



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Facultad de Economía

Medición macroeconómica de la
sustentabilidad ambiental en México:
los precios sombra y la contabilidad
ambiental

Tesis

Que para obtener el título de

Licenciado en Economía

Presenta

Andrea Stephanie Ponce Nava Araiza



Director de Tesis: Dr. Carlos Andrés López Morales

México, D.F.

junio 2015



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.

“No idea is conceived in our mind independent of our five senses
[i.e., no idea is divinely inspired].”- Albert Einstein

A Diana: Por transmitirme su pasión por la preservación del capital natural.

Agradecimientos

A mis papás: por enseñarme a enfrentar el mundo.

A mis hermanos: por su permanente apoyo incondicional.

A todos los que, sabiéndolo o no, me apoyaron en distintas formas en la elaboración de este trabajo: Camila, Emmanuel, Marisu, Sonia y Zyntyta.

A Claudia: por su respaldo emocional, ¡gracias amiguita!

A Mariel y Pamela: porque sin ustedes la experiencia universitaria no hubiera sido lo mismo.

A Mario: por recordarme que vale la pena ser distinta.

A Carlos: por su guía e infinita paciencia.

Resumen:

La riqueza en capital natural con la que cuenta México es vasta, pero el país ha carecido del enfoque institucional idóneo para su adecuada valoración económica, lo que repercute negativamente en su conservación. A partir de esta consideración, la presente tesis cuestiona el enfoque actual de la contabilidad ambiental en México, pues simplifica ecosistemas en activos individuales, como son los casos de la madera obtenida de los bosques o el agotamiento del agua subterránea, que son acervos que funcionan en conjunto con otros y que deben ser valorados en términos de los servicios ambientales que proveen. En este trabajo se estiman precios sombra mínimos y máximos para diversas coberturas vegetales provenientes de las cartas de uso de suelo y vegetación con las que cuenta INEGI. Utilizando estimaciones del valor del flujo de servicios ambientales que proporcionan. Se incluyen el bosque templado, las selvas húmeda y seca, el manglar, el matorral y los pastizales. Se multiplican dichos valores mínimos y máximos por la extensión perdida de aquellas coberturas y se obtiene una estimación del valor económico del flujo de servicios ambientales que se pierden al año. A partir de lo anterior se propone que la contabilidad ambiental en México realice valoraciones de servicios ambientales con un enfoque ecosistémico.

Palabras clave: capital natural, contabilidad ambiental, servicios ecosistémicos

Contenido

<i>Introducción</i>	1
<i>1 Sobre la medición de la riqueza</i>	7
1.1 Antecedente: Una breve historia del PIB.....	7
1.2 Distinción entre flujos y acervos	9
1.3 Definición convencional.....	11
1.4 Relación entre el PIB y riqueza en la economía ecológica	12
<i>2 Teoría económica de la contabilidad ambiental</i>	20
2.1 El capital natural en el concepto de riqueza inclusiva.....	20
2.2 Servicios ambientales	22
2.3 Un índice de desarrollo sostenible con precios sombra.....	23
2.4 El papel de los precios sombra	26
<i>3 Contabilidad ambiental en México</i>	28
3.1 Antecedentes	28
3.2 Marco conceptual y metodológico que utiliza el SCEEM.....	29
3.3 Estimación y componentes del PINE	34
3.4 Series temporales de agotamiento y degradación del capital natural en México.....	36
<i>4 Incorporación de los servicios ambientales en la contabilidad ambiental</i>	39
4.1 Transición de acervos a ecosistemas	39
4.2 Metodología	43
4.3 Descripción de base de datos.....	45
4.4 Resultados	52
<i>Conclusiones</i>	59
<i>Bibliografía</i>	65
<i>Anexo</i>	70

Gráficas y tablas

Gráfica 3-1 Costos por agotamiento y degradación como proporción del PIB	36
Ilustración 1 Vegetación y uso de suelo de México, 2002	51
Ilustración 2 Vegetación y uso de suelo de México, 2012	51
Tabla 1-1 El balance de apertura y de cierre con variaciones en activos	12
Tabla 2-1 Balance de apertura de los activos ambientales	21
Tabla 2-2 Funciones del capital natural	22
Tabla 4-1 Comparación de iniciativas de los servicios ambientales en el mundo	42
Tabla 4-2 Cobertura vegetal en hectáreas	50
Tabla 4-3 Valoración de categorías principales de los servicios ecosistémicos en México	53
Tabla 4-4 Valor del flujo de los servicios ecosistémicos en México, por hectárea	53
Tabla 4-5 Valoración de los servicios ecosistémicos en México	57
Tabla 4-6 Pérdida del flujo de servicios ambientales por año	58

Anexo

Gráfica A 1 Costos por agotamiento del petróleo, 1988-2011	70
Gráfica A 2 Costo por agotamiento de utilización de madera	70
Gráfica A 3 Precio sombra del petróleo	70
Gráfica A 4 Precio sombra tala	70
Gráfica A 5 Costos contaminación del agua	71
Gráfica A 6 Costos por agotamiento del agua subterránea	71
Gráfica A 7 Precio sombra contaminación agua	71
Gráfica A 8 Precio sombra agotamiento agua subterránea	71
Gráfica A 9 Costos por erosión del suelo, 1988-2002	72
Gráfica A 10 Costos por degradación del suelo, 2003-2011	72
Gráfica A 11 Precio sombra erosión del suelo, 1988-2002	72
Gráfica A 12 Precio sombra degradación suelo	72
Gráfica A 13 Costos de contaminación de residuos sólidos	73
Gráfica A 14 Costo por agotamiento de transferencia de suelo a actividades económicas	73
Gráfica A 15 Precio sombra contaminación residuos sólidos	73
Tabla A 1 Agrupación de ecosistemas correspondiente a la Carta de Uso de Suelo y Vegetación, serie III	74
Tabla A 2 Agrupación de ecosistemas correspondiente a la Carta de Uso de Suelo y Vegetación, serie V	75
Tabla A 3 Valoración bosque templado, nivel de ingreso bajo	76
Tabla A 4 Valoración bosque templado, nivel de ingreso alto	77
Tabla A 5 Valoración selva seca, nivel de ingreso medio	78
Tabla A 6 Valoración selva seca, nivel de ingreso alto	79
Tabla A 7 Valoración selva húmeda, nivel de ingreso bajo	80
Tabla A 8 Valoración manglar, nivel ingreso bajo	81
Tabla A 9 Valoración manglar, nivel de ingreso alto	82
Tabla A 10 Valoración de pastizal	83

Introducción

Las cuentas nacionales son la fuente más importante de información para el análisis y el diseño de políticas públicas dado que describen el estado general de una economía (Banco Mundial, 2010) y, como mencionó Richard Stone en su Lectura Nobel de 1984, son útiles para describir y entender a la sociedad con análisis basados en estudios sobre economía, población y medio ambiente. No obstante, las cuentas nacionales actualmente presentan defectos en el tratamiento del medio ambiente y de los recursos naturales. En México, por ejemplo, la contabilidad nacional puede considerar los ingresos obtenidos de un bosque pero no el flujo de servicios ambientales que provee, como la absorción de carbono o la filtración de agua, entre otros, ni la pérdida de estos servicios, que a final de cuentas son el sustento principal de la vida y que no reciben valor en el mercado al agotarse o degradarse.

La actividad económica provoca una inevitable degradación del ambiente y agota los recursos naturales, lo que es muy evidente en diversas partes del mundo, y por supuesto en México. La situación de agotamiento y degradación del capital natural, como ahora se le denomina para reconocer su importancia, ha llevado a que éste se considere de diversas formas en la toma de decisiones y se incluya en la contabilidad nacional. Investigadores e instituciones han reconocido que la conservación del acervo de capital natural es esencial en el desempeño de la actividad económica y de la sociedad, por lo que debe asignársele un valor o un rango de valores que promuevan su conservación. El capital natural no sólo aporta insumos a la actividad económica sino que aporta también un flujo de servicios ambientales a la sociedad al que habría que valorar apropiadamente.

De acuerdo con los planteamientos mencionados, el objetivo general de esta tesis es elaborar un diagnóstico del enfoque utilizado por la contabilidad ambiental mexicana para medir el agotamiento de los recursos forestales. Los objetivos particulares consisten: 1) conocer las estimaciones de valoración de la contabilidad ambiental en México, 2) conocer métodos de valoración de los servicios ambientales, 3) comparar las estimaciones de la contabilidad ambiental en México contra estimaciones que usan el enfoque ecosistémico, 4) elaborar una propuesta que mejore las estimaciones de la contabilidad ambiental para promover la conservación del capital natural.

La hipótesis que orienta este trabajo consiste en asumir que las estimaciones que realiza la contabilidad ambiental del agotamiento de los recursos forestales es menor que cuando se aplica el enfoque ecosistémico. El Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas de México (SCEEM) simplifica ecosistemas en activos individuales, como es el caso de los bosques en el que únicamente se considera la madera que se obtiene de éstos y no los servicios que proveen como filtración de agua, regulación del clima o absorción de carbono. El agotamiento del agua subterránea es otro ejemplo, pues no se considera el deterioro de las funciones de los ecosistemas debido a la escasez de agua.

La propuesta en esta tesis consiste en la aplicación del enfoque ecosistémico en el que se incorpora el valor de los servicios ambientales en dicha contabilidad. La estimación del valor de los servicios ambientales de un ecosistema por hectárea al año es un símil de un precio sombra unitario, el cual aquí se calcula a partir de un meta-análisis de la literatura relevante aplicando el método de transferencia de beneficios. Es similar a un precio sombra porque se consideran en su estimación todos o muchos de los servicios que proporciona el ecosistema y se reconoce que éste funciona en conjunto.

La valoración de los ecosistemas en México se ensaya con el método de transferencia de beneficios. Para dicha valoración se sumaron estudios de los servicios que proveen los ecosistemas en distintas partes del mundo, incluyendo estudios para México cuando éstos estuvieran disponibles. El valor de los servicios que aportan los ecosistemas se multiplica por la pérdida anual de la cobertura del ecosistema y se obtiene un valor mínimo y un valor máximo.

El valor mínimo de los servicios que aportan los ecosistemas es resultado de la suma de estudios de servicios ambientales de países con nivel de ingreso bajo, y el valor máximo se obtuvo de estudios con nivel de ingreso alto. Se da un rango de valores para que observen los precios que asignan diversos países a los servicios de los ecosistemas. Los valores varían de acuerdo a la preocupación que tiene una sociedad por sus recursos naturales y ambientales. El nivel de ingreso también influye en la valoración de los servicios ambientales, toda vez que algunos métodos emplean como componente la disposición de los usuarios a pagar por dichos servicios. La suma de la valoración de los servicios que aporta un ecosistema es un tipo de precio sombra, porque se incluyen los beneficios obtenidos por la sociedad.

El precio sombra mínimo de cada ecosistema por hectárea al año es: bosque templado \$14,922, selva seca \$66,398, selva húmeda \$20,933, matorral \$2,275, pastizal \$20,332 y manglar \$79,430 (precios constantes de 2003). El precio sombra máximo del bosque templado es \$83,136, selva seca \$80,927, selva húmeda \$20,933, matorral \$5,620, pastizal \$20,332 y manglar \$183, 504. El precio sombra de cada ecosistema está integrado por cuatro categorías de servicios: de provisión, regulación, biodiversidad y culturales. Estos, a su vez, están integrados por subservicios. Los servicios de provisión están conformados por alimentos, insumos materiales, agua dulce y recursos medicinales. Los servicios de

regulación por absorción de carbono, tratamiento de agua, erosión y mantenimiento del suelo, polinización y control biológico. Los servicios de soporte por hábitat y mantenimiento de la diversidad genética. Los servicios culturales por recreación y turismo.

