma neta. El caso de los combustibles fósiles muestra una exportación creciente entre el año 2000 y el 2006 con volúmenes de 68.1 y 75.5 millones de toneladas, posteriormente, la exportación ha tendido a reducirse hasta un volumen de 25.2 millones de toneladas en 2014. Los materiales de construcción se han suministrado al exterior en forma creciente entre 2000 y 2008 cuando el volumen pasó de 2.3 a 28.5 millones de toneladas, mientras tanto, en 2014 la exportación neta fue de 19.9 millones de toneladas.

El resto de productos, especialmente biomasa, y, minerales y metales son suministrados a la economía desde el exterior. Los minerales y metales suponen un superávit de 26.2 millones de toneladas en 2012, seguido por la biomasa 17.4, los productos no clasificados 10.7.

Gráfica 4.2.9. Balance físico y comercial por tipo de producto (millones de toneladas y miles de millones de pesos)



Fuente: Semarnat/UNDP. Conjunto de indicadores del crecimiento verde. 2015

4.2.5 Consumo doméstico de materiales: total y per cápita.

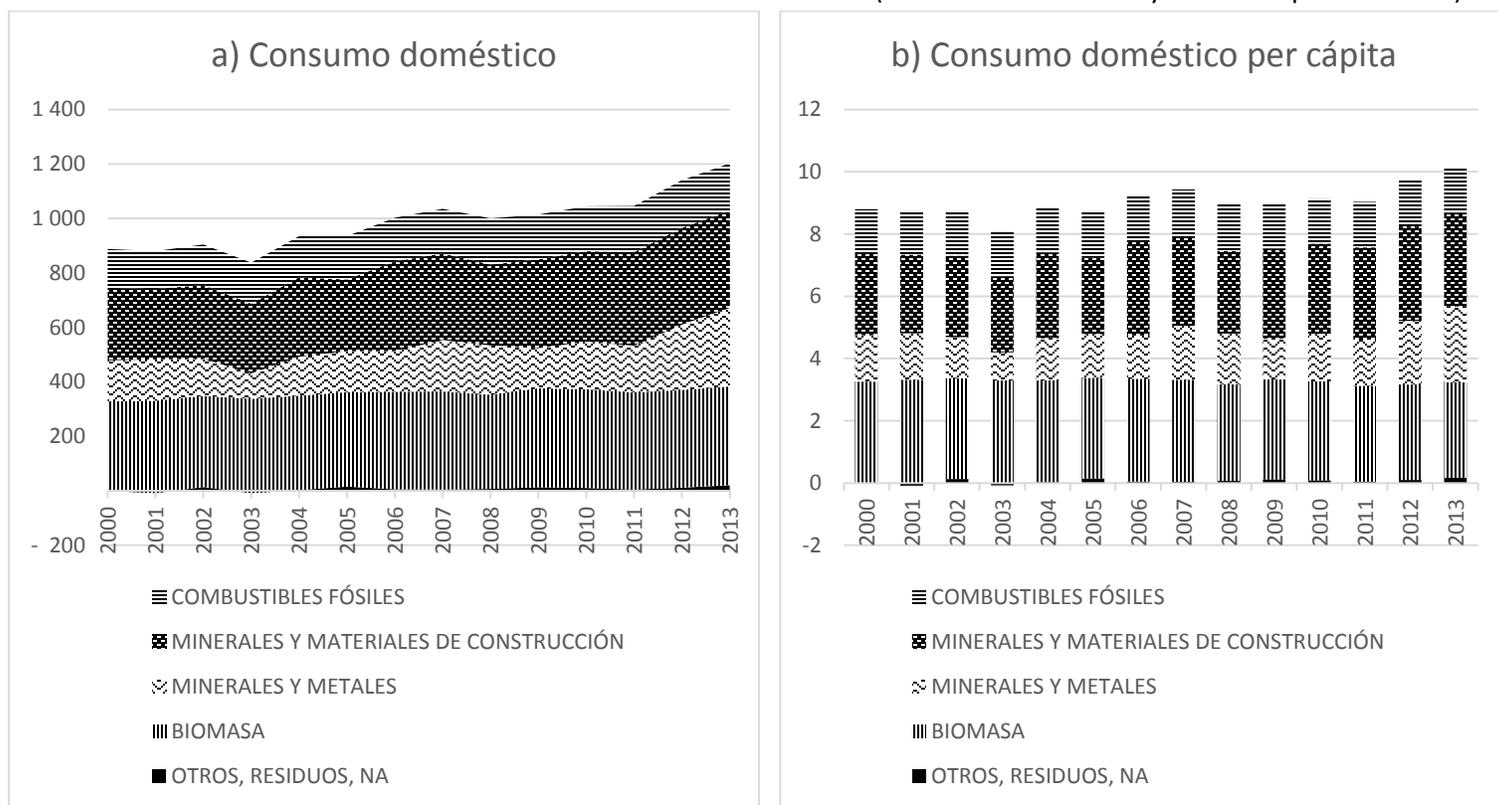
Lo que puede ser considerado el consumo aparente de la economía, resultado de la extracción más el balance físico total, conocido como consumo doméstico de materiales, nos indica que entre el año 2000 y el 2013 el volumen total de materiales disponibles se incrementó 35.5% pasando de 888 a 1203 millones de toneladas. El 29.7% se compone de minerales de construcción, el 30.1% de productos de biomasa, el 24% de minerales y metales industriales, el 14.5% de combustibles fósiles y el 1.7% de otros productos. El consumo denota una relación mayor de 2:1

respecto de los materiales inorgánicos y no renovables respecto de la biomasa, especialmente dominado por los materiales para infraestructura (Gráfica 4.2.10).

La biomasa ha crecido apenas a una tasa de 0.75% anual con altibajos a lo largo del periodo. Los combustibles fósiles se incrementaron a una tasa de 1.5%, recuperándose en términos absolutos después de 2008-2009 aun incluso después de la caída de la extracción interna de petróleo y gas. Los minerales de construcción se incrementaron a una tasa de 2.28% anual. Por su parte, los minerales y metales industriales se incrementaron a un ritmo de 5.2%.

En términos per cápita se aprecia un incremento de 15.45% en la disponibilidad de materiales por habitante, los cuales pasaron de 8.8 a 10.15 toneladas entre 2000 y 2013. Por tipo de material se aprecia una reducción en la disponibilidad de biomasa de 3.26 a 3.06 toneladas, un aumento en los minerales y metales de 1.48 a 2.43, en los minerales de construcción de 2.63 a 3.01 y un modesto incremento en la disponibilidad de combustibles fósiles de 1.42 a 1.47.

Gráfica 4.2.10. Consumo doméstico de materiales en México 2000-2013 (millones de toneladas y toneladas por habitante)



Fuente:
Semarnat/UNDP. Conjunto de indicadores del crecimiento verde. 2015

Dentro de la categoría de biomasa se han reducido o mantenido constantes todos los productos excepto los productos industriales de biomasa que expandieron su disponibilidad de .05 a .11 toneladas entre 2000 y 2012. En cambio, la disponibilidad de forrajes y madera se redujeron

en igual periodo 9.8 y 11% respectivamente. La disponibilidad de productos de origen animal ha variado muy poco a lo largo de la serie promediando 0.04 toneladas por habitante.

En el caso de los combustibles fósiles, durante 2013 el producto de mayor disponibilidad fue el petróleo crudo con 0.62 toneladas por habitante en promedio, seguido por el gas natural con 0.53, el carbón 0.18 y los petrolíferos 0.14. La disponibilidad de petrolíferos y gas natural se muestra al alza por efecto del comercio exterior (SENER 2014).

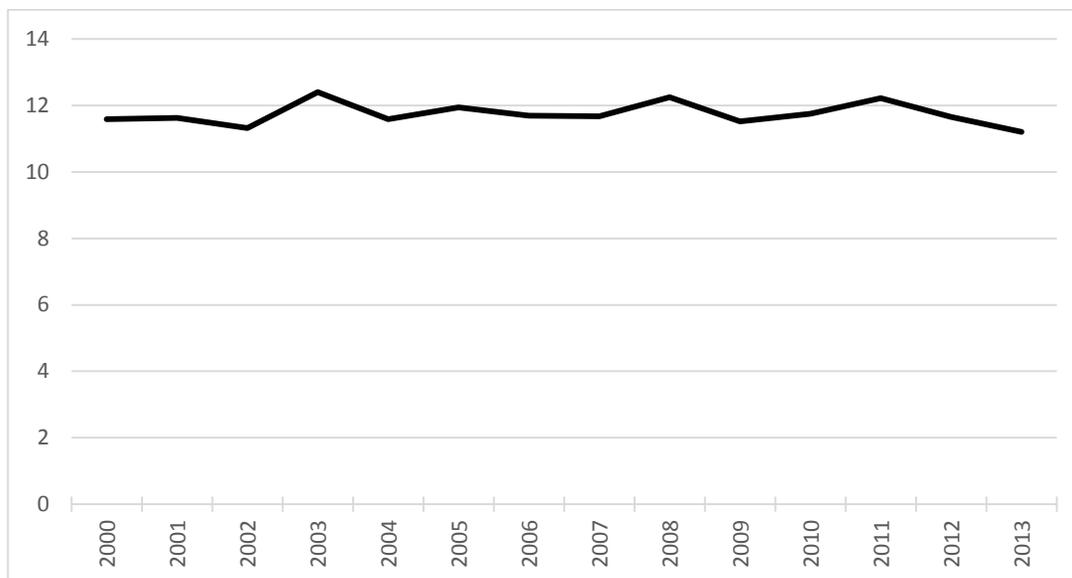
El caso de los minerales metálicos hay un comportamiento dinámico para los no ferrosos y productos cuya disponibilidad se incrementa un 75 y 125% entre 2000 y 2013. Dentro del grupo de minerales de construcción los se aprecian reducciones en las disponibilidades de las materias primas utilizadas para fabricar cemento, como el yeso y la roca caliza que disminuyeron 20%. En el grupo de minerales industriales se aprecia un comportamiento sobresaliente en la disponibilidad de sal que aumentó un 57% entre 2000 y 2013.

Productividad de materiales

Medida desde el consumo doméstico de materiales, la productividad muestra un cuasi estancamiento en torno a los 11.7 pesos por kilogramo de material (Gráfico 4.2.11). Un análisis de descomposición de la productividad en sus diferentes componentes por tipo de material demuestra avances en la productividad del consumo de biomasa con un incremento acumulado de 18.9% entre 2000 y 2013, los combustibles fósiles también muestran un incremento de la productividad de 7.6%, aunque fluctuante. Los rubros que vieron descender sus índices de productividad fueron minerales y metales en un 36.7% entre 2000 y 2013, en igual periodo, los minerales de construcción redujeron su productividad en 3%.

La asociación tan estrecha entre la producción y el consumo de materiales indica que en México no hay una clara relación de desacoplamiento en el crecimiento respecto del consumo de materiales. El incremento en la eficiencia del consumo de materiales no ha garantizado que las presiones sobre los recursos se reduzcan conforme el crecimiento económico se lleva a cabo (UNEP 2013).

Gráfica 4.2.11. Productividad del consumo doméstico de materiales (pesos por kg)



Fuente:

Semarnat/UNDP. Conjunto de indicadores del crecimiento verde. 2015

Se conoce como paradoja de Jevons al efecto según el cual el incremento de la productividad alimenta un *positive feedback* que en vez de reducir la demanda de un producto incentiva su consumo. Lo aplanado de la Gráfica 4.2.11 nos indica que no hay un destacado incremento de productividad siquiera, refiere al contrario una asociación íntima y estable entre las presiones y el volumen monetario agregado de producción. El estancamiento de la productividad es un eco reflejo de la inserción mexicana a la división global del trabajo y el intercambio ecológico desigual, extracción de minerales de baja rentabilidad como petróleo crudo, roca caliza (para producir cemento), cobre, oro y plata, todos ellos ligados a fuertes impactos ambientales regionales.

Por este motivo, más que una paradoja de Jevons presenciamos una paradoja de Lauderdale (Foster & Clark, 2009): incremento de la riqueza privada a expensas de la riqueza pública. Concesiones mineras sobre los derechos de los pueblos, contaminación sobre la generación actual y las que vendrán; conflicto creciente y negocio de unos cuantos (Toledo, 2015).

4.3 Conclusiones del capítulo

El intercambio de energía y materiales que una sociedad realiza con su medio ambiente se conoce como metabolismo social. La extracción y la deposición de desechos tienen algunos impactos asociados con los recursos naturales y los ecosistemas, uno de los más importantes tiene que ver con la transformación de las comunidades vegetales en forma directa e indirecta. En este capítulo nos propusimos dar cuenta del uso actual de los ecosistemas y su tendencia a lo largo del tiempo para poder asociarlos con un cierto tipo de metabolismo que identificamos como industrial a extractivo autocentrado en el beneficio de combustibles fósiles y minerales y metales de construcción e industriales.