El precio sombra mínimo de los servicios de regulación del bosque templado es \$4,367 y el precio sombra máximo de los servicios de soporte es \$61,981. El precio sombra mínimo y máximo de los servicios de regulación de la selva húmeda es \$10,356. En el caso de la selva seca, el precio sombra mínimo de los servicios de provisión es \$40,030 y precio sombra máximo de los servicios de soporte es \$46,008. El precio sombra mínimo de los servicios de provisión del manglar es \$61,944 y el precio sombra máximo de los servicios de soporte es \$93,714. El precio sombra mínimo y máximo de los servicios de provisión de pastizal es \$14,339.

El promedio del valor mínimo del flujo de servicios ecosistémicos que se pierden al año durante el periodo 2002-2011 como proporción del PIB es de 1.8% y el promedio de los valores máximos es de 3.2%. Si se suman los valores mínimos de los servicios ecosistémicos a los activos individuales que el SCEEM valora (agotamiento del petróleo y agua subterránea, erosión del suelo, residuos sólidos y contaminación del agua) el promedio es 4.7% como porcentaje del PIB. Si se suman los valores máximos es 6.1% como porcentaje del PIB. Las cifras obtenidas son mayores que al promedio de los gastos en protección al ambiente que efectúa el gobierno, que son equivalentes al 1% del PIB.

Las limitaciones enfrentadas en esta tesis consisten, principalmente, en que no todos los ecosistemas han sido valorados ni que todos los servicios han sido incluidos. El bosque nublado, ecosistema muy importante al ser captador de agua de lluvia, no cuenta con estudios de valoración. El matorral, por ejemplo, presenta un valor subestimado porque hay pocos

estudios de la valoración de los servicios que proporciona este ecosistema. Otra limitación de la metodología es que se supone homogeneidad dentro de los ecosistemas y no necesariamente ocurre así. Además, los valores de los servicios que proporcionan los ecosistemas están subestimados pues son estudios de años pasados que se convierten en precios constantes de 2003 y no se reconoce el incremento del deterioro del ambiente. Las limitaciones expuestas se pueden resolver realizando valoraciones específicas para los servicios que proporcionan los ecosistemas en México y con la opinión de expertos locales.

La contabilidad ambiental mexicana debe incluir la valoración de los servicios ecosistémicos, al ser éstos los que se sustentan la vida, pues no se les está valorando ni conservando apropiadamente. En este trabajo se propone la combinación del método de transferencia de beneficios y la jerarquización de ecosistemas. Primero podría realizarse la jerarquización de acuerdo a las funciones ecológicas y los beneficios del ecosistema a la sociedad. Dicha jerarquización podría ser producto de un acuerdo interdisciplinario de biólogos, ecólogos y economistas. La jerarquización tiene como objetivo decidir el conjunto de servicios ecosistémicos que tendrá un estudio de valoración específico, mientras que para la valoración de los otros servicios ecosistémicos podrá aplicarse el método de transferencia de beneficios.

Este trabajo está organizado de la siguiente manera. El primer capítulo ofrece algunas definiciones convencionales de riqueza y discute brevemente cómo ha evolucionado el concepto. Tradicionalmente, el indicador asociado con la variación de riqueza es el PIB, por lo que se resume su origen. Se describe brevemente la clasificación de riqueza según la ONU, pues dicha clasificación se usa por las oficinas de estadística de los países que emplean el Sistema de Cuentas Nacionales estandarizado de la ONU. Después se da una explicación

sobre flujos y acervos, para discutir si el PIB se correlaciona o no satisfactoriamente con la riqueza.

En el segundo capítulo se expone cómo se debe medir la riqueza según Dasgupta y la ONU. Ambos coinciden en que el concepto de riqueza inclusiva debe de contener: capital manufacturero, humano, y ambiental. Dasgupta, en particular, propone los precios sombra para valorar la variación de los acervos de la riqueza de un país, pues son estos precios los que incluyen las externalidades negativas así como las infligidas en las generaciones futuras.

El tercer capítulo es sobre la contabilidad ambiental en México y plantea el marco conceptual y metodológico del SCEEM, describiendo los acervos de capital natural que se incluyen en el mismo. El capítulo muestra las series de agotamiento y degradación de los acervos de capital natural que INEGI contempla en el SCEEM, e incluye una serie temporal del precio sombra implícito en aquellas. A través del conocimiento de la estructura de la contabilidad ambiental y de los precios sombra es posible realizar en teoría una evaluación de sustentabilidad ambiental en México.

El cuarto capítulo aborda la incorporación de los servicios ambientales en la contabilidad ambiental mexicana. Propone que se incluya el valor de los servicios que brindan los ecosistemas, pues, de acuerdo con la definición de riqueza de Dasgupta y de la ONU, son parte del capital natural y deben ser incluidos en la contabilidad ambiental. El SCEEM, por tanto, es incompleto al no asignar valor al flujo de servicios que aportan los ecosistemas a la sociedad. También omite valorar el ambiente y los recursos naturales en conjunto lo que imposibilita reconocer la provisión de los servicios ambientales asociados al acervo en cuestión. Por ejemplo, el caso del agotamiento del agua subterránea no toma en cuenta los procesos ecosistémicos asociados a la cobertura forestal que la proveen.

1 Sobre la medición de la riqueza

1.1 *Antecedente: Una breve historia del PIB*

Los economistas clásicos definen la economía como la ciencia que se encarga del tratamiento de la riqueza (Vaggi y Groenewegen, 2006), aunque su definición de este concepto es diferenciada y ambigua. En *La riqueza de las naciones*, por ejemplo, Adam Smith explícitamente profundiza en las causas de la riqueza nacional, aunque no la define y únicamente se refiere a ella en la última línea de su “Introducción”. Smith define la “riqueza real” como el producto anual de la tierra y del trabajo de una sociedad. Por su parte John Stuart Mill (1848) considera que la riqueza son los objetos útiles o agradables a la humanidad, excepto aquellos que se obtienen en cantidad ilimitada y sin la ayuda del trabajo. Por otro lado, Ricardo (1809) considera que el trabajo es la única fuente de riqueza.

De acuerdo con Marx (1867), considerado por algunos autores un escritor clásico y por otros como un crítico de los clásicos, la riqueza de las sociedades en las que domina el modo de producción capitalista se presenta como un "enorme cúmulo de mercancías", y la mercancía individual como la forma elemental de esa riqueza.

El Producto Interno Bruto (PIB), llamado por el Departamento de Comercio de Estados Unidos como su logro más importante en el siglo XX (BEA, 2000), comúnmente se usa para medir la riqueza de los países. Este indicador surge entre dos eventos históricos trascendentes: la gran depresión de 1929 y el inicio de la Segunda Guerra Mundial (Costanza et al, 2009). Dada la situación existente en Estados Unidos entre 1930 y 1940, era necesario un índice que reflejara la actividad económica agregada (Dasgupta, 2008), por lo que el Departamento de Comercio de EUA encargó a Simon Kuznets elaborar un conjunto de cuentas económicas nacionales (BEA, 2000).

Kuznets presentó el PIB en su reporte llamado “Ingreso Nacional, 1929-35” al Congreso de Estados Unidos (Dickinson, 2011). El objetivo de Kuznets fue el de capturar la producción económica de individuos, empresas y gobiernos en una única medida (Dickinson, 2011). Dicho concepto llegó a ser considerado como un indicador de bienestar, y la interpretación de que el crecimiento del PIB es el indicador más representativo del progreso económico sigue vigente (Dasgupta, 2008). Para 1940, las cuentas nacionales eran ya un conjunto consolidado de cuentas de ingresos y de productos que fueron útiles para la planificación de la Segunda Guerra Mundial (BEA, 2000), pues las estimaciones del PIB eran usadas por el gobierno norteamericano para demostrar a sus ciudadanos que la economía podría proveer armamento para la Segunda Guerra Mundial y mantener su nivel de vida de (Costanza et al., 2009).

En 1944, en la conferencia de Bretton Woods, el Fondo Monetario Internacional (FMI) y el Banco Mundial (BM) convierten al PIB en una herramienta estándar para medir el crecimiento de una economía (Dickinson, 2011). Desde entonces, la metodología ha sido seguida por otros países y formalizada por la Organización de las Naciones Unidas (Costanza et al., 2009). Ahora, las cuentas nacionales son el pilar del análisis macroeconómico moderno al permitir a políticos, economistas y agentes económicos analizar el impacto de diferentes planes de impuestos, gastos, perturbaciones de precios y de política monetaria en su conjunto (BEA, 2000).

El PIB es una medida de la producción total de un país (De Gregorio, 2007) y frecuentemente se ve como la mejor medida del rendimiento económico (Mankiw, 2012). El PIB es un indicador del desempeño del mercado: suma el valor monetario de los bienes y servicios de uso final que son producidos e intercambiados en un periodo y región

determinados (Costanza et al., 2009). Los propósitos de este indicador, según el Bureau of Economic Analysis, es medir qué tan rápido crece la economía, cuál es la trayectoria del gasto de los bienes y servicios, o qué porcentaje del incremento de la producción se debe a la inflación (McCulla & Smith, 2007). Desde su creación ha sido ampliamente aceptado como indicador de cambios en el progreso económico (Costanza et al., 2009).

A la luz de los problemas ambientales y sociales, Stiglitz (2014) sostiene que el PIB es ya una medida poco precisa de bienestar y de la actividad de mercado. Se requiere, en cambio, una medida que vaya más allá de la producción anual y que considere a la riqueza de una manera inclusiva al contemplar capital producido, social, humano y natural. El mismo Kuznets, creador del PIB, sostenía que se debía tener cuidado respecto a equiparar el crecimiento económico con la riqueza o el bienestar social (Costanza et al., 2009). En breve, el PIB indica si una economía crece de un año a otro, mientras que la contabilidad de la riqueza indica si el crecimiento es sostenible (WAVES, 2013). Es importante reconocer que el PIB no está inherentemente mal, más bien es utilizado como un indicador de algo que nunca intentó medir (Costanza et al., 2009).

1.2 Distinción entre flujos y acervos

Los economistas utilizan dos tipos de mediciones para medir las variables económicas: los flujos y acervos. (Mankiw, 2012). El flujo es una magnitud en un periodo de tiempo, mientras que el acervo es una magnitud en un instante. Los flujos y las variaciones de los acervos están íntimamente relacionados (Sistema de Cuentas Nacionales, 2008). El cambio del acervo es un flujo (De Gregorio, 2007). Por ejemplo, el cambio en la riqueza de un periodo a otro es un flujo y la cantidad total de riqueza en un momento determinado es un acervo. La relevancia

de estos conceptos se debe a que la finalidad del Sistema de Cuentas Nacionales es registrar los flujos y el cambio en los acervos económicos (Sistema de Cuentas Nacionales, 2008).

Los flujos físicos se dividen en cuatro tipos según el Sistema de Cuentas Nacionales (2008):

- a) Productos: bienes y servicios que resultan del proceso de producción en una economía.
- b) Insumos naturales: insumos físicos que son movidos desde su ubicación ambiental como resultado del proceso de producción económico.
- c) Servicios ambientales: el aire, agua, tierra y servicios que proporcionan los ecosistemas
- d) Residuos: flujos de sólidos, líquidos, gaseosos y energía que son descargados por establecimientos, hogares, procesos de producción o acumulación.

Los flujos observables son transacciones que ocurren entre dos agentes, pueden ser monetarios o no monetarios. Los flujos monetarios son las transacciones que ocurren entre dos agentes como la compra de un bien o el pago de impuestos. Los flujos no monetarios son los que no pueden valorarse directamente como los servicios ambientales. La importancia de los flujos monetarios y no monetarios depende del tipo de economía y de los objetivos planteados por el sistema contable (Sistema de Cuentas Nacionales, 2008): por ejemplo, en las economías desarrolladas la cantidad de flujos no monetarios es menor en términos relativos que en las economías no desarrolladas (Sistema de Cuentas Nacionales, 2008). Hay otro tipo de flujos en los que únicamente interviene un agente, como la producción destinada al autoconsumo, la formación de capital por cuenta propia o la destrucción provocada por catástrofes naturales (Sistema de Cuentas Nacionales, 2008).

Ejemplos de flujos y acervos:

- La deuda del gobierno es un acervo, el presupuesto del gobierno es un flujo (Mankiw, 2012).
- El PIB es un flujo, mientras que el capital manufacturado y natural son acervos.
- El número de desempleados en un momento determinado es un acervo y el número de gente que está perdiendo su trabajo es un flujo (Mankiw, 2012).

Las variaciones, en los flujos afectan el nivel del acervo mismo. Por ejemplo, un bosque es un acervo mientras que la deforestación es un flujo, y los servicios que aporta el bosque también son un flujo. En el momento en que se talan los árboles del bosque, el acervo disminuye y el flujo de servicios que puede aportar el bosque en el presente y futuro se verá disminuido.

1.3 Definición convencional

Las oficinas estadísticas nacionales clasifican actualmente la riqueza en su contabilidad de acuerdo al Sistema de Cuentas Nacionales (2008) de la ONU, que proporciona un marco estadístico homogéneo para las cuentas macroeconómicas para ser utilizado por tomadores de decisiones en el análisis y evaluación del desempeño de una economía. El SCN usa los balances para presentar de forma integrada las cuentas macroeconómicas. El balance es un estado contable de un momento determinado que contiene los activos y los pasivos de una unidad institucional. El SCN (2008) sostiene que los balances sirven para saber si un activo se utiliza de manera sustentable.

A partir del balance de apertura y cierre, como se muestra en la Tabla 1- 1, se obtiene la riqueza, que es el principal agregado de dicho balance (SCN, 2008). El SCN define a la riqueza como el resultado de la acumulación de ingresos obtenidos en periodos anteriores.

En dichos balances la riqueza es la suma de activos no financieros y de los derechos netos sobre el resto del mundo. Aunque el SCN (2008) sostiene que este balance es útil para saber si un activo se utiliza de manera sustentable, no considera las externalidades negativas de la obtención de bienes y servicios que la sociedad consume y produce.

Tabla 1-1 El balance de apertura y de cierre con variaciones en activos

ACTIVOS NO FINANCIEROS	
ACTIVOS NO FINANCIEROS PRODUCIDOS	
Activo fijos	Infraestructura, maquinaria, equipo, cultivos, propiedad intelectual (software)
Inventarios	Bienes y servicios
Objetos valiosos	Metales preciosos, piedras, joyerías y trabajos de arte
ACTIVOS NO FINANCIEROS NO PRODUCIDOS	
Recursos naturales	Tierra, recursos hídricos, bosques no cultivados, depósitos de minerales que tienen un valor económico
Contratos, arrendamientos y licencias	Contratos de renta, permisos para usar recursos naturales, contratos de deportistas, contratos de exclusividad
Fondos de comercio y activos de comercialización	Marcas comerciales, logotipos y nombres de dominios
ACTIVOS FINANCIEROS/PASIVOS	
Oro monetario y DEG	Monedas, lingotes, barras y DEG (reservas internacionales de activos)
Dinero legal y depósitos	Billetes y monedas que están fijas en valores nominales; pagos con cheque, tarjeta de débito/crédito
Títulos de deuda	Certificados de depósito, pagarés de empresas, hipotecas, préstamos de tarjetas de crédito
Préstamos	Sobregiros, préstamos a plazos, alquiler-venta de crédito y préstamos para financiar créditos comerciales
Participaciones de capital y participaciones en fondos de inversión	Acciones, acciones certificadas de depósito, acciones que cotizan
Sistemas de seguros, de pensiones y garantías estandarizadas	

Fuente: tomado del Sistema de Cuentas Nacionales 2008 y elaboración propia

1.4 Relación entre el PIB y riqueza en la economía ecológica

El crecimiento económico ha sido uno de los objetivos de los hacedores de política debido a que refleja tradicionalmente el éxito del mercado (Cobb & Daly, 1989). Con variaciones agregadas del PIB se puede juzgar el éxito o fracaso de la política económica llevado a cabo por los gobiernos (Sistema de Cuentas Nacionales, 2008). Sin embargo existen discusiones sobre si el crecimiento económico refleja el bienestar social. Por un lado, Nordhaus y Tobin

en 1972 se plantean si el crecimiento económico era obsoleto; por otro, Meadows *et al.* (1972) se preguntan si existen restricciones biofísicas al crecimiento, y Daly (1989) concluye que el PIB no es una medida de bienestar ni de ingreso sino más bien de la actividad económica, de hecho lo considera como un ejemplo de la falacia de la concreción injustificada¹ pues mide sólo algunos aspectos del bienestar y se le da un tratamiento como índice de bienestar nacional.

Nordhaus y Tobin (1972) sostienen que, a pesar de sus imperfecciones, el crecimiento no es obsoleto, razón por la que desde la década de 1960 ha sido un objetivo de política de los gobiernos. Una imperfección clara es que el indicador que mide el crecimiento económico es un índice de producción y no de consumo, que debería ser el objetivo de la actividad económica (Nordhaus y Tobin, 1972). Para estimar la pertinencia del PIB Nordhaus y Tobin, (1972) proponen una medida llamada MEW (Measure of Economic Welfare), que no considera los gastos por servicio de policía, servicios de saneamiento, mantenimiento de calles y de defensa nacional. Los autores concluyen que el MEW y el PIB están correlacionados en el periodo comprendido entre 1929 a 1965, por lo que el indicador tradicional de crecimiento no es obsoleto.

El crecimiento económico, según Nordhaus y Tobin (1972), presenta distorsiones como la distribución del ingreso y daños irreversibles al ambiente, a pesar de esto los autores no lo reconocen como anticuado en 1972. Los autores consideran que no existe motivo para

¹ Alfred North Whitehead es el autor de “la falacia de la concreción injustificada”. Ésta surge porque las ciencias, al organizar el conocimiento con alto nivel de abstracción para realizar modelos y obtener conclusiones de éstos que aplican a la realidad, olvidan el grado de abstracción involucrado. Georgescu-Roegen (1971) sostiene “no hay duda de que el pecado de la economía convencional es la falacia de la concreción injustificada”. Esto ocurre porque los economistas pretenden que su ciencia sea similar a la física, lo cual implica formulación de modelos e hipótesis aplicados a la realidad y puesto que realizan abstracciones para la formulación de estos obtienen en ocasiones conclusiones no justificadas (Cobb & Daly, 1989).

interrumpir el crecimiento, aunque si es conveniente otorgar incentivos económicos apropiados para conservar los recursos naturales, y que se incluyan los servicios que proporcionan en las cuentas nacionales, con el fin de que se considere la disminución de sus capacidades para producir servicios en el futuro. Nordhaus y Tobin (1972) sostienen que los precios de los recursos naturales deben crecer en proporción a la escasez.

Meadows *et al* (1972) se preguntan si existen restricciones biofísicas al crecimiento y sostienen que éste no puede mantenerse a lo largo del tiempo por cuestiones biofísicas. Los autores se refieren a los límites que presentan los ecosistemas para proporcionar los insumos que requiere la economía y absorber los residuos de las actividades de producción y consumo. Los ecosistemas que se encuentran en el planeta tienen una dimensión finita, y ésta no es expandible; de ahí que el crecimiento visto como aumento de la producción no es infinito y presenta límites.

Daly (2007) sostiene que los límites al crecimiento pueden verse desde la perspectiva de los demógrafos. Ésta indica que existen dos poblaciones: los seres humanos y los artefactos usados para consumo de los primeros. Dichas poblaciones deben permanecer en un estado estacionario, es decir, que su tasa de reproducción esté en equilibrio con la capacidad que tienen los ecosistemas para dar insumos a aquellas y recibir los desechos que se generan por las mismas. A este proceso en el que la sociedad y los animales obtienen insumos de la naturaleza y luego utilizan ésta misma para arrojar sus desechos Daly (2007) lo llama flujo metabólico o “throughput”.² Cuando las poblaciones obtienen más insumos de los que la naturaleza puede proporcionar, o sea, que no se respeten las tasas de regeneración

² El término “throughput” lo emplea Daly (2005) para referirse a los insumos que la economía obtiene de la naturaleza y los que se desechan (combinación de insumos y producto). Este es un símil al flujo metabólico de los animales cuando obtienen comida del ambiente y luego lo desechan al mismo. La traducción del término es transumo.

de los insumos obtenidos de ésta; y las poblaciones desechen más de lo que los ecosistemas pueden absorber, entonces el flujo metabólico y las poblaciones se vuelven insustentables.

El crecimiento presenta límites de acuerdo con Daly (2005). Por tanto, además de saber la escala óptima de la economía y de todo aquello que perjudica o detiene los flujos metabólicos de los ecosistemas, se requiere conocer cuánto cuestan los daños a los ecosistemas debido a las afectaciones hechas a los flujos metabólicos. El costo de oportunidad de la afectación de los flujos metabólicos debido a la mayor demanda de requerimientos de la población, debe considerar los ecosistemas sacrificados y los servicios que brindan (Daly, 2007). Según Daly (2007), el reto de los límites al crecimiento es expresarlo en términos económicos e incorporarlo en la toma de decisiones. De acuerdo con Daly (2005), al no incluirse los obstáculos del crecimiento en la toma de decisiones, el crecimiento se vuelve insustentable en el corto plazo e imposible en el largo plazo.

El objetivo de la política de crecimiento debe ser que haya una relación óptima entre la escala de la economía y los ciclos de los ecosistemas. De hecho, el concepto de óptimo es fundamental en economía pero no es frecuente usarlo a nivel macroeconómico para medir las interacciones entre los ecosistemas y la economía (Daly, 2005). A nivel microeconómico es común que una empresa deje de producir cuando el costo marginal se iguala al beneficio marginal, lo mismo debería ocurrir con la economía global y lo que se obtiene de los ecosistemas. El crecimiento no debe ir más allá del punto en que se sacrifican los ecosistemas, pues el mundo queda más vacío de capital natural (Daly, 2005).

En el pasado, la convención contable veía a los recursos naturales como inagotables, por eso cambia el término a capital natural dado que en la actualidad se reconoce que éste aporta bienes y servicios a la sociedad (Martínez y Roca, 2012). Sin embargo, no se le da el mismo

tratamiento al capital natural y al capital fabricado, puesto que al capital fabricado si se le aplica amortización y al capital natural no. De hecho Daly (1989), Nordhaus y Tobin (1972) critican a la teoría económica clásica por simplificar al capital natural en los modelos y suponer que el capital manufacturero es sustituto del capital natural. Daly (1989) argumenta que si fuera posible sustituir capital manufacturado por capital natural, como argumenta la teoría económica neoclásica, entonces debería compensarse el agotamiento del capital natural con la acumulación de una cuantía equivalente de capital manufacturado.