El análisis que llevamos a cabo sobre la huella ecológica muestra que el 55-50% del territorio puede considerarse no transformado, sin embargo, de esta superficie, algunas comunidades están representadas por estados de sucesión secundaria (especialmente las selvas y los bosques mesófilos de montaña). Tanto las ANP Federales como los SPT de Conabio son áreas con un estado de conservación superior al de la media nacional. La presión es excesiva pero no totalmente irreversible.

Dejando de lado las peculiaridades de la serie 3T (2002) y la serie 5C (2011) la huella ecológica sigue incidiendo sobre los territorios no transformados y agravando los ya impactados. Si tomamos como referencia únicamente la información de cartas de uso de suelo observamos que entre 1993-2011 se moderó la pérdida de cobertura vegetal pero se agrava los impactos que generan estados sucesionales secundarios.

México es un país megadiverso, bioculturalmente hablando, que ha puesto gran presión sobre la vegetación y el uso del suelo, esto puede ser un indicador aproximado sobre la pérdida de ecosistemas completos. Hay evidencia considerable de pérdida de capital natural crítico a nivel de ecosistemas y de tendencia a no detenerse.

En cuanto al uso de materiales, se aprecia un metabolismo industrial dominado por elementos no renovables. El comercio exterior exhibe un efecto de intercambio ecológico desigual, combina en años sucesivos déficits tanto de materiales como financieros. El consumo aparente de materiales muestra un ritmo de crecimiento muy ligado al crecimiento económico por lo que la productividad permanece estancada. El desarrollo en este caso es extensivo y no intensivo por lo que no puede entenderse mediante el instrumento teórico de la paradoja de Jevons. Nuevamente encontramos evidencia de un equilibrio estacionario sub-óptimo, tal vez sea más fácil de codificar mediante la paradoja de Lauderdale.

Un hecho relevante del balance de materiales fue encontrar medidas de productividad que permanecen estacionarias por mucho tiempo. En un análisis para niveles más finos de detalle encontramos que mientras algunas productividades se han incrementado, otras han caído en picado. El caso contrasta entre la obtención de biomasa que incrementa su productividad y los minerales metálicos que la reducen muy marcadamente. El problema asociado a la nueva mega minería tiene que ver con la gran cantidad de materiales removidos con el objeto de concentrar elementos remitidos al exterior sin ningún o con muy bajo procesamiento. Una gran parte de todo el material removido y el agua utilizada no se reflejan apropiadamente en las estadísticas de comercio exterior con lo que quedan invisibilizados los efectos negativos de este tipo de metabolismo para los países de integración comercial subordinada.

Un elemento que sorprende es la gran cantidad de combustibles fósiles remitidos al exterior y el volumen de derivados del petróleo importados. Otro elemento notable es el gran auge de los materiales y minerales de la construcción que son responsables en parte de la urbanización acelerada y la construcción de ejes viales a lo largo y ancho del territorio mexicano, lo cual se refleja en nuestro modelo de transformación humana del territorio en forma de un entramado de redes

de comunicación que fragmentan los ecosistemas y facilitan la proliferación de estados susecionales secundarios.

Existe evidencia considerable de pérdida de capital natural crítico, al mismo tiempo, se aprecia una transición hacia un metabolismo industrial con productividad estanca. El crecimiento bajo estas condiciones no es solo una estrategia errónea sino problemática.

Conclusiones generales del estudio

La arena política está dominada por un ansia de crecimiento, sin crecimiento no hay desarrollo, se piensa. La economía neoclásica se pregunta cómo posibilitar el crecimiento aún en presencia de recursos agotables o cómo compatibilizar el crecimiento con la sostenibilidad. Parece ser una pregunta mal planteada para un problema mal enfocado.

Veamos algunos datos sobre el crecimiento, especialmente referente a México y al periodo en cuestión.

El crecimiento de la economía mexicana durante el siglo XX puede dividirse en cuatro etapas: de 1939 a 1970 se experimentó un rápido crecimiento con estabilidad de precios (baja inflación); de 1970 a 1982 se experimentó un fuerte crecimiento pero con desequilibrios presupuestarios y monetarios como devaluación e inflación; Entre 1982 y 1994 se experimentó el periodo de ajustes y reformas estructurales más importante coincidiendo con varios shocks externos y estancamiento económico; finalmente, de 1995 a la fecha se cuenta nuevamente con estabilidad macroeconómica pero un crecimiento moderado a deslucido (Esquivel, 2010). Estamos estudiando un periodo de crecimiento muy bajo.

Entre 1993 y el tercer trimestre de 2015 el PIB real de México (cifras desestacionalizadas a precios de 2008) ha crecido a una tasa compuesta de 2.55% pasando de 8.14 a 14.17 billones de pesos. El mayor crecimiento anual del PIB (7.21%) ocurrió en 1997 como resultado del rebote posterior a la crisis financiera de 1995, por su parte, la mayor caída aconteció precisamente en 1995 con una reducción del producto de -5.77%. Además, se han experimentado recesiones también en 2001 (-0.37%) y 2009 (-4.49%). El análisis de ciclos económicos revela que de 1980 a 2013 el crecimiento potencial del PIB osciló entre 1.25 y 2.8% (Loría & Salas, 2014).

Si bien la inversión total, pública y privada, aumentó como proporción del PIB a lo largo de 1993 a 2015, aún se encuentra en niveles inferiores a los registrados en la década de 1970 de 23.56% promedio, más aun, sus efectos sobre el crecimiento se redujeron de 1.49% en el periodo sustitutivo de importaciones (1950-1982) a .57% en los últimos veinte años (1993-2015) (Moreno-Brid & Ros, 2010). De hecho, durante este periodo el ahorro interno y los niveles de inversión exhibieron un desajuste estructural que hacen más volátil la inversión y restringen los efectos sobre el crecimiento por desequilibrios en el sector externo (Fernández, 2010).

En 1950 el PIB per cápita de México era de 3.9 mil dólares, mientras que, en 2011 fue 3.26 veces mayor, es decir, de 12.76 mil dólares, nivel similar al ingreso económico medio del habitante de Estados Unidos al inicio del año 1950 (12.84 mil dólares). El ingreso económico se incrementó a una tasa compuesta de 1.96% como resultado del incremento en la producción y el incremento en la población. La tasa de expansión promedio fue mucho mayor en el periodo de 1950-1981 que en el de 1982-2011, 3.53% y 0.5% respectivamente. Vale la pena mencionar que los efectos combinados de la crisis de deuda de 1982-83, el shock de los precios del petróleo de 1986, el desequilibrio financiero de 1995 y la crisis de 2001 causaron que el bienestar económico medio se estancara por debajo de los 11.30 mil dólares per cápita registrados en 1981, hasta 2004 cuando se registraron 11.50 mil dólares per cápita.

A pesar de que el crecimiento sea deslucido, sea volátil, este restringido por los desequilibrios externos, en los datos expuestos anteriormente no tenemos una posibilidad real de determinar si es sostenible en términos ambientales, esto es, si puede perdurar en el largo plazo ¿es sostenible?

Teniendo a la vista estos datos y la interrogante, en la presente investigación tratamos de demostrar la siguiente hipótesis:

“El desarrollo económico de México en lo que va del siglo XXI es insustentable tanto si es medido por el paradigma de sustentabilidad débil como fuerte. Este estilo de desarrollo se caracteriza por encontrarse en un estado estacionario sub-óptimo donde se obtienen rendimientos marginales decrecientes por cada unidad de recursos naturales degradados, gran parte de los cuales son no renovables o degradados en tal forma que dejan de ser renovables. La causa fundamental tras este comportamiento es el metabolismo a la vez extractivista e industrial de la economía mexicana ligado fuertemente a la demanda exterior.”

Lo primero que determinamos fue un modo correcto de pensar. Establecimos una relación lógica entre crecimiento y desarrollo. Siguiendo al economista Herman Daly afirmamos que el crecimiento es incremento cuantitativo mientras que el desarrollo es fundamentalmente un proceso cualitativo que somete al crecimiento a servir en el orden de los medios. Llegábamos a la siguiente fórmula: es el crecimiento el que depende del desarrollo y no al revés.

Una vez realizado esto, procedimos a debatir el concepto de desarrollo sustentable desde el origen mismo de la discusión sobre los límites del crecimiento.

En 1970 las ideas sobre los límites al crecimiento y la crisis energética amenazaron seriamente al paradigma del crecimiento económico. Desde entonces a la fecha se aprecia una efectiva cruzada en favor del crecimiento, se introducen las ideas postmaterialistas donde para proteger la naturaleza hace falta crecimiento y excedentes, ahí se concibe a la pobreza como causa de deterioro ambiental y la riqueza como solución de todos los males.

En el curso de estos acontecimientos se les ha expropiado a los países del tercer mundo de cualquier proyecto local, de cualquier visión que no sea otra que la de pedir una sección del concierto de las inversiones extranjeras en busca del crecimiento, un crecimiento y un estilo de vida que se han vuelto bienes posicionales, bienes que disfrutan unos cuantos porque la gran mayoría no puede disfrutar de ellos.

Un parteaguas en la transformación de la agenda ambiental fue sin duda el informe de Brundtland que da origen al concepto de desarrollo sostenible. El concepto de desarrollo sustentable fue definido como aquel que garantiza la satisfacción de las necesidades actuales sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras. Las críticas más importantes que se le han dirigido a este concepto tienen que ver con su ambigüedad que se la cree útil para introducir mediante subterfugio una jugada y recomendaciones de política que tienen que ver directamente con el fomento del crecimiento. Pero de igual forma porque oculta responsabilidades y enturbia un escenario de superación de las contradicciones ecológicas del capitalismo.

Ernesto Laclau se refería a estos conceptos disputados como significantes flotantes porque son polisémicos y están en una constante lucha por la definición. La lucha por la interpretación del desarrollo sustentable a la que se refiere Jorge Riechmann aplica patentemente a la disputa por la hegemonía en un terreno político aunque también ideológico. Al respecto conviene pensar independientemente en la sustentabilidad y establecer ciertos principios aplicables a cualquier sociedad para que pueda ser considerada sostenible. En esta investigación arribamos a algunos principios prácticos para determinar que es la sustentabilidad y su opuesto. Sustentable es utilizar los recursos renovables a tasas compatibles con la reposición; sustentable es utilizar recursos no renovables pensando en crear sustitutos renovables; renovables son las practicas que limitan a cero los residuos no asimilables por el medio; sustentable es ser precavido ante todo; sustentable implica una sociedad justa y equitativa.

Los economistas tienen una forma particular de entender la sostenibilidad. Detectamos que el gremio de economistas ha tomado posición en el seno del debate entre el paradigma de la sostenibilidad débil y la sostenibilidad fuerte. El concepto clave que identificamos en esta oportunidad fue el de capital y capital natural. Mientras que los economistas neoclásicos asociados al paradigma de la sostenibilidad débil enfatizan la posibilidad de sustitución entre los capitales naturales y el capital manufacturado, los economistas heterodoxos asociados al paradigma de la sostenibilidad fuerte exploran la complementariedad y estudian las funciones del capital natural que son únicas e irremplazables. Al principio del debate la polémica en torno a los límites del crecimiento fue muy importante y los investigadores se hicieron preguntas por el potencial ilimitado del crecimiento aún en presencia de recursos agotables indispensables para la producción. A principios de los setenta el economista Robert Solow pronosticó un incremento perpetuo de la producción donde el agotamiento de recursos se presenta como evento y nunca como catástrofe.

En las décadas subsiguientes gracias al enfoque bio-económico desarrollado por Georgescu-Roegen y a la propuesta de estado estacionario elaborada por Herman Daly comenzó a determinarse la relación entre los flujos y fondos de energía y materiales de los que depende la economía. No demoró mucho tiempo en desarrollarse el concepto de capital natural y a partir de allí se empezó a teorizar sobre las características que un capital de este tipo debía cubrir para ser considerado crítico o irremplazable y, por ende, sujeto a conservación. Para este paradigma de sostenibilidad fuerte un capital natural es crítico si cumple una función ecológica no reemplazable, si es inviable su sustitución económicamente o bien si es parte del patrimonio cultural.

Tanto el paradigma de la sostenibilidad débil como el de sostenibilidad fuerte han desarrollado algunas metodologías para medir el desarrollo sustentable y distinguir entre tendencias. En esta investigación tuvimos la oportunidad de ver los desarrollos conceptuales más novedosos en la materia. El capítulo segundo de esta tesis explora la necesidad de una contabilidad crítica y de la experiencia contable como un compromiso. Uno de los desarrollos clásicos de la economía ecológica tiene que ver con la crítica de la contabilidad nacional. Especialmente se está muy en contra de la medida global de la economía, el PIB. Las críticas tienen que ver por un lado en no contar como depreciación o costos intermedios lo que son prejuicios en contra de la naturaleza

no recogidos por los precios del mercado, y, en segundo lugar, contar mal lo que sí está incluido, como ciertas producciones muy contaminantes.

Para incorporar los puntos oscuros de la sostenibilidad algunas oficinas de estadísticas han propuesto el desarrollo de cuadros híbridos e inventarios que den cuenta de la relación entre la sociedad y su medio ambiente. En México, INEGI ha seguido estas recomendaciones y junto con las estadísticas producidas en Semarnat y otras dependencias del gobierno hoy es posible poder construir algunos indicadores para distinguir la sustentabilidad en México. En los capítulos tercero y cuarto hemos desarrollado algunas metodologías para observar si nos encontramos en una situación viable a largo plazo. En el caso de la sustentabilidad débil desarrollamos un ejercicio de Índice de Bienestar Económico Sostenible (IBES) complementado con Costos Totales por Agotamiento y Degradación para ver si el crecimiento depende en mayor, menor o en igual medida de la erosión del capital natural. En el caso de la sustentabilidad fuerte desarrollamos un balance de materiales para ver la dimensión física del proceso económico, verificar el avance de la productividad y la relación de comercio externo en el metabolismo; lo complementamos con un indicador de Huella Ecológica por transformación humana para verificar el grado de erosión de los ecosistemas naturales.

Las conclusiones que obtenemos de realizar mediciones con el paradigma de sostenibilidad débil son de que la economía mexicana se comporta marginalmente sustentable, es decir, el crecimiento depende en una magnitud constante de la degradación del capital natural. En el caso de los Costos por Agotamiento y Degradación Ambiental determinamos que hasta una décima parte del PIB equivale a un tipo de costo y en el caso del ahorro este es apenas suficiente para contrarrestar la erosión del capital natural, es decir, la base de capital total no declina pero tampoco crece. El IBES que expande el horizonte de los indicadores de sustentabilidad débil incorpora una serie de costos por degradación no contemplados por metodologías anteriores, pero también el pilar social del desarrollo sostenible, este indicador nos permite observar una situación marginalmente sostenible, es decir, no hay un incremento de las presiones sobre el medio ambiente conforme se crece, no obstante, hasta un 20% del crecimiento anual debería ser descontado de las cifras oficiales por concepto de erosión de los pilares ambiental y social del desarrollo sostenible.

Entre 1993 y 2013 el PIB per cápita ha estado creciendo a una tasa de 1.2%. Algunos investigadores creen que esto es un estancamiento estabilizador, sobre todo si se conjuga con la estabilidad de precios. Algunos economistas ecológicos como Alejandro Nadal (2007) creen que este punto de bajas tasas de crecimiento puede ser compatible con costes muy grandes por concepto del agotamiento y degradación del capital natural, humano e institucional. Pensemos en términos de la brecha determinada, un 20% menos de disfrute (según el IBES) por cada año transcurrido significa hacer como el cangrejo que avanza y retrocede, sólo que el asunto con algunos costes ambientales y sociales es que dejan huellas permanentes que deberán asumir esta y las generaciones futuras, algunas de esas huellas tienen efectos acumulativos que se comportan de formas no lineales.

El panorama que muestra el paradigma de la sostenibilidad fuerte es un poco menos alentador, en el caso del metabolismo detectamos algunos hechos importantes. En este apartado

pudimos corroborar uno de los enunciados de la hipótesis según el cual tenemos un metabolismo entre extractivo a industrial. Ello quiere decir que básicamente tenemos un metabolismo centrado en elementos no renovables como los combustibles fósiles y los minerales y metales. Además, gran parte de estos elementos se enfocan a atender las demandas del comercio exterior que se dan en un contexto de intercambio desigual, es decir, combina en años sucesivos déficits tanto de materiales como financieros. El consumo aparente de materiales muestra un ritmo muy ligado al crecimiento económico por lo que la productividad permanece estancada. El desarrollo en este caso es extensivo y no intensivo. Nuevamente encontramos evidencia de un equilibrio estacionario sub-óptimo.

El análisis que llevamos a cabo sobre huella ecológica muestra que el 55-50% del territorio puede considerarse no transformado, sin embargo, de esta superficie, algunas comunidades están representadas por estados de sucesión secundaria (especialmente las selvas y los bosques mesófilos de montaña). Tanto las ANP Federales como los SPT de Conabio son áreas con un estado de conservación superior al de la media nacional. La presión es excesiva pero no totalmente irreversible.

Si tomamos como referencia únicamente la información de cartas de uso de suelo observamos que entre 1993-2011 se moderó la pérdida de cobertura vegetal pero se agrava los impactos que generan estados sucesionales secundarios.

México es un país megadiverso, bioculturalmente hablando, que ha puesto gran presión sobre la vegetación y el uso del suelo, esto puede ser un indicador aproximado sobre la pérdida de ecosistemas completos. Hay evidencia considerable de pérdida de capital natural crítico a nivel de ecosistemas y de tendencia a no detenerse.

De modo que el paradigma de sostenibilidad fuerte estaría indicando una reducción de capital natural en forma de ecosistemas completos y un metabolismo muy ligado a la demanda exterior, donde se es incapaz siquiera de tener una relación equitativa sacando provecho a la exportación de materias primas. Es importante mencionar que el crecimiento hasta este punto se ha hecho de una forma que no incrementa la productividad, el crecimiento no ha podido sobrepasar ciertos límites muy bajos sin desequilibrar la balanza comercial que como vimos está muy fuertemente condicionada por los materiales que se están exportando por lo que es muy importante lograr un crecimiento bajo otras bases y muy especialmente incrementando la productividad.

Hasta aquí la evidencia empírica nos permite corroborar parcialmente la hipótesis planteada en la introducción, aunque deberíamos matizarla un poco a raíz de los resultados desde el paradigma de la sustentabilidad débil. El bajo crecimiento experimentado durante el periodo de observación se ha hecho sin consideración de los perjuicios provocados a los pilares ambientales y sociales del desarrollo.

El caso de México es singular porque no transita por un periodo democrático progresista, aunque también ha orientado el excedente de recursos de extracción a la contención de la desigualdad; vemos por ejemplo que no hay un despunte importante de una clase media urbana y

consumidora, vemos desequilibrios en el mercado de trabajo, como informalidad y empleo precario, todo este camino no recorrido es una falta de experiencia política, un reto y una oportunidad.

El crecimiento de la economía mexicana en el periodo de apertura y desregulación económica no se compara ni por asomo con el periodo de sustitución de importaciones. Tenemos un bajo crecimiento, volátil y ligado de manera importante al ciclo económico de Estados Unidos. Algunos investigadores creen que la causa de este bajo crecimiento está guiado por la retirada del sector público en el ámbito de la inversión, otros han argumentado que la organización institucional y legal ha limitado las capacidades de la política fiscal y monetaria de incentivar el crecimiento, mientras que, algunos argumentan que son los desequilibrios externos por ahorro y balanza comercial, este último facilitado por la apertura y los tratados internacionales, los que limitan la capacidad de crecimiento.

En esta tesis obtenemos los elementos preliminares para extender el análisis hacia la economía ecológica. La reconfiguración institucional no sólo ha limitado la capacidad de la política monetaria y fiscal de incentivar el crecimiento, también, la nueva regulación neoliberal en materia ambiental, de propiedad de la tierra y de recursos naturales ha orientado el metabolismo hacia la explotación de ciertos recursos que generan mucho impacto ambiental, los cuales, se cambian en mercados que reconocen los costos de producción y nunca los de reposición. Es de destacar el boom de la minería no petrolera. Al mismo tiempo tenemos una fracción del metabolismo orientada a la transformación industrial y a los servicios. Se puede ver una convivencia de dos tipos de metabolismo, ambos orientados a la demanda exterior pero que se colocan en fases diversas de la cadena de suministro.

El muy bajo crecimiento de la economía mexicana coincide con niveles desproporcionados de impacto ambiental, que corren parejos. Hemos verificado medidas estancadas de la productividad de recursos y la intensidad de emisiones y desechos. Es este un reflejo del vínculo importante que mantiene la estrategia de crecimiento basada en la degradación del capital natural. Esta situación no puede catalogarse bajo ningún supuesto como sostenible, los recursos se agotan irremediablemente, los ecosistemas se erosionan y las posibilidades productivas no se amplían de forma autónoma, sino siempre mediadas con el sacrificio de otras formas de capital.

Nuestra tarea no debería ser únicamente destrabar el mecanismo del crecimiento, hace falta una reconfiguración metabólica para que ese crecimiento no sea la prolongación de un límite. Una conclusión importante del estudio es que el crecimiento depende del desarrollo y no al revés. Hace falta una discusión de fondo de qué queremos conservar y porqué lo queremos conservar, hace falta una discusión del crecimiento que queremos y para qué lo queremos, hace falta una discusión sobre el capital que tenemos, el que no tenemos porque es de otros y la mejor forma de administrarlo. Hace falta tener en mente que no somos dueños de la tierra sino sus usufructuarios y debemos legarla mejorada a los que vienen en pos de nosotros tal como Marx y el anarquista Proudhon, antes de él, pensaban. Una sociedad de este tipo se parece mucho más a la postcapitalista basada en las asociaciones de productores, a la anarquista basada en los grupos de afinidad, pero para llegar a ese sitio aún hay muchas cosas que hacer.

Anexos

1. Selección de indicadores del capítulo 2

a) PIB

PRODUCTO INTERNO BRUTO (PIB)

(PIB en millones de pesos a precios constantes de 2008 y tasa de cambio anual en porcentaje)

| AÑO | PIB | TASA DE CAMBIO ANUAL |
|------|------------|----------------------|
| 1993 | 8 132 915 | - |
| 1994 | 8 517 387 | 4.73 |
| 1995 | 8 026 897 | -5.76 |
| 1996 | 8 498 459 | 5.87 |
| 1997 | 9 090 197 | 6.96 |
| 1998 | 9 517 604 | 4.70 |
| 1999 | 9 771 440 | 2.67 |
| 2000 | 10 288 982 | 5.30 |
| 2001 | 10 226 682 | -0.61 |
| 2002 | 10 240 173 | 0.13 |
| 2003 | 10 385 857 | 1.42 |
| 2004 | 10 832 004 | 4.30 |
| 2005 | 11 160 493 | 3.03 |
| 2006 | 11 718 672 | 5.00 |
| 2007 | 12 087 602 | 3.15 |
| 2008 | 12 256 863 | 1.40 |
| 2009 | 11 680 749 | -4.70 |
| 2010 | 12 277 659 | 5.11 |
| 2011 | 12 774 243 | 4.04 |
| 2012 | 13 286 154 | 4.01 |
| 2013 | 13 470 942 | 1.39 |
| 2014 | 13 757 167 | 2.12 |

Notas:

1) Los datos de 2014 son preliminares.

Fuente:

Elaboración propia con datos de:
INEGI. *Sistema de Cuentas Nacionales*. Disponible en:
<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/cn/pibt/>
Fecha de consulta: julio, 2015.

b) Productividad del carbono PIB/CO₂

PIB GENERADO POR CO₂ EMITIDO

(producto interno bruto, PIB, en millones de pesos, emisiones de CO₂ en miles de toneladas y productividad en pesos por kilogramo)

| AÑO | PIB | EMISIONES DE CO₂ | PRODUCTIVIDAD |
|------------|------------|------------------------------------|----------------------|
| 1993 | 8 132 915 | 282 660 | 28.8 |
| 1994 | 8 517 387 | 304 765 | 27.9 |
| 1995 | 8 026 897 | 293 174 | 27.4 |
| 1996 | 8 498 459 | 300 464 | 28.3 |
| 1997 | 9 090 197 | 311 193 | 29.2 |
| 1998 | 9 517 604 | 330 366 | 28.8 |
| 1999 | 9 771 440 | 323 173 | 30.2 |
| 2000 | 10 288 982 | 348 643 | 29.5 |
| 2001 | 10 226 682 | 343 266 | 29.8 |
| 2002 | 10 240 173 | 343 300 | 29.8 |
| 2003 | 10 385 857 | 351 732 | 29.5 |
| 2004 | 10 832 004 | 374 879 | 28.9 |
| 2005 | 11 160 493 | 386 926 | 28.8 |
| 2006 | 11 718 672 | 394 745 | 29.7 |
| 2007 | 12 087 602 | 411 919 | 29.3 |
| 2008 | 12 256 863 | 415 754 | 29.5 |
| 2009 | 11 680 749 | 405 538 | 28.8 |
| 2010 | 12 277 659 | 424 285 | 28.9 |
| 2011 | 12 774 243 | 445 125 | 28.7 |
| 2012 | 13 286 154 | 450 924 | 29.5 |

Notas:

1) El PIB es a precios constantes de 2008.