Por ejemplo, si un país obtiene una porción de su PIB de un recurso natural no renovable, como el petróleo, el ingreso que se obtiene de este recurso es temporal, pues éste se acabará cuando no haya más del recurso y podrá no estar siguiendo la definición de Ingreso Hicksiano (Hicks, 1976), la cual indica que: “el ingreso debe ser una cantidad tal que se pueda consumir sin empobrecerse”. En una situación así se contabiliza lo que se obtiene del capital natural como ingreso pero en realidad el acervo se está agotando y dicho ingreso no se mantendrá a lo largo del tiempo si no se invierte en otro tipo de capital. Este podría ser el caso de México en el que los ingresos que obtiene por petróleo se destinan al gasto corriente y no a la creación de capital manufacturero o natural.

Al precio de bienes y servicios obtenidos de recursos naturales renovables también se le puede aplicar la definición de ingreso Hicksiano (1976), es decir, debe ser un precio que considere las externalidades negativas de la obtención de éstos, pues si las funciones del ecosistema se ven afectadas, éste no continuara proporcionando un flujo de ingreso constante. Por ejemplo, un bosque del que se obtiene madera: si se deforesta en exceso el bosque ya no cumplirá apropiadamente con otras funciones que ofrece y que no tienen precio como la

absorción de carbono, diversidad biológica o filtración del agua ni mantendrá el flujo de ingreso debido a la obtención de madera.

Lo anterior se ilustra con el caso de una economía en desarrollo que obtiene, por ejemplo, el 8% de su PIB de exportaciones de madera (Martínez y Roca, 2012). Se supone que 3% de esa suma se basa en explotación sustentable y 5% en deforestación. Así que 5% del PIB se ha sobrestimado pues están acabando con los bosques. Aparentemente la cifra no es significativa pero si la economía ese año creció en 2%, entonces sí es preocupante la pérdida de los recursos forestales ya que no se está considerando la pérdida de estos y se cree que la economía en cuestión creció cuando en realidad no ocurrió así. Este ejemplo muestra la necesidad de que se realice un ajuste a la depreciación para cubrir el consumo de los recursos naturales agotados como resultado de la producción.

En suma, el PIB, el indicador para medir el progreso económico (Mankiw, 2012), de acuerdo con Herman Daly (1989), Martínez Alier (2012), Robert Costanza (2009), Roca Jusman (2012), presenta limitaciones al no considerar costos sociales, impactos ambientales y desigualdad del ingreso:

- Como se sabe el PIB está compuesto por la suma de consumo, gasto de gobierno, inversión, exportaciones e importaciones. Imaginamos el caso de una economía en el que en un momento dado la inversión es más grande que el consumo (Cobb & Daly, 1989), esto no quiere necesariamente decir que el indicador refleja el bienestar de la sociedad en ese periodo. Por tanto, será necesario comparar los componentes del PIB, en particular consumo e inversión, de varios años y analizar si la mayor inversión en comparación con el consumo repercute en el consumo de los años posteriores.

- Según Cobb y Daly (1989), el PIB per cápita puede ser un indicador inapropiado de bienestar. Por ejemplo, un PIB per cápita igual de dos economías diferentes puede ser resultado de jornadas laborales distintas. En la economía A la jornada laboral es de más horas que en la economía B, en la cual la población dedica menos horas a la jornada laboral. En una situación así, la población de la economía B tendrá una mejor calidad de vida que la población de la economía A, porque la primera tiene más tiempo para dedicar a la recreación o cualquier otra actividad.
- Además, el PIB falla en no incluir servicios o productos no remunerados (Cobb & Daly, 1989). Por ejemplo en una economía con un amplio sector campesino, en el que los agricultores consumen lo que producen, no se toma en cuenta la producción de esos cultivos en el PIB. Este podría ser el caso de economías poco desarrolladas que cuentan con un considerable sector agrícola y gran parte dedica su producción al autoconsumo.
- Las actividades domésticas que las mujeres realizan en el hogar son un ejemplo de las actividades no remuneradas que no se incluyen en el PIB (Cobb & Daly, 1989). Las amas de casa llevan a cabo actividades que hacen la vida más sencilla a los integrantes de la familia. En el caso de la economía mexicana no se nota que las actividades que hacen las amas de casa tienen un valor porque se supone que la ama de casa debe hacer actividades correspondientes al hogar sin esperar dinero a cambio. Si los integrantes de la familia se independizaran tendrían que pagarle a alguien por los servicios que recibían gratuitamente en su hogar núcleo.
- Los gastos defensivos de acuerdo con Daly (1989) no deberían incluirse en el PIB. Estos gastos son resultado de las consecuencias indeseadas de las actividades

económicas. Por ejemplo los gastos que hacen las familias para insonorizar su casa derivado de que viven cerca de un aeropuerto. El gasto para eliminar las manchas de petróleo que fueron consecuencia de las actividades relacionadas con su obtención es otro ejemplo de un gasto defensivo. Los gastos para curar el asma infantil también se consideran como gastos defensivos pues son gastos que se realizan porque el aire está contaminado debido los gases liberados por empresas y carros, dichos gases dañan el aparato respiratorio de los infantes o adultos.

2 Teoría económica de la contabilidad ambiental

2.1 El capital natural en el concepto de riqueza inclusiva

El capital natural se puede definir como el acervo de ecosistemas naturales que proveen un flujo de servicios a la economía. El Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2012) usa la definición de riqueza de Dasgupta (2010) para definirla como el valor social de los activos de economía: capital manufacturado, capital humano, capital natural, conocimiento, población, instituciones, y tiempo. Para Dasgupta (2010) la riqueza inclusiva, como él la llama, debe medirse con precios sombra, que son una medida de lo que aporta al bienestar una unidad adicional de capital manteniéndose todo lo demás constante. Al estar formulados en un entorno dinámico, estos precios consideran lo que costarán los bienes y servicios a las generaciones futuras si el acervo de riqueza disminuye en el tiempo. Así que son el vínculo entre el bienestar de las generaciones futuras y los acervos de capital (Dasgupta, 2013).

Actualmente el System of Environmental-Economic Accounting (SEEA) es el encargado por la ONU de clasificar, ordenar y homogeneizar la contabilidad ambiental. El SEEA da un tratamiento a los recursos naturales similar al de los activos no financieros y derechos sobre el resto del mundo que se encuentra en el SCN en el sentido de que se incluyen en los balances cuando una unidad institucional tenga derechos efectivos sobre ellos y obtenga un beneficio económico (2008). Así que el SEEA asigna valor a los recursos naturales que se intercambian en el mercado pero no incorpora a los servicios ambientales, los cuales no son intercambiados directamente en el mercado.

La Tabla 2-1 indica el tratamiento a los activos ambientales dado en el SEEA. La cobertura de los activos ambientales únicamente incluye los que se utilizan en la actividad económica, como tierras y terrenos, recursos hídricos, bosques no cultivados y los yacimientos minerales. Los animales salvajes, aves, peces o servicios que proporcionan ecosistemas y sobre los que ninguna unidad institucional ejerce propiedad y que no tienen valor en el mercado quedan fuera de la Tabla 2-1. La crítica a la Tabla 2-1 es desde la perspectiva de los precios sombra pues la obtención de bienes y servicios de la naturaleza no está considerando las externalidades negativas ni a las generaciones futuras. La Tabla 2-1 no es útil para indicar si el acervo de riqueza se está manteniendo y si las generaciones futuras podrán recibir los mismos beneficios que las actuales.

Tabla 2-1 Balance de apertura de los activos ambientales

ADICIONES EN EL ACERVO	
	Crecimiento del acervo
	Descubrimientos del nuevo acervo
	Reevaluaciones
	Reclasificaciones
	Adición total al acervo
REDUCCIONES EN EL ACERVO	
	Extracciones
	Pérdida normal del acervo
	Pérdidas catastróficas
	Devaluaciones
	Reclasificaciones
	Disminución total en el acervo
REVALORACIÓN DEL ACERVO*	
BALANCE DE CIERRE DE LOS ACTIVOS AMBIENTALES	

Fuente: tomado de SEEA 2012. * Solamente es aplicable a la cuenta de activos en términos monetarios.

2.2 *Servicios ambientales*

Los ecosistemas según PNUMA (2014) son un conjunto dinámico de plantas, animales, comunidades de microorganismos y componentes abióticos que interactúan entre sí como una unidad funcional. El rango de beneficios que proveen los ecosistemas a la sociedad se les denomina servicios ecosistémicos (Daily, 1997). Sin embargo, dichas actividades no son usualmente capturadas por el mercado (WAVES, 2013). Un ejemplo son los bosques: en el PIB se incluye la madera que se obtiene de ellos pero no se considera el carbono que absorben y forma parte del bienestar humano. El capital natural es esencial porque brinda cuatro funciones en las que se sustenta la vida, según el Millennium Ecosystem Assessment (MEA, 2003), dichas funciones se encuentran explicadas en la Tabla 2-2 así como los subservicios que proporcionan los ecosistemas. Lo que se sugiere en esta tesis es que se asigne un valor a los servicios que brindan los ecosistemas y se incorpore en la contabilidad ambiental para mejorar su conservación.

Tabla 2-2 Funciones del capital natural

<i>Funciones de regulación</i>	Son funciones relacionadas con la capacidad de los ecosistemas naturales para regular los procesos ecológicos esenciales y los ciclos biogeoquímicos que sustentan la vida	<ol style="list-style-type: none"> 1. Regulación de clima 2. Regulación de gas 3. Regulación de agua 4. Suministro de agua 5. Regulación de nutrientes
<i>Funciones de hábitat</i>	Los ecosistemas naturales proveen refugio y reproducción de hábitat a las plantas y animales, por lo tanto contribuyen a la conservación de la diversidad biológica, genética y procesos evolucionarios.	<ol style="list-style-type: none"> 6. Función de refugio 7. Función de vivero

<i>Funciones de provisión</i>	La fotosíntesis y la absorción de nutrientes por autótrofos convierten la energía, dióxido de carbono, agua y nutrientes en una amplia variedad de estructuras de carbohidratos que luego son utilizados por productores secundarios para crear más biomasa. Estas estructuras de carbono proveen algunos bienes eco sistémicos para el consumo humano como alimentos y materias primas, así como recursos energéticos y material genético	8. Comida 9. Materias primas 10. Recursos genéticos 11. Recursos medicinales 12. Recursos ornamentales
<i>Funciones culturales</i>	Función de referencia y contribuyen al mantenimiento de la salud humana mediante la provisión de oportunidades de reflexión, enriquecimiento espiritual, desarrollo cognitivo, recreación y experiencia estética	13. Información estética 14. Recreación 15. Información cultural y artística

Fuente: elaboración propia con información De Groot et al. (2002).

2.3 Un índice de desarrollo sostenible con precios sombra

Weitzman en 1976 escribe un documento sobre la importancia del bienestar en el producto nacional en una economía dinámica. El autor sostiene que el valor actual del PNN verde pronostica la anualidad equivalente de las posibilidades de consumo futuro a la tasa de interés prevaleciente en el mercado. En este apartado se utilizan las aportaciones de Weitzman (1976) con fines didácticos a pesar de las críticas de Dasgupta y Maler (1999), las cuales arguyen que el PNN no debe ser utilizado en comparaciones intertemporales de bienestar sino en la evaluación las políticas económicas. El objetivo en este apartado únicamente es facilitar la comprensión e inclusión de los precios sombra en problemas de optimización dinámica. Dicha optimización dinámica puede ser apropiada para reconocer el valor de los servicios que proporcionan los ecosistemas.

En el modelo de Weitzman (1976) se supone sólo un bien de consumo, calculado como un índice ponderado por los precios o como múltiplo de una canasta fija de bienes. El consumo como un número permite prestar más atención en este que en la inversión, pues la

actividad económica tiene como fin último el consumo y no la formación de capital (Weitzman, 1976). Se considera como capital: equipo, infraestructura, recursos naturales, actividades de aprendizaje e investigación.

La notación del modelo es como sigue:

- Existen N bienes de capital
- El acervo de capitales $1 \leq i \leq n$ en el tiempo t es denotado por $k_i(t)$.
- El flujo de inversiones, $\dot{k}_i(t) = I$, en el que la variación del capital es igual a la inversión. El flujo de inversión del capital será negativa si la tasa de extracción excede la tasa de reposición.
- El conjunto de posibilidades de producción y consumo de acuerdo al capital en el momento t se expresa como $S(K(t))$. El par de consumo-inversión se puede producir en el momento t , si y solo si: $2-1 \quad (C, I) \in S(K(t))$
- P_i Representa el precio de la inversión del bien i en relación al precio de una unidad del bien de consumo. La función del producto interno neto puede ser definida como:

$$2-2 \quad Y(K, p) \equiv \max (C + pI)$$

$$2-3 \quad (C(t), \dot{K}(t)) \in S(K(t))$$

- K_0 es la dotación inicial de capital disponible en el momento $t = 0$
- Se supone que la tasa de interés es fija igual a r

Una trayectoria $\{C^*(t), K^*(t)\}$ con una tasa de retorno r es posible donde existe un conjunto de precios de inversión $\{p(t)\}$ tales que

$$2-4 \quad Y(K^*(t), p(t)) = C^*(t) + p(t)\dot{k}(t)$$

$$2-5 \quad \frac{\partial Y}{\partial K} = rp_i(t) - \dot{p}(t) \quad i = 1, \dots, n$$

La ecuación 2-4 establece que lo que se produce en una economía maximiza el ingreso. La condición 2-5 es la condición intertemporal de eficiencia en un mercado de capital con previsión perfecta. Las ecuaciones 2-4 y 2-5 son necesarias para encontrar la solución de un problema de control óptimo. La ecuación 2.4 incluye un precio sombra del capital, el cual debiera incrementar considerando la tasa de descuento. Lo ideal sería que el precio sombra crezca de acuerdo a la escasez futura del bien, es decir, que se consideren el precio futuro en el que se incurriría porque el bien se está agotando. La misma solución se obtiene si se resuelve el siguiente problema de control óptimo:

$$2-6 \quad \text{maximizar } \int_0^{\infty} C(t)e^{-rt} dt$$

$$2-7 \quad \text{sujeto a } (C(t), \dot{K}(t)) \in S(K(t))$$

$$2-8 \quad K(0) = K_0$$

Se plantea el Hamiltoniano:

$$2-9 \quad H = C + \lambda I$$

Condiciones del máximo

$$2-10 \quad \dot{H}(C) = 0$$

$$2-11 \quad -\dot{H}(K) = \dot{\lambda} - r\lambda$$

El hecho de que se cumpla la ecuación 2-11, quiere decir que la 2-10 está maximizando por lo que es equivalente a la 2-4. Mientras que la 2-11 es igual a la 2-5.

En otras palabras, lo que se ha llamado PNN es el Hamiltoniano para un problema general de optimización, con la forma de las ecuaciones 2-6 y 2-11.

Al agregar a la contabilidad ambiental los servicios ecosistémicos que provee el capital natural y los residuos que este recibe de las actividades económicas se está contemplando heredar a las generaciones futuras una base productiva igual o mayor a la que una sociedad recibió.

2.4 El papel de los precios sombra

Los precios sombra son importantes porque consideran los bienes y males que genera la obtención de un bien o servicio de un activo, de ahí que deban ser incluidos en la toma de decisiones (Dasgupta, 2013). En el caso de las técnicas de optimización dinámica el precio sombra es la variable de coestado de los acervos de capital, es decir, se asocian a la trayectoria del acervo de capital. En el problema previo, los precios sombra están denotados por $P_i(t)$ para el i -ésimo acervo de capital, $k_i(t)$. En el óptimo, las variables de coestado, es decir, los precios sombra, tienen una dinámica que depende de que el activo natural sea renovable o no. En el caso de un activo natural no renovable el precio sombra debe ser crecer en la misma proporción que la tasa de descuento elegida para el recurso. En el caso de un activo renovable el precio sombra debería ser de acuerdo a las externalidades negativas que genera la obtención de un bien (Dasgupta, 2013). Los precios sombra traducen el acervo físico en las unidades del indicador de referencia en la función objetivo. En este caso es el PINE en economías que optimizan dinámicamente.

Considerando que los ecosistemas son capital natural, los precios sombra sirven para establecer la trayectoria de uso y cumplir con el objetivo del desarrollo sustentable planteado por el gobierno e instituciones multilaterales.

Los precios son útiles porque miden el valor real de los bienes y servicios en mercados imperfectos, es decir, en los que hay muchas externalidades negativas cuando el bien se produce y consume (Dasgupta, 2013). Lo apropiado es que cuando se toma un bien o servicio de un ecosistema no se vean afectados otros aspectos del ecosistema, algún individuo de la sociedad o la base productiva (recursos naturales y ambiente) de las generaciones futuras. Por lo general cuando se obtiene un bien o servicio de un ecosistema otros aspectos se ven

perjudicados y debido a las imperfecciones del mercado no se toma en cuenta el valor del servicio del ecosistema o al individuo que se daña. De ahí la importancia que las funciones del capital natural se consideren en conjunto y no aisladas, además del uso apropiado de los precios sombra.

3 Contabilidad ambiental en México

3.1 Antecedentes

El surgimiento de la contabilidad ambiental tiene su origen en el concepto de desarrollo sostenible, establecido en el Informe de Brundtland en 1987.³ En dicho informe se define al desarrollo sostenible como “el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de las generaciones futuras” (WCED, 1987). Este concepto tiene 3 dimensiones: económica, ecológica y social, lo cual implica, según la ONU (2002), que las cuentas nacionales, además de reflejar el consumo de capital manufacturado, deben reflejar el uso del capital natural. A partir del Informe Brundtland y de las convenciones internacionales⁴ sobre la protección del ambiente, gobiernos e instituciones internacionales han sumado esfuerzos por integrar las cuentas económicas y ambientales. De acuerdo con la ONU (2002), el desarrollo de la contabilidad ambiental se debe también al incremento de los problemas ambientales y las repercusiones que tienen en la sociedad y desempeño de la economía.

México no ha sido la excepción y ha elaborado sus propias estadísticas ambientales. En 1994 surge el Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas de México (SCEEM) que es una cuenta satélite y por tanto usa la Metodología del Sistema de Cuentas Nacionales de México como marco de referencia. En este marco se añaden recomendaciones establecidas del Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica (System of Environmental-Economic

³ Sobre el futuro del planeta y la relación entre medio ambiente y desarrollo

⁴ Conferencia de la Tierra y Desarrollo en 1992: grupo formado por iniciativa de la Comisión de Estadística de la ONU y está agrupado por más de 20 organizaciones internacionales. Grupo Londres 1994: expertos en cuentas nacionales y estadísticos ambientales de 14 países miembro de la OCDE y cinco organizaciones internacionales. Grupo Nairobi 1995: fundado por iniciativa del PNUMA, formado por tres organizaciones; EUROSTAT, BM y Centro de Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (CNUAH).

Accounting, SEEA). El SCEEM surge con el objetivo de medir el desarrollo sustentable y para ello fue necesario incluir los recursos naturales en la contabilidad. El SCEEM es resultado del estudio “Integrated Environmental and Economic Accounting. A Case of Study for Mexico” publicado por Banco Mundial en diciembre de 1991 en colaboración con la Oficina de Estadística de la Organización de las Naciones Unidas y el INEGI.

El objetivo del SCEEM, de acuerdo con Foladori y Rivera (2006), es generar estadísticas e indicadores que describan el estado y los cambios de los recursos naturales para que éstos puedan ser evaluados monetariamente y sean incorporados en la contabilidad nacional. El SCEEM se apoya del sistema de clasificación industrial de América del Norte para identificar las actividades económicas que perjudican al ambiente. La cobertura del SCEEM aborda los siguiente temas: 1) hidrocarburos; 2) recursos forestales y cambios en el uso de suelo, 3) recursos hídricos (agua subterránea); 4) contaminación del agua; 5) contaminación del suelo; 6) contaminación del aire. A partir de información obtenida por el SCEEM para su cobertura se obtiene el indicador más importante, el Producto Interno Neto Ecológico (PINE).

3.2 Marco conceptual y metodológico que utiliza el SCEEM

El PINE se estima a partir del PIB y PIN (Producto Interno Neto) por el método de la producción y de los componentes del gasto

. Por tanto, antes de explicar la estimación del PINE y sus componentes es necesario explicar cómo se calcula el PIB. Dicho indicador está conformado por variables macroeconómicas: P = producción bruta total, M = importaciones

CI = consumo intermedio, C = consumo final, I = formación bruta de capital o inversión, X = exportaciones. Las variables macroeconómicas están representas en la siguiente identidad.

$$3-1 \quad P+M = CI + C + I + X$$

Dicha identidad indica que el valor total de la producción interna más importaciones es igual a la oferta de bienes y servicios, demanda intermedia, consumo final, inversión y exportaciones. Al despejar las importaciones del lado izquierdo de la ecuación, queda la ecuación 3- 2. El PIB es entonces la diferencia entre la producción y el consumo intermedio de bienes y servicios utilizados para la transformación de los productos.

$$3-2 \quad PIB = P - CI$$

Si se despeja P de la 3-1, se sustituye en la 3-2, y se obtiene 3- 3, en la que ha desaparecido la variable de consumo intermedio.

$$3-3 \quad PIB = C + I + (X-M)$$

La identidad 3-3, PIB, es la suma de consumo final de bienes y servicios más la inversión de capital y la diferencia de exportaciones e importaciones. A partir del PIB se obtiene el PIN, el cual es resultado de restar el desgaste de los bienes de capital del primero. El balance de los activos económicos, que es restado al PIB para obtener el PIN, se expresa a través de la identidad 3- 4.

$$3-4 \quad K_{ept+1} = K_{ept} + I_t - \delta K_{ept} + R_{kept}$$

Los componentes de la identidad 3-4 son K_{ept+1} = acervo de capital al final del periodo t, K_{ept} = acervo de capital al inicio del periodo t, I_t = inversión bruta de capital del periodo t, δK_{ept} = tasa de depreciación, R_{kept} = revaluación de los activos económicos producidos.