2) Las emisiones de CO₂ corresponden únicamente a las derivadas del consumo de combustibles fósiles.

3) Las emisiones por consumo de combustibles fósiles incluyen a la Industria Generadora de Energía, Manufactura e Industria de la Construcción, Transporte y Otros sectores (Comercial, Residencial y Agricultura).

Fuentes:

Elaboración propia con datos de:

Dirección de Modelos Sectoriales de Desarrollo Bajo en Carbono, INECC, México. 2015.

INEGI. *Sistema de Cuentas Nacionales de México y Cuentas de Bienes y Servicios.*

Banco de Información Económica Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/biel/>.

Fecha de consulta: septiembre de 2015.

c) Productividad energética PIB/Consumo energético

PRODUCTIVIDAD DE LA ENERGÍA

(producto interno bruto en pesos constantes de 2008, consumo energético en petajoules y productividad en pesos por megajoule)

| AÑO | PIB | CONSUMO ENERGÉTICO | PRODUCTIVIDAD |
|------------|------------|---------------------------|----------------------|
| 1993 | 8 132 915 | 5 248 | 1.55 |
| 1994 | 8 517 387 | 5 480 | 1.55 |

| | | | |
|------|------------|-------|------|
| 1995 | 8 026 897 | 5 354 | 1.50 |
| 1996 | 8 498 459 | 5 588 | 1.52 |
| 1997 | 9 090 197 | 5 835 | 1.56 |
| 1998 | 9 517 604 | 6 249 | 1.52 |
| 1999 | 9 771 440 | 6 302 | 1.55 |
| 2000 | 10 288 982 | 6 566 | 1.57 |
| 2001 | 10 226 682 | 6 468 | 1.58 |
| 2002 | 10 240 173 | 6 721 | 1.52 |
| 2003 | 10 385 857 | 7 217 | 1.44 |
| 2004 | 10 832 004 | 7 454 | 1.45 |
| 2005 | 11 160 493 | 8 146 | 1.37 |
| 2006 | 11 718 672 | 8 234 | 1.42 |
| 2007 | 12 087 602 | 8 286 | 1.46 |
| 2008 | 12 256 863 | 8 426 | 1.45 |
| 2009 | 11 680 749 | 8 401 | 1.39 |
| 2010 | 12 277 659 | 8 427 | 1.46 |
| 2011 | 12 774 243 | 8 812 | 1.45 |
| 2012 | 13 283 052 | 8 809 | 1.51 |
| 2013 | 13 425 236 | 9 012 | 1.49 |

Fuentes:

Elaboración propia con datos de:

INEGI. *Sistema de Cuentas Nacionales*. Disponible en:

<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/cn/pibt/> Fecha de consulta: septiembre de 2015.

Sener. *Sistema de Información Energética*. Disponible en: <http://sie.energia.gob.mx/> Fecha de consulta: febrero de 2015.

d) Intensidad en el uso de agua

INTENSIDAD DEL USO DEL AGUA

(PIB en millones de pesos constantes, agua concesionada en hectómetros cúbicos e intensidad en litros por peso)

| AÑO | PIB | AGUA CONSESIONADA | INTENSIDAD |
|------------|------------|------------------------------|-------------------|
| 2001 | 10 226 682 | 72 664 | 7.11 |
| 2002 | 10 240 173 | 72 651 | 7.09 |
| 2003 | 10 385 857 | 74 687 | 7.19 |
| 2004 | 10 832 004 | 75 433 | 6.96 |
| 2005 | 11 160 493 | 76 508 | 6.86 |
| 2006 | 11 718 672 | 77 322 | 6.60 |
| 2007 | 12 087 602 | 78 950 | 6.53 |
| 2008 | 12 256 863 | 79 752 | 6.51 |
| 2009 | 11 680 749 | 80 587 | 6.90 |
| 2010 | 12 277 659 | 80 213 | 6.53 |
| 2011 | 12 774 243 | 81 588 | 6.39 |
| 2012 | 13 286 154 | 82 734 | 6.23 |

| | | | |
|------|------------|--------|------|
| 2013 | 13 470 942 | 81 650 | 6.06 |
|------|------------|--------|------|

Notas:

- 1) El agua concesionada incluye la destinada al uso agropecuario, abastecimiento público e Industrial.
- 2) El indicador se calcula como el cociente de la cantidad de hectómetros cúbicos concesionados por unidad de PIB.
- 3) Un hectómetro equivale a un millón de metros cúbicos.

Fuentes:

Elaboración propia con datos de:

INEGI. *Sistema de Cuentas Nacionales*. Disponible en:

<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/cn/pibt/> Fecha de consulta: septiembre de 2015.

CNA, Semarnat. *Estadísticas del Agua en México*. Ediciones 2002, 2003, 2004. México, 2002, 2003, 2004.

Conagua, Semarnat. *Estadísticas del agua en México*. Síntesis 2005. México, 2005.

Conagua, Semarnat. *Estadísticas del Agua en México*. Ediciones 2006 - 2008, 2010 - 2013. México, 2006 - 2008, 2010, 2011, 2013 y 2014.

- e) Grado de presión sobre los recursos hídricos

GRADO DE PRESIÓN SOBRE RECURSOS HÍDRICOS

(volumen total de uso y disponibilidad natural base media en hm³ y grado de presión en porcentaje)

| AÑO | VOLUMEN TOTAL DE USO | DISPONIBILIDAD BASE MEDIA | GRADO DE PRESIÓN |
|------------|-----------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| 2001 | 72 564 | 471 891 | 15.4 |
| 2002 | 72 643 | 469 199 | 15.5 |
| 2003 | 74 688 | 476 456 | 15.7 |
| 2004 | 75 430 | 474 637 | 15.9 |
| 2005 | 76 508 | 472 194 | 16.2 |
| 2006 | 77 320 | 465 137 | 16.6 |
| 2007 | 78 950 | 458 100 | 17.2 |
| 2008 | 79 753 | 459 351 | 17.4 |
| 2009 | 80 587 | 460 237 | 17.5 |
| 2010 | 80 213 | 462 583 | 17.3 |
| 2011 | 81 588 | 471 498 | 17.3 |
| 2012 | 82 734 | 471 498 | 17.5 |
| 2013 | 81 651 | 471 498 | 17.3 |

Nota:

- 1) Los cálculos de disponibilidad media correspondientes a 2011 considera un ciclo completo de actualización de datos hidrológicos, por lo que se mantendrá constante para el periodo 2011-2018.

Fuentes:

CNA, Semarnat. *Compendio Básico del Agua en México* 2002 y 2004. México. 2002 y 2004.

CNA, Semarnat. *Estadísticas del Agua en México*. *Síntesis*. Edición 2005. México. 2005.

Conagua, Semarnat. *Estadísticas del Agua en México*. Ediciones 2006 - 2008, 2010, 2011, 2013 y 2014. México. 2006- 2008, 2010, 2011 y 2014.

- f) Reservas de Hidrocarburos

RESERVAS TOTALES DE HIDROCARBUROS

(millones de barriles de petróleo crudo equivalente)

| AÑO | CRUDO | RESERVAS DE LÍQUIDOS DE GAS | RESERVAS DE GAS | RESERVAS DE HIDROCARBUROS TOTALES |
|------|---------|-----------------------------------|--------------------|---|
| | TOTALES | TOTALES | TOTALES | TOTALES |
| 2003 | 36 266 | 4 384 | 9 382 | 50 032 |
| 2004 | 34 389 | 4 229 | 9 423 | 48 041 |
| 2005 | 33 312 | 4 248 | 9 354 | 46 914 |
| 2006 | 33 093 | 4 342 | 8 982 | 46 418 |
| 2007 | 31 909 | 4 359 | 9 109 | 45 376 |
| 2008 | 31 212 | 4 454 | 8 817 | 44 483 |
| 2009 | 30 930 | 4 053 | 8 580 | 43 563 |
| 2010 | 30 497 | 3 980 | 8 597 | 43 075 |
| 2011 | 30 560 | 3 867 | 8 647 | 43 074 |
| 2012 | 30 613 | 4 321 | 8 904 | 43 837 |
| 2013 | 30 817 | 4 339 | 9 375 | 44 530 |
| 2014 | 29 328 | 3 871 | 8 960 | 42 158 |
| 2015 | 25 825 | 3 175 | 8 405 | 37 405 |

Notas:

1) Cifras al inicio del año, auditadas externamente.

2) En el caso de las reservas probadas, las definiciones utilizadas corresponden a las establecidas por la Securities and Exchange Commission (SEC), organismo estadounidense que regula los mercados de valores y financieros de ese país, y para las reservas probables y posibles se emplean las definiciones del Petroleum Resources Management System (PRMS) emitidas por la Society of Petroleum Engineers (SPE), la American Association of Petroleum Geologists (AAPG), el World Petroleum Council (WPC), la Society of Petroleum Evaluation Engineers (SPEE) y la Society of Exploration Geophysicists (SEG).

3) Las reservas de hidrocarburos se determinan a partir de información geofísica y económica por diversos métodos, a continuación se ofrecen algunas definiciones:

Reservas probadas: Volumen de hidrocarburos o sustancias asociadas evaluadas a condiciones atmosféricas, las cuales por análisis de datos geológicos y de ingeniería se estima con razonable certidumbre que serán comercialmente recuperables a partir de una fecha dada proveniente de yacimientos conocidos y bajo condiciones actuales económicas, métodos operacionales y regulaciones gubernamentales. Dicho volumen está constituido por la reserva probada desarrollada y la reserva probada no desarrollada.

Reservas probables: Reservas no probadas cuyo análisis de datos geológicos y de ingeniería sugiere que son más tendientes a ser comercialmente recuperables que no serlo. Si se emplean métodos probabilistas para su evaluación, existirá una probabilidad de al menos 50 por ciento de que las cantidades a recuperar sean iguales o mayores que la suma de las reservas probadas más probables.

Reservas posibles: Volumen de hidrocarburos en donde el análisis de datos geológicos y de ingeniería sugiere que son menos probables de ser comercialmente recuperables que las reservas probables. Cuando son utilizados métodos probabilistas, la suma de las reservas probadas más probables más posibles tendrá al menos una probabilidad de 10 por ciento de que las cantidades realmente recuperadas sean iguales o mayores.

4) El gas seco fue convertido a barriles de petróleo equivalente por medio del potencial calorífico observado en las plantas productivas de Pemex.

Fuente:

PEMEX. *Base de Datos Institucional*. Disponible en <http://ebdi.pemex.com/bdi/bdiController.do>
Fecha de consulta: octubre de 2015.

g) Extensión y condición de los ecosistemas terrestres

| EXTENSIÓN Y CONDICIÓN DE LOS ECOSISTEMAS TERRESTRES (hectáreas) | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--|
| VEGETACIÓN | SUPERFICIE REMANENTE POR CONDICIÓN DE LA VEGETACIÓN | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1976 | | | 1993 | | | 2002 | | | 2007 | | | 2011 | | | |
| | PRIMARIA | SECUNDARIA | TOTAL | PRIMARIA | SECUNDARIA | TOTAL | PRIMARIA | SECUNDARIA | TOTAL | PRIMARIA | SECUNDARIA | TOTAL | PRIMARIA | SECUNDARIA | TOTAL | |
| Selva | 18 721 544 | 19 050 754 | 37 772 298 | 12 916 119 | 21 348 370 | 34 264 490 | 12 090 583 | 20 846 712 | 32 937 296 | 11 514 640 | 20 587 347 | 32 101 988 | 11 375 891 | 20 337 575 | 31 713 466 | |
| Bosque | 29 396 148 | 4 997 482 | 34 393 630 | 24 705 688 | 9 819 594 | 34 525 283 | 22 068 678 | 12 097 768 | 34 166 446 | 21 162 123 | 12 980 341 | 34 142 463 | 21 188 575 | 12 933 305 | 34 121 881 | |
| Matorral | 49 910 286 | 3 964 537 | 53 874 823 | 47 347 602 | 4 231 095 | 51 578 697 | 46 661 665 | 4 120 799 | 50 782 464 | 46 176 723 | 4 267 913 | 50 444 636 | 45 826 670 | 4 327 366 | 50 154 036 | |
| Pastizal | - | - | - | 6 383 910 | 4 045 528 | 10 429 438 | 6 341 275 | 3 974 543 | 10 315 818 | 6 122 059 | 3 774 366 | 9 896 425 | 6 060 616 | 3 732 927 | 9 793 542 | |

Nota:
1) La superficie de pastizales de 1976 no puede calcularse debido a la agregación que presenta este tipo de vegetación en la fuente original.

Fuentes:
Elaboración propia con datos de:
INEGI. Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie I (1968-1986), escala 1:250 000. México. 2003.
INEGI. Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie II (Reestructurada) (1993), escala 1:250 000. México. 2004.
INEGI. Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie III (2002), escala 1:250 000 (Continuo Nacional). México. 2005.
INEGI. Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie IV (2007), escala 1:250 000. México. 2011.
INEGI. Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie V (2011), escala 1:250 000. México. 2013.

h) Impuestos relacionados con el medio ambiente

| INGRESOS POR IMPUESTOS AMBIENTALES (impuestos en millones de pesos corrientes) | | | | | | | | | |
|---|----------------------|------------------------------|-----------------------|---------|-------------|-----------|-------------------------|--|--|
| AÑO | IMPUESTO AMBIENTAL | | | | | | INGRESOS TRIBUTARIOS | IMPUESTOS AMBIENTALES COMO PORCENTAJE DE LOS INGRESOS TRIBUTARIOS | |
| | GASOLINA Y DIÉSEL | AUTOMÓVILES NUEVOS (ISAN) | TENENCIA VEHICULAR | CARBONO | PLAGUICIDAS | TOTAL | | | |
| 1994 | 21 777 | 1 084 | 3 073 | ND | ND | 25 934 | 160 317 | 16.18 | |
| 1995 | 17 329 | 668 | 3 080 | ND | ND | 21 077 | 170 306 | 12.38 | |
| 1996 | 20 412 | 11 | 4 214 | ND | ND | 24 637 | 226 006 | 10.90 | |
| 1997 | 34 384 | 849 | 5 744 | ND | ND | 40 977 | 312 115 | 13.13 | |
| 1998 | 61 621 | 2 226 | 6 693 | ND | ND | 70 540 | 404 225 | 17.45 | |
| 1999 | 87 461 | 3 413 | 7 727 | ND | ND | 98 601 | 521 682 | 18.90 | |
| 2000 | 66 211 | 4 619 | 8 437 | ND | ND | 79 267 | 581 703 | 13.63 | |
| 2001 | 87 189 | 4 609 | 10 378 | ND | ND | 102 176 | 654 870 | 15.60 | |
| 2002 | 112 221 | 4 572 | 11 747 | ND | ND | 128 541 | 728 284 | 17.65 | |
| 2003 | 87 579 | 4 432 | 12 385 | ND | ND | 104 397 | 768 045 | 13.59 | |
| 2004 | 53 334 | 5 087 | 13 008 | ND | ND | 71 429 | 769 386 | 9.28 | |
| 2005 | 15 186 | 5 659 | 14 516 | ND | ND | 35 361 | 810 511 | 4.36 | |
| 2006 | - 42 217 | 5 136 | 17 689 | ND | ND | - 19 393 | 890 078 | -2.18 | |
| 2007 | - 48 324 | 5 476 | 19 235 | ND | ND | - 23 613 | 1 002 670 | -2.35 | |
| 2008 | - 217 609 | 5 071 | 20 023 | ND | ND | - 192 515 | 994 552 | -19.36 | |
| 2009 | 3 203 | 4 062 | 19 497 | ND | ND | 26 762 | 1 129 553 | 2.37 | |
| 2010 | - 56 153 | 4 671 | 18 096 | ND | ND | - 33 387 | 1 260 425 | -2.65 | |
| 2011 | - 145 679 | 5 079 | 15 256 | ND | ND | - 125 345 | 1 294 054 | -9.69 | |
| 2012 | - 203 084 | 5 870 | 0.0 | ND | ND | - 197 215 | 1 314 440 | -15.00 | |
| 2013 | - 85 996 | 6 252 | 0.0 | ND | ND | - 79 745 | 1 561 752 | -5.11 | |
| 2014 | - 12 847 | 6 427 | 0.0 | 9 670 | 359 | 3 609 | 1 815 992 | 0.20 | |

Notas:
1) Los impuestos ambientales considerados por el indicador son: ISAN (Impuesto sobre automóviles nuevos), Impuesto por Tenencia de Automóviles y el IEPS (Impuesto Especial sobre producción y servicios) a las gasolinas y diésel. El impuesto por Tenencia fue transferido a las Entidades Federativas en 2012 y muchas de ellas lo sustituyeron o abolieron definitivamente en 2013.
2) ND: No Disponible.

Fuente:
Elaboración propia con datos de:
SHCP. Estadísticas oportunas de las finanzas públicas de México. Disponible en:
http://www.shcp.gob.mx/POLITICA FINANCIERA/FINANZAS PUBLICAS/Estadísticas_Oportunas_Finanzas_Publicas/Información_mensual/Paginas/finanzas_publicas.aspx Fecha de consulta: octubre de 2014.
SHCP. Cuenta Pública 2014. Tomo I Resultados Generales. Disponible en: <http://www.cuentapublica.hacienda.gob.mx/es/CP/2014> Fecha de consulta: septiembre de 2015.

2. Metodología para el cálculo de contabilidad de flujo de materiales

La contabilidad de flujo de materiales de la economía (EW-MFA por sus siglas en inglés) es una técnica de recopilación estadística del funcionamiento cuantitativo del metabolismo social. Establece que la economía de un país es un sistema enmarcado en el medio ambiente y rodeado de otras economías desde los cuales obtiene y deposita materiales, los cuales son catalogados como flujos y expresados en toneladas por año. El estándar de recopilación de estadísticas actual es proporcionado por EUROSTAT (2013). En dicho manual hacen la sugerencia de adaptar la recopilación y tratamiento a los requerimientos y disponibilidad de información internos.

Como parte del conjunto de indicadores del crecimiento verde se propuso el desarrollo de los siguientes indicadores en el periodo 1990-2013:

- Extracción doméstica: El flujo anual agregado de las materias primas extraído desde el medio ambiente y que será utilizado como factor de producción en algún proceso económico. Mide expresamente los flujos utilizados de biomasa, minerales metálicos y no metálicos, y, combustibles fósiles. Excluye las cantidades utilizadas de aire y agua.
- Balance físico del comercio exterior PTB: Equivale a las importaciones menos las exportaciones denominadas en toneladas, es la cuenta material de la balanza comercial y refleja el hecho de que los flujos monetarios siguen la dirección inversa de los flujos materiales, por ende, una posición superavitaria indica que la economía es una importadora neta de materiales del resto del mundo.
- Consumo material domestico DMC: Extracción domestica más el balance físico del comercio exterior. Denota el consumo aparente de materiales al interior de una economía.

Extracción

Se trata de captar el total de los materiales anuales ingresados por la sociedad dentro de las fronteras geográficas que proceden de la naturaleza, sean recursos renovables o no renovables medidos en toneladas. Los materiales considerados son la biomasa, los minerales y los combustibles fósiles.

La frontera de contabilidad se delimitó en el momento de extracción del material por parte de una actividad humana. En el caso de la ganadería se contabilizan los requerimientos de biomasa de la cabaña, en tanto que, para los minerales se contabilizan los pesos brutos que entran en fase de producción. Este ejercicio no contabiliza los flujos no utilizados como pesca descartada, residuos agrícolas no utilizados o roca removida para iniciar operaciones mineras.

La fórmula de la extracción es la siguiente:

- (0) $ED = EDB + EDM + EDF$, donde,
- (1) EDB = Extracción domestica de biomasa;
- (2) EDM = Extracción domestica de minerales;
- (3) EDF = Extracción domestica de combustibles fósiles

Biomasa

La extracción domestica de biomasa se calcula con la siguiente fórmula:

$$(1.1) \quad EDB=EDC+EDF+EDM+EDR, \text{ donde,}$$

EDB= Extracción domestica de biomasa en toneladas;

EDC=Extracción domestica de cultivos clasificados de acuerdo con SAGARPA;

EDF=Extracción domestica de forrajes;

EDM=Extracción domestica de madera y productos no maderables;

EDR=Extracción domestica de Caza y recolección.

Los cultivos fueron obtenidos SIACON. Se excluyen los conceptos o cultivos que desde origen no vienen en toneladas (p.e., gruesa, planta, manojo).

Para calcular forrajes se parte de un modelo de demanda en función del ganado de rumiantes y sus requerimientos alimentarios anuales de acuerdo a la siguiente tabla:

1. CONSUMO DE FORRAJE EN TONELADAS

| ANIMAL | PROMEDIO ANUAL |
|-----------------|----------------|
| Vacas | 4.5000 |
| Cabras y ovejas | 0.5913 |
| Caballos | 3.7000 |
| Mulas y asnos | 2.2000 |

Fuente: Para vacas, cabras y ovejas: Reyes-Muro, Luis; Camacho-Villa, Tania Carolina y Guevara-Hernández, Francisco. (Coords.). (2013). Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Libro Técnico Núm. 7. Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. i-viii, 1-242 p. Para caballos mulas y asnos: EUROSTAT (2013). Economy Wide Material Flow Accounts: Compilation Guidelines for reporting to the 2013 Eurostat questionnaire.

La información de la cabaña ganadera nacional proviene de SIACON, con excepción del ganado caballar, mular y asnar (proviene de la FAO).

Para ubicar las fuentes que suministran el forraje se utilizaron los datos de SIACON para cultivos forrajeros los cuales fueron ajustados a peso seco con los siguientes factores.

2. COEFICIENTES DE PESO SECO

| CULTIVO | PROPORCIÓN DE PESO SECO |
|----------------------------|-------------------------|
| Alfalfa verde | 0.25 |
| Avena forrajera en verde | 0.10 |
| Cebada forrajera en verde | 0.10 |
| Centeno forrajero en verde | 0.11 |
| Maíz forrajero en verde | 0.72 |

| | |
|-----------------------------------|------|
| Pastos y praderas en verde | 0.75 |
| Rye grass en verde | 0.73 |
| Sorgo forrajero en verde | 0.13 |
| Trigo forrajero verde | 0.86 |
| Triticale forrajero verde | 0.11 |

Fuentes:

<http://digital.csic.es/bitstream/10261/28979/1/seep91-96pa.pdf>
http://www7.uc.cl/sw_educ/prodanim/digestiv/m7/composic.htm
http://www.fundacionfedna.org/granos_de_cereales
http://www.fundacionfedna.org/granos_de_cereales
<http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/231104/630/1/Determinacion%20quimica%20proximal%20y%20fibra%20dietaria.pdf>
http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/16-valoracion_nutritiva_de_los_alimentos.pdf
<http://revistas.ces.edu.co/index.php/mvz/article/viewFile/2831/2062>
http://www.fundacionfedna.org/granos_de_cereales
http://www.palermo.edu/ingenieria/pdf2014/13/CyT_13_09.pdf

La siguiente fuente de suministro de forrajes son los esquilmos agrícolas, se seleccionaron 15 cultivos que proporcionan una fracción constante de rastrojo por unidad de producción en base a los siguientes factores.

3. COEFICIENTES DE RASTROJO

| CULTIVO | COEFICIENTE |
|--------------------------|--------------------|
| Maíz* | 1.15 |
| Ajonjolí (sesame) | 0.60 |
| Arroz | 1.30 |
| Girasol | 0.80 |
| Cebada* | 1.13 |
| Sorgo* | 1.13 |
| Soya | 0.60 |
| Trigo* | 1.13 |
| Frijol | 0.70 |
| Chicharos | 1.00 |
| Alpiste | 0.50 |
| Mijo | 0.50 |
| Avena | 0.84 |
| Rye | 0.84 |
| Triticale | 0.84 |

Fuente: Para Avena, Rye y Triticale: Eurostat (2013) aunque reconocen que se requieren fuentes nacionales. Para maíz, cebada, sorgo, trigo: Reyes-Muro, Luis; Camacho-Villa, Tania Carolina y Guevara-Hernández, Francisco. (Coords.). (2013). Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Libro Técnico Núm. 7. Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. i-viii, 1-242 p. El resto provienen de González Martínez (2008).

La tercera fuente de forrajes son los agostaderos, su contribución al total resulta de la diferencia entre la demanda y la oferta agregada de las dos fuentes anteriores.

A partir de 2003 la oferta de agostaderos se ajusta por operaciones de comercio exterior de forrajes. Se suman las categorías 12149001, 12149099 y 12130001 de operaciones de comercio exterior, provenientes del Sistema de Información Arancelaria Vía Internet.