A partir de la I_t = inversión bruta de capital del periodo t y la δK_{ept} = tasa de depreciación se obtiene la inversión neta la cual representa el cambio en el acervo de capital y es igual a la inversión bruta menos la depreciación.

$$3-5 \quad In_t = I_t - \delta K_{ept}$$

La identidad 3-5 es útil para la comprensión de la δK_{ept} al ser esta variable utilizada en la obtención del PIN. El PIN es entonces la identidad 3-6, es decir, el PIB menos la depreciación. A este indicador se realizan modificaciones para obtener el PINE.

$$3-6 \quad PIN = PIB - \delta K_{ept}$$

El sistema de contabilidad económica realiza una expansión de la frontera de activos con el fin de incorporar el agotamiento de los recursos naturales y deterioro del ambiente en el marco contable. Al realizar la expansión es posible vincularlos con la variable K_t , por tanto la nueva identidad queda como 3-7. Dado que a los recursos naturales y al medio ambiente se les asigna la categoría de activos, también se les debe asignar un valor monetario y estimarse el costo por agotamiento y degradación, para que formen parte de los flujos monetarios y se calcule el PINE.

Activos económicos producidos K_{ep} : son los bienes de capital que sirven para conseguir otros bienes y servicios.

Activos económicos no producidos K_{enp} : son los que no se originan del proceso productivo pero se emplean en la producción.

Activos ambientales no producidos K_{anp} : son los activos naturales que se ven perjudicados. Además no se puede establecer propiedad sobre ellos como aire, océano y suelo.

$$3-7 \quad K_t = K_{ept} + K_{enpt} + K_{anpt}$$

La identidad 3-8 representa un K_t ampliado al incluir los recursos naturales y ambiente, por tanto debe hacer un nuevo balance de activos que incluye los activos económicos no producidos que se obtienen mediante el mismo método con el que se obtienen los activos económicos producidos. Es necesario que se puedan cuantificar los activos no producidos para que se integren los balances. El nuevo balance total de activos producidos y no producidos que como la identidad 3-8

$$3-8 \quad K_{t+1} = K_t + (I_t - \delta K_{ept}) - (AGK_{enpt} + AGK_{anpt} + DG_{Kanpt}) + (\Delta I_{Kenpt} + \Delta I_{Kanpt}) + (R_{Kept} + R_{Kenpt} + R_{Kanpt})$$

K_{t+1} = Total de activos al final del periodo t

K_t = Total de Activos al inicio del periodo t

AGK_{enpt} = Agotamiento de los activos económicos no producidos

AGK_{anpt} = Agotamiento de los activos ambientales no producidos

DG_{Kanpt} = Degradación de los activos ambientales no producidos

ΔI_{Kenpt} = Cambios en los activos económicos no producidos

ΔI_{Kanpt} = Cambios en los activos ambientales no producidos

R_{Kept} = Revaluación de los activos económicos producidos

R_{Kenpt} = Revaluación de los activos económicos no producidos

R_{Kanpt} = Revaluación de los activos ambientales no producidos

El nuevo balance, que incluye los activos no producidos, requiere que éstos se valoren de acuerdo a las características del recurso natural o ambiente. Los métodos empleados para asignar un valor a los activos no producidos económicos y ambientales son: método de la renta neta, método de costo de uso, precio de mercado sustituto, costo de mantenimiento y precio neto.

Método de la renta neta: Se le asigna un precio a la producción física obtenida sobre la base de la diferencia entre el valor de la producción y los costos totales, se incluyen los costos de la mano de obra y un margen normal de beneficio.

Método del costo de uso: Se le asigna un precio a las unidades físicas obtenidas sobre lo que corresponde a la renta neta, la porción que en caso de reinvertirse podría genera un flujo de ingreso constante igual a la pérdida de la capacidad de generación de ingreso por causa del agotamiento.

Precios de mercado sustitutos (precios sombra): El valor total de la producción es igual a los costos de oportunidad de los insumos.

Costo de mantenimiento: Este método considera los costos en que se incide si se quiere evitar el deterioro o restaurar el recurso, tomando en cuenta los estándares de calidad.

Precio neto: No se consideran las pérdidas futuras (actualizadas) de ingresos netos derivadas del agotamiento de los recursos.

3.3 *Estimación y componentes del PINE*

El PINE se obtiene análogamente a como se obtiene el PIB; por el método de la producción y por el método del gasto. Por el método de la producción se toma el PIN, se le restan los costos por agotamiento de los recursos naturales y degradación ambiental. El PINE entonces queda: $PINE = PIN - (Cag + Cdg)$

Cag= costos por agotamiento de los recursos naturales

Cdg= Costos por degradación del medio ambiente

Los costos por agotamiento según INEGI (2014) son los cálculos monetarios que expresan el desgaste o pérdida de los recursos naturales (equivalentes a una depreciación), como consecuencia de su utilización en el proceso productivo. Los costos por degradación de acuerdo con INEGI (2014) son las estimaciones monetarias requeridas para restaurar el deterioro del ambiente ocasionado por las actividades. Por ejemplo, el costo ambiental del aire se refiere al monto en pesos requerido para evitar o disminuir su contaminación.

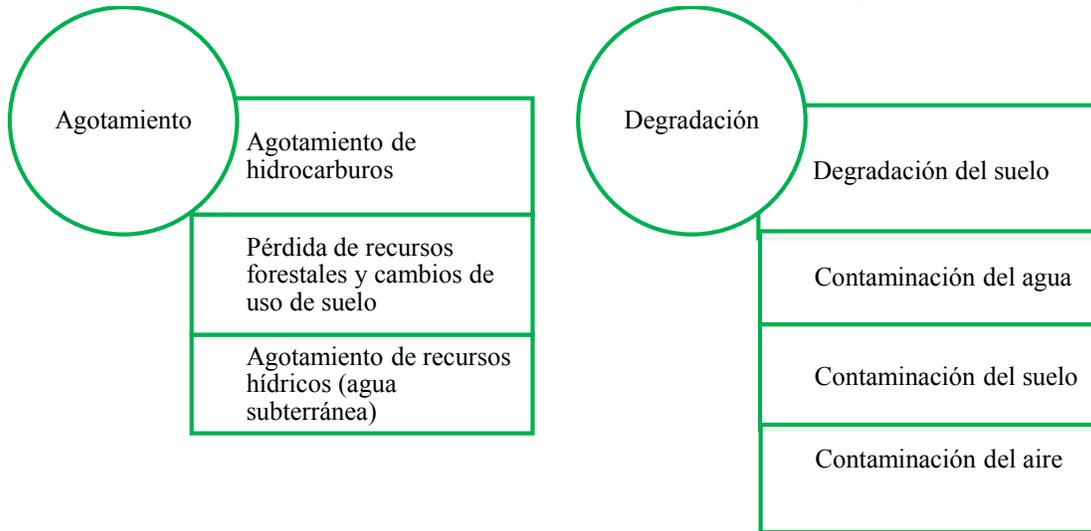
El PINE obtenido por el método del gasto se consigue considerando la acumulación neta de los activos económicos producidos y no producidos así como los relacionados a los activos ambientales. (INEGI, 2014).

$$PINE = C + (A_{Ket} + A_{Kanpt}) + (X - M)$$

El SCEEM clasifica el agotamiento y degradación de recursos naturales de acuerdo a cambios cuantitativos y cualitativos. Los que están clasificados en el rubro de agotamiento se refieren a los recursos naturales en los que se pueden identificar cambios cuantitativos por lo que se estiman las existencias y los flujos para luego determinar el agotamiento de los recursos a través de balances físicos anuales. Los temas clasificados en degradación del

ambiente se registran como flujos y miden cambios cualitativos de la naturaleza. Por lo que su tratamiento consiste en estimar los flujos que perjudican al ambiente derivado de las actividades económicas (INEGI, 2014).

Figura 1 Clasificación del agotamiento de degradación de los recursos naturales y ambiente



Los costos por agotamiento de los yacimientos de hidrocarburos se estiman con el método de la renta neta, por el lado de los activos se toma en cuenta la producción y los nuevos hallazgos así como la reducción de los activos ambientales (INEGI, 2014).

En el caso de los recursos forestales y usos del suelo, la contabilidad ambiental incluye: la tala de bosques maderables, la disminución de áreas forestales por destinarse a otros usos económicos y la pérdida de cubierta vegetal derivada del cambio en el suelo, dicha cubierta pasa a ser un activo económico no producido. Para los recursos forestales se usa el “costo de reposición”, en el que se estiman los recursos y calcula el agotamiento de los valores monetarios (INEGI, 2014).

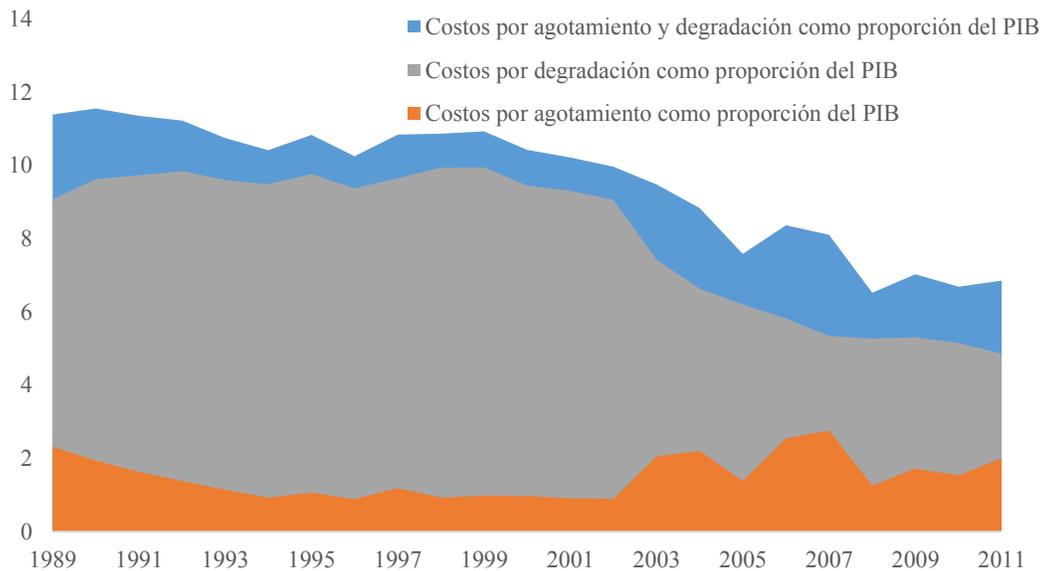
La degradación del suelo, contaminación del agua y aire se calcula con el método de costo de mantenimiento. El análisis se enfoca en calcular los costos en que se incurren para

evitar y/o restablecer sus condiciones originales. Los costos por contaminación de agua, aire y suelo se estiman tomando en cuenta las erogaciones que deben hacerse para reducir o eliminar la contaminación, según los estándares de calidad establecidos (INEGI, 2014).

3.4 Series temporales de agotamiento y degradación del capital natural en México

En este apartado se presentan gráficas de los costos por agotamiento de los recursos naturales y costos por degradación del ambiente, se presentan los totales y por cada rubro de la cobertura de INEGI. El objetivo de este apartado es ver la tendencia que han tenidos los costos por agotamiento de los recursos naturales y los costos por degradación del ambiente. Los datos se presentan desde 1989 a 2011.

Gráfica 3-1 Costos por agotamiento y degradación como proporción del PIB (Precios constantes de 2003)



Fuente: elaboración propia con datos obtenidos del SCEEM 1992, 1997, 2003, 2007, 2011.