La información de madera y productos no maderables proviene de la BADESNIARN. La información sobre leña proviene de la FAO. Los factores para transformar m³ de madera en rollo a toneladas fueron los siguientes:

4. COEFICIENTES PARA MADERA

| TIPO DE MADERA | PESO EN TONELADAS DE UN METRO CÚBICO CON 15% DE HUMEDAD |
|----------------|---|
| Coníferas | 0.52 |
| No-coníferas | 0.64 |

Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use, Change and Forestry, IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme” (Penman et al. 2003, Table 3a.1.1).

La información de pesca se obtuvo de SIACON a la cual debe descontarse la producción de la acuicultura. La última información proviene de la BADESNIARN.

Minerales metálicos, industriales y materiales de construcción

La fórmula aplicada para obtener esta categoría es la siguiente:

$$(2.1) \text{ EDM} = \text{EDMP} + \text{EDMI} + \text{EDNM}, \text{ donde,}$$

EDM=Extracción domestica de minerales;

EDMP=Extracción domestica de metales preciosos;

EDMI=Extracción domestica de metales industriales;

EDNM=Extracción domestica de minerales no metálicos.

Los datos provienen del Servicio Geológico Mexicano: Producción de minerales metálicos y no metálicos, los primeros reportados en contenido metálico.

Los datos reportados en contenido metálico tuvieron que ser aproximados a su contenido de mineral bruto aplicando los siguientes coeficientes:

7. FACTORES DE CONVERSIÓN DE CONTENIDO METÁLICO A
MINERAL BRUTO

| Elemento | Mineral bruto/contenido metálico % | Multiplicador L |
|--------------|------------------------------------|-----------------|
| Oro | 0.00021 | 476 190.48 |
| Plata | 0.03 | 2 941.18 |
| Antimonio* | 9.00 | 11.11 |
| Cobre | 0.77 | 129.87 |
| Fierro | 43.32 | 2.31 |
| Manganeso | 30.00 | 3.33 |
| Mercurio* | 50.00 | 2.00 |
| Molibdeno | 0.13 | 769.23 |
| Plomo | 11.86 | 8.43 |
| Tungsteno | 0.39 | 256.41 |
| Zinc | 12.20 | 8.20 |
| Titanio | 9.09 | 11.00 |
| Tin (Estaño) | 0.24 | 416.67 |

***Fuente: Mercurio y antimonio González-Martínez (2008), cobre Crowson(2012), el resto, Eurostat (2013).**

El volumen de grava y arena fue calculado con datos de consumo aparente de cemento obtenido de la fabricación de cemento y artículos de cemento (proveniente de las Estadísticas Históricas de Inegi (1990-2006) y a partir de 2007 de la Encuesta Nacional de la Industria Manufacturera con la clave 327310), así como, su balance físico (es decir, su consumo aparente; los datos de exportación vienen de las partidas del SIAVI: 2523.XX.XX, 3816.00.XX, 382450.01). Aplicando los siguientes factores:

8. COEFICIENTE PARA CALCULAR GRAVA Y ARENA A PARTIR
DEL CONSUMO APARENTE DE CEMENTO

| MATERIAL | Factor de grava y arena |
|---------------------------------|-------------------------|
| Por unidad de cemento consumido | 6.09 |

Fuente: EUROSTAT (2013). Economy Wide Material Flow Accounts: Compilation Guidelines for reporting to the 2013 Eurostat questionnaire.

Combustibles fósiles

Los combustibles fósiles son reportados sistemáticamente bajo una diversidad de unidades de medida, por ejemplo, barriles y pies cúbicos, las cuales solo pueden ser convertidas a toneladas con densidades, densidades que pueden llegar a modificarse.

Los datos provienen de la siguiente fórmula:

$$(3.1) \quad EDF=EDP+EDG+EDC, \text{ donde,}$$

EDP=Extracción domestica de petróleo crudo reportado en barriles de petróleo;

EDG=Extracción domestica de gas;

EDC=Extracción domestica de carbón.

Los datos para gas y petróleo provienen de SIE, SENER. Los factores de conversión utilizados fueron los siguientes:

5. COEFICIENTES DE PARTICIPACIÓN DE TIPO DE CRUDO POR CAMPO Y DENSIDAD

| CAMPO | TIPO | PARTICIPACIÓN PROMEDIO EN EL CAMPO | DENSIDAD (TONELADA/BARRIL) |
|----------|-------------|------------------------------------|----------------------------|
| NORESTE | SUPERLIGERO | 0.00 | 0.1320 |
| | LIGERO | 0.02 | 0.1372 |
| | PESADO | 0.98 | 0.1586 |
| SUROESTE | SUPERLIGERO | 0.16 | 0.1320 |
| | LIGERO | 0.84 | 0.1375 |
| | PESADO | 0.00 | 0.1543 |
| NORTE | SUPERLIGERO | 0.04 | 0.1320 |
| | LIGERO | 0.36 | 0.1372 |
| | PESADO | 0.60 | 0.1501 |
| SUR | SUPERLIGERO | 0.32 | 0.1320 |
| | LIGERO | 0.64 | 0.1369 |
| | PESADO | 0.03 | 0.1543 |

1) Los datos de la participación promedio de los diferentes tipos de crudo en cada campo se obtuvieron de promediar las series históricas que se poseen, y que van del 2002 al 2014, obtenidas del Sistema de Información Energética con datos de PEMEX.

2) Los valores de las celdas sombreadas corresponden a los promedio del tipo de petróleo pero de las otras zonas de las que sí teníamos el valor.

Fuente: IMP. Tipos de petróleos <http://www.imp.mx/petroleo/?imp=tipos> supone un 1 barril = 158.9873 litros

6. COEFICIENTES PARA GAS NATURAL

| MATERIAL | TONELADAS POR MILLÓN DE METROS CÚBICOS |
|----------|--|
| Gas | 22.65 |

Fuente: EUROSTAT (2013). Economy Wide Material Flow Accounts: Compilation Guidelines for reporting to the 2013 Eurostat questionnaire.

La información de carbón en toneladas corresponde a la producción de carbón no coquizable, es decir, aquel que no se emplea en la industria del acero. La información proviene del INEGI, en particular de las Estadísticas de la industria minero metalúrgico.

Balance Físico de Comercio Exterior

(4) $PTB=M-X$, donde,

PTB= Balance físico de comercio exterior;

M= exportaciones por tipo de material;

X= Exportaciones por tipo de material.

La información de comercio exterior proviene de los anuarios estadísticos de comercio exterior de INEGI. Debido a la diversidad de unidades de medidas reportada se aplicó una correlación entre los factores de conversión a toneladas proporcionados por EUROSTAT (2013) y la subpartida del sistema armonizado de clasificación arancelaria.

Una vez hecho esto, se asignó cada producto del comercio internacional a una categoría de la contabilidad de flujo de materiales más el añadido de otros productos y desechos.

La información de biomasa y materiales de construcción proviene íntegramente de este tratamiento estadístico.

Las categorías de minerales metálicos, basura y otros productos consideran únicamente las operaciones en gramos y kilogramos.

La información de combustibles fósiles proviene de SIE, SENER que fue convertida a toneladas usando los siguientes factores:

9. COEFICIENTES PARA COMBUSTIBLES FÓSILES DEL COMERCIO EXTERIOR

| MATERIAL | TONELADAS POR BARRIL |
|-------------|----------------------|
| Gas licuado | 0.086 |
| Pentanos | 0.100 |

| | |
|--------------------|---------|
| Gasolinas | 0.112 |
| Turbosina | 0.112 |
| Diésel | 0.135 |
| Gasóleo de vacío | 0.129 |
| Combustóleo | 0.156 |
| Asfaltos | 0.164 |
| Crudo Olmeca | 0.146 |
| Crudo Istmo | 0.136 |
| Crudo Maya | 0.131 |
| Gas natural (MMpc) | 0.023 |
| Etano | 0.057 |
| Naftas | 0.106 |
| Carbón (PJ) | 34129.7 |

Fuente: PEMEX. Memoria de labores 2013.

México

IMP. Tipos de petróleos

<http://www.imp.mx/petroleo/?imp=tipos>

supone un 1 barril = 158.9873 litros

Nota: Un barril contiene 158.98 litros y un pie cúbico contiene 0.028 metros cúbicos.

Gas en toneladas por millones de pies cúbicos. Carbón en toneladas por petajoule

Consumo doméstico de materiales

(5) $DMC = ED + PTB$, donde,

DMC= Consumo doméstico de materiales

Es importante recalcar que se trata de un indicador que mide el consumo aparente de materiales y no el consumo asociado a la demanda final de productos.

Mejoras metodológicas propuestas

- Forrajes: El estimado de forrajes puede ser mejorado desde el lado de la demanda al distinguir la edad y funciones del ganado; por el lado de la oferta deberíamos afinar las prácticas regionales de utilización de esquilmos agrícolas, en el caso de agostaderos hacer un modelo de oferta natural para corroborar la capacidad de carga. Considerar otras formas de alimentación del ganado a partir de alimentos balanceados para reducir la brecha cubierta con agostaderos.
- Minerales metálicos: mejorar los coeficientes de transformación de contenido metálico a peso bruto en base a fuentes nacionales y estudios de caso. Reflejar la modificación a lo largo del tiempo de los factores de conversión.

- **Minerales de construcción:** Determinar la cadena comercial de la grava y arena para incluir todas las actividades económicas que utilizan grava y arena como insumo. Enfocarse en el mantenimiento y construcción de infraestructura de comunicaciones y transporte.
- **Petróleo:** de 2001 hacia atrás determinar el mejor método de ajuste de la densidad de producción.

Referencias

Crowson, Philip (2012). Some observations on copper yields and ore grades. *Resource Policy* 37 59-72

EUROSTAT (2013). Economy Wide Material Flow Accounts: Compilation Guidelines for reporting to the 2013 Eurostat questionnaire.

Gonzalez-Martinez, Ana; Schandl, Heinz, (2008). "The biophysical perspective of a middle income economy: Material flows in Mexico," *Ecological Economics*, Elsevier, vol. 68(1-2), pages 317-327.

Reyes-Muro, Luis; Camacho-Villa, Tania Carolina y Guevara-Hernández, Francisco. (Coords.). (2013). *Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Libro Técnico Núm. 7. Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. i-viii, 1-242 p.

PEMEX (2014). Memoria de labores 2013. México

Bases de datos:

FAO. FAOstat. Disponible en <http://faostat3.fao.org/home/E>

INEGI. Estadística Mensual de la Industria Minerometalúrgica. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/registros/economicas/minerometalurgica/default.aspx> Fecha de consulta: Diciembre, 2014.

INEGI. Estadísticas de la industria minero-metalúrgica. <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/registros/economicas/minerometalurgica/default.aspx>

SAGARPA. Comisión Nacional de Pesca, Anuario Estadístico de Pesca [años 2000-2011], Sagarpa, México, Ediciones 2000-2012.

SAGARPA. Comité Técnico Consultivo de Coeficientes de Agostadero (COTECOCA), Mayo 2014.

SAGARPA. Sistema Integral de Información Agroalimentaria y Pesquera, Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON), 1980-2013.

SEMARNAT. Base de Datos de Recursos Naturales BADESNIARN.
<http://www.semarnat.gob.mx/temas/estadisticas-ambientales/badesniar?De=SNIARN>

SENER. Sistema de información energética. <http://sie.energia.gob.mx/>

SE, Sistema de información arancelaria vía internet, SIAVI. Fecha de consulta: febrero, 2015.

SENER. Sistema de información energética. <http://sie.energia.gob.mx/>

SGM. Anuario Estadístico de la Minería Mexicana. Varios años, disponible en:
http://www.sgm.gob.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=127&Itemid=67 Fecha de consulta: Octubre, 2014.

INEGI. Anuario Estadístico de Comercio Exterior 2000-2012.

SENER. Sistema de información energética. <http://sie.energia.gob.mx/>

INEGI. Estadísticas de la industria minero-metalúrgica.
<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/registros/economicas/minerometalurgica/default.aspx>

3. Metodología para calcular la huella ecológica por transformación humana

Se utilizaron los siguientes mapas, con coordenadas geográficas Cónica Conforme de Lambert (CCL) Datum ITRF 92. Se tomó como mapa base al mapa de División Política de la República Mexicana:

Del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), escala 1: 50,000:

1. División política por entidad federativa
2. Localidades_2010. Es un archivo de puntos, posee información de las localidades del país y número de habitantes hasta el año 2010. De esta base se seleccionaron los poblados urbanos (habitantes > 2500) y rurales (habitantes < 2500)
3. Traza Urbana, capa de información con polígonos de las principales ciudades del país. Año 2010.
4. Líneas de Transmisión (Torres Eléctricas), mapa de líneas que muestran los tendidos eléctricos principales que atraviesan el país. Año 2010.
5. Instalaciones Eléctricas, mapa de polígonos de algunas edificaciones dedicadas a la generación de electricidad (instalaciones, edificios, plantas, entre otras). Año 2010.
6. Industria, mapa de polígonos que muestran la ubicación de naves industriales de materiales de construcción, automotriz, maquila, entre otras. Año 2010. Este mapa sólo muestra las poligonales de las naves industriales.

INEGI, SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transporte) IMT (Instituto Mexicano del Transporte), escala 1: 50,000:

7. Red Nacional de Caminos (RED), mapa de líneas que representan las vías de comunicación del país. Estas se clasifican en pavimentadas, revestidas y de terracería. Caminos de dos o más carriles, estatales y federales. Año 2014.
8. Líneas Férreas, mapa de líneas que muestran las principales líneas férreas que atraviesan el país. Año 2010.

INEGI, Uso de suelo y vegetación Serie 3 (2005) y Serie 5 (2013 en planeación), escala 1: 250,000:

9. Polígonos que representan a la Agricultura de temporal (T), de humedad (H) y de riego (R).
10. Polígonos que representan al Pastizal inducido (PI) o cultivado (PC), esto incluye vegetación de sabanas inducidas (VSI).
11. Polígonos de Bosque inducido (BI) y cultivado (BC), mapa de polígonos que representan algunas áreas con bosques inducidos y algunos cultivados en el país.
12. Polígonos de Zonas Urbanas (ZU) y Asentamientos Humanos (AH).

INEGI y DGPAIRS-SEMARNAT (Dirección General de Política Ambiental e Integración Regional y Sectorial), escala 1: 250 000:

13. Acuicultura, mapa de polígonos de ubicación de áreas dedicadas a la acuicultura. La mayoría de los sitios se ubican en el Pacífico Mexicano.

INEGI y Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), escala 1: 50,000 y 1: 250,000:

14. Plantas de Tratamiento de Aguas (PTAR), mapa de ubicación de algunas poligonales de plantas de tratamiento de aguas residuales y otras. Año 2010.
15. Salinas, mapa de polígonos de ubicación de salinas artificiales. Año 2005.
16. Residuos, mapa de puntos que indican la ubicación de los sitios de deposición final de residuos, separación de basura, trituración de basura, composteo, reciclaje, incineración. Los sitios son a cielo abierto, controlados y rellenos sanitarios. Año 2010.
17. Minas y otras ubicaciones geológicas, mapa de puntos que indican la ubicación de las minas en operación. Las minas, en promedio, cubren una superficie de 16 km² (1600 ha) con radio de 1150 m al centro, 2300 m al primer anillo de influencia y 3450 m al tercer anillo de influencia. La superficie de 16 km² fue determinado a partir de la medición de la superficie de una muestra de 50 minas (incluyendo las más grandes del país). Año 2010.

INEGI, Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), escala 1: 50,000:

18. Rasgos Arqueológicos (INAH_ARQUE50), Mapa de polígonos de los principales centro y sitios arqueológicos de México. Año 2010.

SEMARNAT y la Comisión Nacional de Área Naturales Protegidas (CONANP).

19. Mapa de polígonos de las Áreas Naturales Protegidas Federales. 2013. Se consideraron, en su conjunto, superficies terrestres.

Comisión Nacional para el Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO), escala 1: 1, 000,000:

20. Sitios prioritarios terrestres para la conservación de la biodiversidad (SPT), mapa de polígonos hexagonales de 256 km² (25, 600 ha) que representan sitios prioritarios para la conservación. Año 2008. Los sitios se identificaron como zonas de extrema, alta y media prioridad.

3.1. Procedimiento

Del conjunto de capas seleccionadas algunas eran mapas de polígonos, otras de líneas y algunas de puntos. Por esta razón fue necesario procesarlas antes de aplicar el criterio de presencia/ausencia.

El mapa de división política por entidad federativa fue utilizado como mapa base sobre el cual se generó, con un programa de sistemas de información geográfica, una malla formada por cuadritos de 25 ha (500 x 500 m) cada uno. De esta manera el país está integrado por 7, 822, 374 cuadritos.

Los mapas de polígonos (ver 1.1.) fueron intersectados (IDENTITY) con la malla del país. Este proceso permitió eliminar aquellas superficies que no cubrieran un área igual o mayor a la mitad (125, 000 m²) al área de un cuadrado de 500 x 500 m.

A los mapas de líneas de la Red Nacional de Carreteras, Vías Férreas y Líneas Eléctricas se les generó un buffer o área de influencia.

La Red de Carreteras fue clasificada en tres categorías, a cada categoría se le construyó un buffer en función de su impacto sobre el ambiente (González-Abraham *et al.*, 2015):

- Vía pavimentada, buffer de 250 m
- Vía terracería, buffer de 100 m.

De la Red de Carreteras también se obtuvo la categoría de vía revestida. Éste es un camino de piso aplanado y cubierto con una capa delgada de asfalto o gravilla compactada. Por lo general son aquellas vías que comunican localidades rurales o urbanas pequeñas. Los caminos revestidos se pueden ubicar en una categoría intermedia entre vía pavimentada y vía terracería:

- Vía revestida, buffer de 170 m.

En este ejercicio se consideró las afectaciones derivadas del mantenimiento a las Líneas Eléctricas y Vías Férreas principales. Estas afectaciones son por limpieza y mantenimiento del derecho de vía. Las afectaciones se les consideraron similares a las producidas por carreteras de terracería:

- Líneas Eléctricas, buffer de 100 m.
- Vías Férreas, buffer de 100 m.

Parte de la información, recopilada, se representa como un punto geográfico. Este el caso de las localidades, minas, residuos sólidos y algunas plantas de tratamiento de agua. Estos mapas de puntos (excepto minas) fueron descritos como un solo cuadro de 500 x 500 m. En el caso de las localidades, éstas fueron divididas en poblados rurales (500 a 2499 habitantes) y poblados subrurales (< 500 habitantes) con el fin de asignar valores de Intensidad distintos (ver punto 1.2.2.).

En el caso de las minas, se analizó una muestra de 50 minas distribuidas a lo largo del país. De estas muestras se determinó que la superficie promedio de una mina era de 16.6 km², esta superficie comprende el área de extracción o zona primaria y el área de depósito de materiales (zona secundaria). También se observó que las minas tienen influencia sobre la cobertura vegetal circundante, esta área se le denominó zona terciaria. La zona primaria tiene un radio promedio de 1150 m, la zona secundaria un radio medio de 2300 m y la zona terciaria un radio medio de 3450 m. Estos radios fueron utilizados para generar anillos de influencia (buffer) de las minas, estos se representan como polígonos. Sólo se consideraron las minas activas.

Las capas de información, procesadas, fueron transformadas a un modelo de datos raster con formato ASCII, de resolución de 500 m y coordenadas geográficas Cónica Conforme de Lambert (CCL). Los modelos de datos raster fueron procesados en el programa IDRISI TAIGA 16.

3.1.1 Aplicación de la suma algebraica de las capas raster (Fuzzy Algebraic Sum, Bonham-Carter, 1994).

Las capas raster fueron introducidas al siguiente algoritmo (González-Abraham *et al.*, 2015; Theobald, 2013):

$$HT_i = 1 - \prod_{j=1}^{10} (1 - h_{ij})$$

Donde:

h_{ij} = representa cada valor de la Tabla 1 (i) para cada capa de información (j).

Antes de aplicar el algoritmo, de arriba, los valores de HT fueron escalados a valores de 0 a 1; para esto cada valor - en cada capa raster - fue dividido entre 100.

La capa raster resultante, del algoritmo de suma algebraica difusa, fue sometido a un filtro de ventana modal (Eastman, 2015) de 3 x 3, con asignación de valores por el método de vecino más cercano-promedio (González-Abraham *et al.*, 2015).

Aplicada la ventana modal, el mapa resultante se vuelve a reescalar a valores de 1 a 10, para ellos se multiplica por 100.

Bibliografía

Almagro, Francisco (2004). Medición del desarrollo sustentable, reto de las cuentas nacionales. La experiencia de México en el cálculo del Producto Interno Bruto Ecológico. Revista Problemas del Desarrollo IIEc Vol. 35 núm. 139 pp 93-119

Altvater, E. (2012). El fin del capitalismo tal y como lo conocemos. Madrid: El viejo Topo.

Arrow, K., Bolin, B., Costanza, R., et al (1995). Economic Growth, Carrying Capacity, and the Environment. Science vol 268, 520-521.

Assessment, Millenium Ecosystem. (2005). Ecosystems and Human Well-being. WRI-Island Press.

Ayres, R., & Simonis, U. (1994). Industrial Metabolism. Restructuring for Sustainable Development. Tokio: United Nations University Press.

Baran, P., & Sweezy, P. (1988). El capital monopolista. Ensayo sobre el orden económico y social de Estados Unidos. México: Siglo XXI 20a Ed.

Bartelmus, P. (2007). SEEA-2003: Accounting for sustainable development? Ecological Economics, 61(4), 613-616.

Bonham-Carter, GF. 1994. Geographic information systems for geoscientists: modeling with GIS. Pergamon, Oxford.

Bookchin, Murray (1962). Our Synthetic Environment. Alfred Knopf, New York.

Bujarin, N. (1984). La economía mundial y el imperialismo. México: Siglo XXI 9a Ed.

Cabeza, Maite (1996). The concept of weak sustainability. Ecological Economics vol 17 pp 147-156

Carson, Rachel (1962/2002). Silent Spring. Mariner Books, Harcourt.

Castillo, Alfonso (2007). Índice de Bienestar Económico Sustentable para México. Tesis de Licenciatura UDLAP.

Challenger, A.; Soberón, J (2008). Los ecosistemas terrestres, en *Capital Natural*, vol. I: *Conocimiento actual de la biodiversidad* Conabio, México pp 87-108.

CMMD. (1987). Nuestro futuro común. México: ONU.

Commoner, B. (1974). Dos enfoques de la crisis ambiental. Comercio exterior, 264-280.

CONAFOR (2014). Anuario Estadístico de la producción forestal. SEMARNAT

Conafor y UACH (2013). Línea Base Nacional de Degradación de Tierras y Desertificación. Informe Final. Comisión Nacional Forestal y Universidad Autónoma Chapingo. Jalisco, México. 2013.

Conapo. (2013). Medición de la pobreza en México y en las Entidades Federativas 2012. México: Conapo.

Daly, H., & Cobb, J. (1989). Para el Bien Común. Reorientando la Economía hacia la Comunidad, el Ambiente y un Futuro Sostenible. México: Fondo de Cultura Económica.

Dasgupta, P., & Heal, G. (1979). Economic Theory and Exhaustible Resources. Cambridge UK: CUP.

de Groot, R., Wilson, M., & Boumans, R. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, 393-408.

Delgado, Gian (2010). Ecología política de la minería en América Latina. UNAM-CEIICH.

Despain, Hans (2015). Secular Stagnation. Mainstream versus Marxian Traditions. *Monthly Review* 67(4).

Diamond, J. (2007). Colapso. Porque unas Sociedades Perduran y Otras Desaparecen. Mexico: Random House Mondadori.

Dietz, S., & Neumayer, E. (2007). Weak and strong sustainability in the SEEA: Concepts and measurements. *Ecological Economics*, 61, 617-626.

Eastman, J. R. 2015. IDRISI TerrSet, User's Guide, V.18. Clark Labs. 392 p.

Ekins, P., & Otros. (2003). A Framework for the Practical Application of the Concepts of Critical Natural Capital and Strong Sustainability. En P. Ekins, *Ecological Economics* (págs. 165 - 185).

England, R. (2000). Natural capital and the theory of economic growth. *Ecological Economics*, 425-431.

Esquivel, G. (2010). De la inestabilidad macroeconómica al estancamiento estabilizador: El papel del diseño y la conducción de la política económica. En N. Lustig, *Crecimiento con equidad Tomo IX de Los grandes problemas de México* (págs. 35-69). Mexico: El colegio de México.

EUROSTAT. (2012). Economy - wide Material Flow Accounts. Compilation Guide 2012.

Eurostat. Economy Wide Material Flow Accounts: Compilation Guidelines for reporting to the 2013 Eurostat questionnaire. Luxemburgo. 2013.

Ferguson, P. (2015). The green economy agenda: business as usual or transformational discourse. *Environmental Politics*, 24(1), 17-37.

Fernández, Ramón; González Luis (2015). En la espiral de la energía. Vol 1 y 2. Ecologistas en Acción, Madrid.

Foster, J. B. (2001). La ecología de Marx. Madrid: El Viejo Topo.