Los costos por agotamiento y degradación como proporción del PIB han disminuido. En 1989 eran de 11.4% y para 2011 eran de 6.7%. Los costos por agotamiento del petróleo, en el periodo de 1988 a 2011 tuvieron un crecimiento promedio de 15.3% anual. En 1997 mostró un crecimiento de 33.9% y en 2011 de 47.3%. El crecimiento promedio de la extracción de agotamiento de petróleo en el mismo periodo fue de 0.4%. El precio sombra implícito está calculado como la división entre el precio del agotamiento y los millones de barriles extraídos al año no muestra un ritmo de crecimiento, lo cual indica que no se está valorando apropiadamente de acuerdo con la regla de Hotelling, al ser este un recurso no renovable. La tendencia del costo por agotamiento del petróleo y su precio sombra implícito se puede ver en la gráfica A1 y A3 del anexo.

Los costos por agotamiento del agua subterránea muestran una tendencia de 1988 a 2003 de cuatro mil millones (pesos constantes de 2003) y luego en 2004 suben abruptamente, es el crecimiento más notorio de la gráfica, el cambio estructural se debe a que INEGI realiza cambio de base. De 2004 a 2008 las variaciones en los costos son de 2% a 4%. De 2008 a 2009 de -37% y de 2009 a 2011 los costos muestran un descenso. Esta tendencia de los costos por agotamiento del agua subterránea es contradictoria con la situación del agua en México, pues hay una crisis hídrica y no se está reconociendo en la contabilidad ambiental. La tendencia de los costos por agotamiento del agua y su precio sombra implícito se puede ver en la gráfica A6 y A8.

En el anexo se presentan cuatro gráficas adicionales A9, A10, A11 y A12 de costos por degradación y erosión del suelo, esto se debe a que el SCEEM de 1988 a 2002 le denomina erosión del suelo y está expresado en toneladas, de 2003 a 2011 lo llama degradación y está en hectáreas. De 1988 a 1992 los costos por erosión del suelo muestran

un tendencia a la baja, de pronto bajan mucho en 1992. En ambas series los costos por degradación de suelo y erosión no son directamente proporcionales a las unidades degradadas y erosionadas en todo el periodo.

Los costos por agotamiento de los recursos forestales de 1988 a 1998 muestran una tendencia a la baja (gráfica A2): de 1999 a 2008 se extraen entre 25 mil y 35 mil metros cúbicos, por lo tanto los costos por agotamiento son variados en dicho periodo. El precio sombra de la tala en cambio muestra una tendencia a la baja (gráfica A4), lo cual está indicando que los costos por agotamiento de la tala no está siendo calculados apropiadamente pues deberían mostrar un incremento al igual que los precios sombra de los mismos, y esto sin considerar los otros servicios ecosistémicos que pierde el bosque cuando se talan los árboles. El costo por agotamiento de transferencia de suelo a actividades económicas muestra una tendencia a la baja durante todo el periodo y el precio sombra y el precio sombra también, lo cual puede verse en las gráficas A14.

Los costos por contaminación de residuos sólidos en el periodo analizado muestran una tendencia a la alza, sin crecimientos muy notables y el precio sombra de los mismos a la baja, esto indica que como en el caso de los análisis previos no se está calculando apropiadamente la contaminación ni las externalidades que esta genera. Ver gráficas A13 y A15 en los anexos.

Los precios sombra implícitos de los acervos que INEGI estima se calcularon dividiendo el monto económico agregado por el volumen físico reportado. Esto indica que la contabilidad ambiental no está considerando en sus estimaciones otros servicios que pueden proveer los activos de capital natural. Al degradar el ambiente o agotar un recurso natural disminuye la calidad de otros servicios que proveen.

4 Incorporación de los servicios ambientales en la contabilidad ambiental

4.1 Transición de acervos a ecosistemas

Aunque los ecosistemas son un conjunto de organismos bióticos y abióticos que interactúan entre sí y debieran ser valorados de la misma forma no ocurre así. El sistema de contabilidad ambiental mexicano le da un tratamiento impropio a algunos recursos naturales, por ejemplo, el costo que asigna al agotamiento de los recursos forestales. En este caso únicamente se asigna un valor a lo que cuesta la madera y no a los servicios perdidos cuando se talan inmoderadamente (la absorción de carbono, la filtración del agua o la regulación del clima); esto sin considerar la pérdida de ingresos o bienestar futuro que aporta el bosque como acervo. El bosque es un acervo pero debe ser valorado en función de los servicios que aporta a la sociedad actual y a las generaciones futuras.

La inapropiada división de los rubros de la contabilidad ambiental en México se puede observar cuando se realiza una estimación de los precios sombra implícitos de cada rubro (ver en anexo Gráfica A3, A4, A7, A8, A11, A11, A15). Lo correcto sería que la serie precios sombra implícitos de cada rubro, incrementara en una proporción constante que reconozca la escasez del bien y el valor en que la sociedad incurrirá debido a la ausencia o escasez de estos en el futuro. Por ejemplo si en el futuro los bosques no son capaces de absorber y filtrar el agua de lluvia debido a que se ha talado inmoderadamente, las empresas y sociedad incurrirán en el gasto de un desaladora para obtener agua. El hecho de que los servicios que proveen los ecosistemas no sean considerados en el intercambio en el mercado, no significa que no tengan un valor o no deban ser tomados en cuenta en las decisiones económicas.

4 Incorporación de los servicios ambientales en la contabilidad ambiental

La idea de que debe asignarse un valor a los ecosistemas y sus procesos ecológicos, ha tomado importancia en el mundo de hecho existen varias iniciativas que tienen como objetivo estimar el valor de los ecosistemas y que sea incorporado en la toma de decisiones. Un motivo común de las iniciativas es proveer información acerca de los cambios en los ecosistemas para que estos sean vinculados con la economía y actividad humana. Todas las iniciativas reconocen que los ecosistemas deban ser valorados con el fin de promover su conservación y que los servicios que proveen en el futuro no se vean disminuidos.

- El SEEA Experimental Ecosystem Accounting surge como solución al reconocimiento de la importancia de incluir a los ecosistemas en la contabilidad ambiental. Mediante la medición de los ecosistemas esta iniciativa ofrece una perspectiva para que los ecosistemas sean conceptualizados como una forma de “capital”. Surge a partir de que en la revisión del SEEA 2003 no hubo acuerdos sobre la contabilidad de ecosistemas y su degradación.
- El WAVES (Wealth Accounting and the Valuation Ecosystem Services) lanzada en la Convención de Diversidad Biológica en 2010 es otra iniciativa que pretende que se incorporen los servicios ambientales en la planificación del desarrollo y las cuentas económicas.
- TEEB (The Economics of Ecosystem Biodiversity) es una iniciativa que tiene como objetivo prestar atención a los beneficios económicos de la biodiversidad y la degradación de ecosistemas.
- ENRAP (Environmental and Natural Resources Accounting Project) es una iniciativa en Filipinas que pretende mejorar el sistema de contabilidad económica nacional de tal manera que refleje mejor las interacciones entre el ambiente y la economía. Las valoraciones de esta iniciativa están enfocadas en las interacciones en términos de los servicios de depósito de basura que ofrecen el aire y el agua a la sociedad, también a la depreciación de bosques, pesquerías, oro y cobre.

4 Incorporación de los servicios ambientales en la contabilidad ambiental

Dichas iniciativas pretenden asignar valor a los diferentes servicios que proporciona un ecosistema para que el capital natural sea tomado en cuenta en las decisiones. La Tabla 4-1, es un cuadro comparativo de las iniciativas de contabilidad de ecosistemas.

La valoración de los ecosistemas es compleja por las interrelaciones que ocurren en la naturaleza. Según SEEA-EEA (2012), también por las consideraciones éticas y culturales de las sociedades. A pesar de las dificultades el SEEA Experimental Ecosystem Accounting (2012) sostiene que los objetivos de la contabilidad de ecosistemas son:

- a) Ordenar la información del ambiente desde una perspectiva espacial y que está haya vínculos entre los ecosistemas, economía y actividades humanas.
- b) Las conexiones entre la información del SEEA Central Framework y el Experimental Ecosystem Accounting deben ser posibles, es decir, que valoración de ambos proyectos sea pueda integrar.
- c) La medición de ecosistemas debería encontrarse en un marco estadístico
- d) Los métodos de valoración deben ser claros.

Tabla 4-1 Comparación de iniciativas de los servicios ambientales en el mundo

	ENRAP	SEEA CF	SEEA EEA	WAVES
Objetivo	Herramienta de política	Medir interacción entre ambiente y la economía para evaluar la sustentabilidad del desempeño económico.	Describir el estado de conocimiento de la contabilidad para ecosistemas. Ordenar la información desde perspectiva espacial	Desarrollar una metodología de contabilidad de ecosistemas y construir consenso.
Marco	Usa el marco general de equilibrio neoclásico para medir el bienestar	Extensión del SNA	Extensión del SNA Y SEEA CF	SEEA
Método de valoración	*Técnicas de imputación *WTP *Estimación de costos por eliminación residuos	*Precio del enfoque neto *Enfoque Serafy *Enfoque de valor presente	Delineación con sistemas de información geográfica. Costos por agotamiento	Múltiples métodos
Unidades de medida	Precios	Unidades físicas. Precios.	*Términos físicos (Unidades básicas espaciales, unidades funcionales de los ecosistemas, unidades contables de ecosistemas). *Términos monetarios	Unidades físicas Precios
Fortaleza/Debilidad (+ / -)	(+) Reconoce al ambiente como sector productivo. (-) Pocos ejemplos	(+)Es un marco estándar (-)No mide servicios ambientales	(+)Busca incluir servicios ambientales en las SNA. (-)Modo prueba	(+)Inclusión de servicios ambientales (-)Están en recopilación de proyectos

Fuente: elaboración propia con base (Peskin y de los Ángeles, 2001), (SEEA EEA, 2013), (WAVES, 2013)

4.2 Metodología

Para probar la hipótesis planteada que orienta este trabajo, la cual consiste en asumir que la contabilidad ambiental en México tiene un enfoque impreciso porque los costos por agotamiento y degradación del capital natural debieran ser mayores cuando se contabilizan bajo el enfoque ecosistémico, que agrega el costo de la pérdida del flujo de servicios que ofrecen los ecosistemas, se debe asignar un valor a los servicios ecosistémicos. Lo pertinente es contar con estudios originales para México, sin embargo no se cuentan con valoraciones de todos los servicios que aportan los ecosistemas. Puesto que esta tesis tiene como objetivo resaltar la importancia de valorar los servicios ecosistémicos, se asigna un valor anual por hectárea a los servicios que proporcionan el bosque templado, manglar, matorral pastizal, la selva húmeda y selva seca. Se utiliza la metodología de transferencia de beneficios por la falta de estudios específicos para México.

La metodología de transferencia de valor o transferencia de beneficios consiste en tomar estudios previos, por ejemplo, un estudio de la valoración de absorción de carbono de la selva húmeda de Brasil, que posteriormente se aplica a la selva húmeda de México. Este método es recurrente para una valoración comprehensiva de los servicios ecosistémicos que se enfrente con limitaciones de estudios específicos y por falta de presupuesto. El método es una herramienta común para tomadores de decisiones de diversos países (Costanza, et al., 2014).

Las valoraciones de los estudios se encuentran en dólares corrientes de distintos años, por tanto es necesario multiplicarlas por el tipo de cambio nominal, para obtener el valor del estudio en pesos corrientes. Una vez que se tienen dichas valoraciones en precios corrientes,

4 Incorporación de los servicios ambientales en la contabilidad ambiental

es necesario deflactarlas a precios constantes de 2003.⁵ Después de haber convertido cada uno de los estudios elegidos a pesos constantes de 2003 se aplica la metodología de transferencia de beneficios para asignar un valor a los ecosistemas de México. El valor total de cada ecosistema es resultado de haber sumado estudios de los servicios que ofrece cada ecosistema. Se obtuvo un valor mínimo y un valor máximo para cada ecosistema. El valor mínimo de un ecosistema corresponde a una recopilación de estudios de países con nivel de ingreso medio-bajo o bajo y el valor máximo corresponde a estudios de países con nivel de ingreso medio-alto y alto.