Foster, J. B. (2013). Marxism and Ecology. *Monthly Review*, 67(7).

Foster, J. B., & Clark, B. (2009). The Paradox of Wealth: Capitalism and Ecological Destruction. *Monthly Review*, 61(06), 1.

Gabrielsen, P., & Bosch, P. (2003). Environmental Indicators: Typology and use in reporting. Copenhagen: EEA internal working paper.

Georgescu-Roegen, N. (1996). *La Ley de la Entropía y el Proceso Economico*. Madrid: Fundación Argentaria-Visor Distribuciones.

Gomez, E. (2012). Economía verde o la mistificación del conflicto entre crecimiento y límites ecológicos. *Ecología Política*, 44, 51-58.

González-Abraham, C., E. Ezcurra, P. P. Garcillán, A. Ortega-Rubio, M. Kolb y J. E. Bezaury C. 2015. The human footprint in Mexico: physical geography and historical legacies. *PLoS ONE* 10(3).

Gonzalez-Martinez, A. y H. Schandl. The biophysical perspective of a middle income economy: Material flows in Mexico. *Ecological Economics* 68(1-2): 317-327. 2008.

Hamilton, K.; Clements, M. (1999). Genuine Saving Rates in Developing Countries. *World Bank Economic Review* vol 13 no2: 333-356.

Hidalgo, César; Hausmann, Ricardo (2009). The building blocks of economic complexity. *PNAS* 106(26) 10570-10575.

Hoekstra, A., & Wiedmann. (2014). Humanity's unsustainable environmental footprint. *Science*, 344(6188), 1114-1117.

Hoffman, U. (2011). Some Reflections on climate Change, Green Growth illusions and Development Space. *UNCTAD Discussion papers*(205), 1-28.

Illich, I. (2012). *Obras completas. Tomo I*. México: Fondo de Cultura Económica.

INEGI (2013). *Sistema de Cuentas Nacionales de México. Cuentas satélite de México. Fuentes y metodologías*. México 2013

INEGI. 2005. Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación, escala 1:250 000, Serie 3 (continuo nacional). Instituto Nacional de Geografía y Estadística, Dirección General de Geografía (DGG), México.

INEGI. 2014. Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación, escala 1:250 000, Serie 5 (en planeación). Instituto Nacional de Geografía y Estadística, Dirección General de Geografía (DGG), México.

INEGI. 2104. *Diccionario de Datos Topográficos* escala 1:250 000, Versión 2, que corresponde a la Serie IV.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (1999). Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas de México. 1993 - 1997. México: INEGI.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2014). Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas de México. 2003 - 2012. Mexico: INEGI.

Jakob, M., & Edenhofer, O. (2014). Green growth, degrowth, and the commons. *Oxford Review of Economic Policy*, 30(3), 447-468.

Jameson, F. (2009). *Arqueologías del futuro. El deseo llamado utopía y otras aproximaciones de ciencia ficción*. Madrid: Akal.

Krausmann, F., S. Gingrich, N. Eisenmenger, K. H. Erb, H. Haberl y M. Fischer-Kowalski. Growth in global materials use, GDP and population during the 20th century. *Ecological Economics* 68 (10): 2696–2705. 2009.

Kuhn, T. (1962). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.

Lezama, J., & Graizbord, B. (2010). *Medio Ambiente. Los Grandes Problemas de México. Vol. IV*. México: Colegio de México.

Lezama, José. (2010). La contaminación del aire. En Lezama, José y Graizbord, Boris (Coord.). *El Medio Ambiente. Colección Los grandes problemas de México tomo IV*. Pp 105-140. El Colegio de México, 2010.

Limburg, K., O'Neill, R., Costanza, R., & Farber, S. (2002). Complex Systems and valuation. *Ecological Economics*, 41, 409-420.

Loría, E., & Salas, E. (2014). Ciclos, crecimiento económico y crisis en México, 1980.1-2013.4. *Estudios Económicos*, 29(2), 131-161.

Martinez Alier, J., & Roca, J. (2013). *Economía Ecológica y Política Ambiental*. México: Fondo de Cultura Económica.

Martínez, Anabel (2000). La información del Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas en México: algunos usos y desafíos en la elaboración de estadísticas. *Revista Papeles de Población UAEM* vol. 6 núm. 24 2000 pp 95-112

Martinez-Alier, J. (2005). *El ecologismo de los pobres*. Barcelona: Icaria 5a ED.

Martínez Alier, Joan; Schlupmann, Klaus (1991). *La ecología y la economía*. Fondo de Cultura Económica, México.

Marx, Karl (1865). *Salario Precio y Ganancia*. Moscú: Ediciones de lenguas extranjeras.

Marx, Karl (1867). *El Capital. Crítica de la Economía Política. I El Proceso de Producción del capital*. Traducción de Wenceslao Roces, FCE, 3ª edición, México.

Marx, Karl (1894). *El Capital. Crítica de la Economía Política. III El Proceso de Producción capitalista en su conjunto*. Traducción de Wenceslao Roces, FCE, 3ª edición, México.

Marx, Karl (2006). *Manuscritos económico-filosóficos de 1844*. Buenos Aires: Colihue.

Masera, D. (2002). *Hacia un Consumo Sustentable*. En E. Leff, & y Otros, *La Transición hacia el Desarrollo Sustentable. Perspectivas de América Latina y el Caribe* (págs. 61-89). Mexico: INE - SEMARNAT.

Maxim, L., Spangenberg, J., & O'Connor, M. (2009). *An analysis for biodiversity under the DPSIR framework*. *Ecological Economics*, 12-23.

Max-Neef, M. (1995). *Economic growth and quality of life: a treshold hypothesis*. *Ecological economics*, 15, 115-118.

Meadows, D. (1972). *Los límites del crecimiento*. México: Fondo de Cultura Económica.

Mercado, A., & López, C. (2015). *Las estadísticas ambientales de México: Una evaluación de su disponibilidad y calidad*. CEE Colmex Serie documentos de trabajo, 1-67.

Moreno-Brid, J., & Ros, J. (2010). *Desarrollo y crecimiento en la economía mexicana*. México: Fondo de Cultura Económica-UNAM.

Nadal, A. (2007). *Medio ambiente y desarrollo sustentable en México*. En J. Calva, *Sustentabilidad y desarrollo ambiental* (págs. 17-32). México: Miguel Ángel Porrúa-Cámara de Diputados.

Naredo, J. (1997). *Sobre el origen, el uso y el contenido del término sostenible*. Disponible en <http://habitat.aq.upm.es/cs/p2/a004.html>

Naredo, J. (2012). *La economía en evolución*. Madrid: Siglo XXI España.

Naredo, J., & Valero, A. (1999). *Desarrollo Económico y Deterioro Ecológico*. Madrid: Fundación Argentaria - Visor Distribuciones.

Ocampo, José. *Los términos de intercambio de los productos básicos en el siglo XX*. *Revista CEPAL*. 79 pp 7-35

OECD. (2011). *Towards Green Growth: Monitoring Progress*. OECD Indicators. Paris: OECD Publishing.

OECD. (2013). *Putting Green Growth at the Heart of Development*. Paris: OECD Publishing.

ONU, Comisión Europea, FMI, FAO, OCDE, Banco Mundial. (2012). *Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica (SCAE) 2012*. Marco Central. New York: UN Press.

Ornelas, R. (2013). *Crisis civilizatoria y superación del capitalismo*. México: UNAM-IIEc.

Pérez, R., Ávila, S., & Aguilar, A. (2010). *Introducción a las Economías de la Naturaleza*. Mexico DF: IIEc-UNAM.

Perfecto, I., & Vandermeer, J. (2009). *Nature's Matrix. Linking Agriculture, Conservation and Food Sovereignty*. London: Earthscan.

PNUMA. (2011). *Hacia una economía verde: Guía para el desarrollo sostenible y la erradicación de la pobreza*. Nairobi: PNUMA.

Ramos, J. (2005). *Complex systems and exosomatic energy metabolism of human societies*. Barcelona: UAB Doctoral dissertation.

Rivera, Patricia; Foladori, Guillermo (2006). Reflexiones sobre la contabilidad ambiental en México. *Economía, Sociedad y Territorio*, vol. VI, núm. 21, mayo-agosto, 2006, pp. 177-217, El Colegio Mexiquense, A.C.

Rockstrom, J. (2009). A safe operating space for humanity. *Nature*, 461(24), 472-475.

Sachs, W. (1992). *The development dictionary*. London: Zed.

Sanderson, E., & al, e. (2002). The Human Footprint and the Last of the Wild. *BioScience*, 52(10), 891-904.

Schaffartzik, A., A. Mayer, S. Gingrich, N. Eisenmenger, C. Loy, F. Krausmann. The global metabolic transition: Regional patterns and trends of global material flows, 1950–2010 *Global Environmental change* 26:87-97. 2015.

Schmidt, Alfred (1976). *El concepto de naturaleza en Marx*. Siglo XXI, México.

Scott, J. (2011). ¿Quién se Beneficia de los Subsidios Energéticos en México? El Uso y Abuso de Recursos Públicos. En CIDE, *Public Security Expenditure in Mexico*. Mexico: CIDE.

Solow, R. (1974). Intergenerational equity and exhaustible resources. *Review of Economic Studies*, 29-45.

Steffen, Will; Grinevald; Jacques; Crutzen, Paul; McNeill, John. The Anthropocene. Conceptual and historical perspectives. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*. 369 (1938) pp 842-867.

Stern, N. (2007). *El informe Stern. La verdad sobre el cambio climático*. Barcelona: Paidós.

Stiglitz, J. (1974). Growth with exhaustible natural resources: efficient and optimal growth paths. *Review of Economic Studies*, 123-137.

Stiglitz, J., Sen, A., & Fitoussi, J. (2009). *Informe de la Comisión sobre la Medición del Desarrollo Económico y del Progreso Social*. Paris: INSEE.

System of Environmental Economic Accounting. (2014). System of Environmental Economic Accounting 2012. Central Framework: ONU - OECD - World Bank.

Tainter, Joseph (1988). Collapse of complex societies. New studies in Archeology. Cambridge University Press.

Tamames, R. (1995). Ecología y desarrollo sostenible. La polémica sobre los límites al crecimiento. Madrid: Alianza 6a Ed.

Theobald, D. M. 2013. A general model to quantify ecological integrity for landscape assessments and US application. Landscape Ecol. 28: 1859 – 1874.

Toledo, V., & Gonzalez, M. (2011). Metabolismos, Naturaleza Historia. Hacia una Teoría de las Transformaciones Socioecológicas. Barcelona: Icaria.

Toledo, V. (1999). El otro zapatismo: Luchas indígenas de inspiración zapatista. Ecología Política, 11-23.

Toledo, V. (2015). Ecocidio en México. La batalla final es por la vida. México: Penguin Random House.

UNEP (2013) Tendencias del flujo de materiales y productividad de recursos en América Latina. Panamá. 2013.

UNEP. (2011). Programa de las Naciones Unidas Para el Medio Ambiente. Recuperado el Noviembre de 2014, de www.unep.org/greeneconomy

van den Bergh, J. (2011). Environment versus growth - A criticism of "degrowth" and a plea for "a-growth". Ecological Economics, 70(5), 881-890.

Veraza, Jorge (2011). Del reencuentro de Marx con América Latina en la época de la degradación civilizatoria mundial. La subsunción real del consumo bajo el capital, la historia del desarrollo capitalista y la reconstrucción del marxismo hoy. Vicepresidencia del Estado Plurinacional de Bolivia-Oxfam, La Paz.

Vernadsky, V. (1997). La Biosfera. Madrid: Fundacion Argentaria - Vision Distribuciones.

Victor, P., & Jackson, T. (2012). A Commentary on UNEP's Green Economy Scenarios. Ecological Economics(77), 11-15.

Victoria-Henández, A., M. Niño-Alcocer, J. A. Rodríguez-Avalos y J. A. Argumedo-Espinoza. 2014. Generación de Información de Uso del Suelo y Vegetación: Proyectos y convenios escala 1: 50 000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Dirección General de Geografía (DGG), México.

Vitousek, P., & al, e. (1997). Human Domination of Earth's Ecosystems. Science, 277(5325), 494-499.

Wackernagel, Mathis; Rees, William (1996). *Our Ecological Footprint*. New Society Publishers, Michigan.

Weizsacker, E., & al, e. (2009). *Factor five: transforming the global economy through 80% improvements in resource productivity*. London: Earthscan.

West, James; Schandl, Heinz. *Material use and material efficiency in Latin America and the Caribbean*. *Ecological Economics* 94, 19-27

World Bank. (2012). *Inclusive Green Growth. The Pathway to Sustainable Development*. Washington: WB.