Después de haber obtenido un valor mínimo y un máximo para cada ecosistema, cada valor se multiplica por las hectáreas perdidas del mismo. Las hectáreas perdidas se obtienen de las Cartas de Uso del Suelo y Vegetación de INEGI (serie III que corresponde a 2002 y la serie V que corresponde a 2012). Estas Cartas están clasificadas en coberturas vegetales por lo que es necesario agruparlas en ecosistemas. Ver Tabla A8 y A9 en anexos en la cual aparecen las coberturas vegetales agrupadas en ecosistemas. La agrupación de coberturas vegetales se realiza para simplificar y facilitar las valoraciones de los ecosistemas.

Dado que se tienen únicamente dos series de Cartas de Uso del Suelo y Vegetación, después de haber agrupado las coberturas vegetales en ecosistemas es necesario aplicar una tasa de crecimiento promedio anual a cada ecosistema. La tasa medida de crecimiento anual que se obtiene se multiplica por las hectáreas del ecosistema del año 2002 correspondiente a la serie III y se divide por 100. El dato que se obtiene se suma a las hectáreas que se tienen del ecosistema en 2002, y se obtiene un segundo dato que corresponde a las hectáreas de

⁵ Se optó por convertir los estudios a precios constantes de 2003 porque las estimaciones que INEGI tiene para los costos por agotamiento y degradación son hasta 2011, pero con metodología de 2003.

2003, y el procedimiento se repite hasta el 2012. Luego debe hacerse un promedio a los datos que son resultado de multiplicar la tasa media de crecimiento anual por las hectáreas de cada año. El promedio obtenido corresponde a las hectáreas que se pierden anualmente del ecosistema. Este procedimiento debe repetirse para cada ecosistema. El número que corresponde a las hectáreas perdidas es el que debe multiplicarse por el valor del ecosistema.

Este ejercicio simula un precio sombra en el que se consideran todos o algunos servicios que proporciona un ecosistema. El objetivo de este ejercicio es ofrecer una estimación aproximada de los servicios brindados por los ecosistemas de México que se han perdido en los últimos diez años.

4.3 Descripción de base de datos

Para el cálculo de los flujos de los servicios ambientales que ofrecen los ecosistemas en México se usó la base TEEB (2007). Dicha base contiene 1,310 estudios de valoraciones monetarias de los servicios que ofrecen los ecosistemas al bienestar humano. Los estudios de la base TEEB 2007 están clasificados en 6 niveles de ingreso. Los métodos de valoración contemplados son:

1. costo evitado,
2. transferencia de beneficios,
3. modelos de elección,
4. valoración contingente,
5. precio directo de mercado,
6. ingreso de los factores,
7. valoración de grupo,
8. precios hedónicos,

4 Incorporación de los servicios ambientales en la contabilidad ambiental

9. costo de reemplazo,
10. valoración económica total.

Las valoraciones de los estudios se encuentran en dólares corrientes de distintos años, por tanto es necesario convertirlas en pesos corrientes y luego deflactarlas a precios constantes de 2003 para que las valoraciones se sumen entre ellas y sean comparables.

La base TEEB (2007) cuenta con 26 estudios de valoración para México, 16 de bosque templado, 9 de bosque tropical y 1 de manglar de costa. Dichos estudios valoran los siguientes subservicios: refugio, regulación de agua, bioprospección, absorción de carbono, purificación de agua, protección de biodiversidad, turismo y materias primas. Dado que la base TEEB no cuenta con estudios de los subservicios que ofrecen todos los ecosistemas en México, se usa el método de transferencia de beneficios y la misma base. Además la base TEEB no cuenta con estudios de valoración para el matorral, así que se usó un estudio de Batker *et al.* (2014). El bosque nublado no se valoró porque no hay un ecosistema con características similares en la base TEEB (2007). La descripción de los ecosistemas es como sigue:

El **bosque nublado**, de acuerdo con CONABIO (2014), también se denomina bosque mesófilo de montaña, bosque de niebla, bosque de neblina, bosque húmedo de montaña, nubiselva, selva nublada. En este ecosistema comúnmente se siembra café. Los servicios de provisión que brindan son productos forestales, alimentos, medicinas, leña, maderas, fibras naturales y remedios medicinales. Los servicios de regulación que proveen son: captura de agua y de carbono, conservación de la biodiversidad y del suelo, filtración de contaminantes del aire, suelo y agua, regulación del clima, mantenimiento de ciclos minerales de gases y

4 Incorporación de los servicios ambientales en la contabilidad ambiental

agua. Los servicios de soporte: conservación de acervos genéticos y belleza paisajística (Sáenz, 20014; UNEP, 2014; Williams-Linera, 2007

El **bosque templado**, según CONABIO (2014), también se le llama bosques de coníferas, bosques de pino, bosques de abeto u oyamel, bosques de ayarín, bosques de cedro y táscate, bosques de encino y bosques mixtos de pino y encino. Este tipo de bosque proporcionan servicios de provisión como: comida, medicinas y madera. Los servicios de regulación que proveen son: retención del agua de lluvia, captura de carbono, facilitan la infiltración de agua al subsuelo y con esto se recargan los mantos acuíferos por lo que purifican el agua (CHGE HARVARD, 2014). Los bosques templados se ven dañados por los usos inapropiados de la industria maderera, obtención del ocote, pastoreo extensivo, incendios forestales, cambio de uso de suelo para ganadería, cacería de subsistencia, tráfico ilegal de fauna (CONABIO, 2014).

El **manglar**, en México predominan cuatro especies de mangle *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa*, *Avicennia germinans* y *Conocarpus erectus*. Los manglares sostienen gran parte de la producción pesquera y la leña que se obtiene de estos se usa como combustible. Los servicios de regulación que proveen son control de inundaciones, sirven como barreras contra huracanes, intrusión salina, control de erosión, protección de costas, mejoran la calidad del agua al funcionar como filtro biológico, mantenimiento de procesos de sedimentación y sirven de refugio para flora y fauna. Además de que son lugares recreativos y turísticos (UNEP-WCMC, 2006) (CONABIO, 2014). En México los manglares han sido afectados por la tala que se ha llevado a cabo para actividades agrícolas, ganaderas, acuícolas y turísticas.

4 Incorporación de los servicios ambientales en la contabilidad ambiental

De acuerdo a CONABIO, 2004 en México existen los siguientes tipos de **matorrales**: Matorral desértico micrófilo, Matorral desértico rosetófilo, Matorral sarcocaula, Vegetación halófila, Matorral espinoso tamaulipeco, Mezquital, Matorral submontano, Matorral sarco-crasicaule, Vegetación de desiertos arenosos de desiertos arenosos, Matorral crasicaule, Matorral subtropical, Matorral sarco-crasicaule de neblina, Matorral rosetófilo costero, Vegetación gipsófila. Los servicios ambientales que brindan los matorrales son regulación de nutrientes, polinización, control biológico, hábitat, refugio y criadero de especies endémicas, producción de alimentos, combustibles, textiles, medicina y plantas ornamentales. Proporcionan actividades culturales y científicas. El pastoreo sin control es una de las principales causas de deterioro así como los desmontes para agricultura y ganadería. La extracción de especies maderables y explotación descontrolada de plantas como insumos industriales destruyen los matorrales.

Al **pastizal** se le conoce en otros lugares como pampa, sabana (en regiones calientes y húmedas) o praderas de acuerdo con CONABIO, 2014. Existen otros pastizales de distribución restringida como el páramo de altura, pastizales, y pastizales salinos (halófilos). Servicios ambientales: los pastizales son fuentes de alimentos, fibras y combustibles, contribuyen a la regulación del clima, la polinización, la purificación y recarga de acuíferos, el control de especies invasoras y la captura de carbono. Tienen valor cultural, espiritual y recreativo. Sin embargo la mayoría de los pastizales se utilizan para la cría de ganado bovino y equino.

La **selva húmeda** de acuerdo con CONABIO (2014) también se llama selva alta perennifolia o bosque tropical perennifolio. A veces se incluye la selva baja perennifolia como parte de estos ecosistemas. Las selvas húmedas proveen maderas preciosas, leña y

4 Incorporación de los servicios ambientales en la contabilidad ambiental

plantas exóticas. Al igual que otros ecosistemas aportan servicios como ciclo de nutrientes y agua, retención y formación de suelos, hábitat de biodiversidad, regulación del clima, erosión, mantenimiento de la biodiversidad, regulación de polinizadores, plagas y vectores de enfermedades. Los principales impactos en las selvas húmedas son el cambio de uso de suelo para a utilizarse en agricultura o ganadería. El cambio climático y la extracción de flora y fauna perjudican también las selvas húmedas.

La **selva seca** también conocidas como selva baja caducifolia, bosque tropical deciduo, selva baja decidua, selvas subhúmedas, aludiendo a sus características. Las selvas secas tienen baja productividad maderera sin embargo proveen de madera, leña y productos no maderables así como áreas de pastoreo extensivo para las poblaciones humanas. Los servicios ambientales que proporciona son captura de carbono, conservación de suelos, de biodiversidad y de riberas también regulación de clima y mantenimiento de los ciclos minerales. En estos ecosistemas se cultiva maíz, frijol, calabaza. La infraestructura del turismo ha contribuido a la pérdida de las selvas secas.

En la Ilustración 1 y la Ilustración 2 se pueden ver gráficamente las coberturas primas y en la Tabla 4.2 se comprueba la pérdida de hectáreas para coberturas primarias en el periodo. La selva seca fue el ecosistema que más hectáreas perdió durante el periodo comprendido entre 2002 y 2012 con 146055.1 km², el bosque templado perdió 116817.7km² y el matorral 90186.69 km². En cambio la zona urbana mostró un crecimiento de 90186.69km².

La selva húmeda es el ecosistema que muestra la mayor pérdida de cobertura en valores relativos en el periodo 2002 y 2012, la tasa de crecimiento medial anual es de -13.3%. La selva seca también presentó una disminución en su cobertura, la tasa crecimiento fue de -

4 Incorporación de los servicios ambientales en la contabilidad ambiental

11.4%. El bosque nublado es otro ecosistema que perdió cobertura, con una tasa anual de crecimiento de -7.8%.

Tabla 4-2 Cobertura vegetal en hectáreas

<i>Vegetación</i>	<i>Serie III-2002</i>	<i>Serie V-2012</i>	<i>Pérdida durante el periodo</i>	<i>Incremento o pérdida de hectáreas por año</i>
	Ha ²	Ha ²	Ha ²	Ha ²
<i>Agricultura</i>	31,078,277.7	32,596,791.1	-1,518,513.4	169,175.2
<i>Áreas sin vegetación</i>	811,585.7	1,009,188.4	-197,602.6	22,233.6
<i>Bosques nublados</i>	1,768,601.0	847,799.7	920802.1	-98,731.3
<i>Bosques templados</i>	32,489,648.4	20,807,873.9	11,681,774.5	-1,268,688.6
<i>Cuerpos de agua</i>	1,903,082.7	2,455,397.7	--552314.9	62,282.7
<i>Dunas costeras</i>	203,320.4	151,017.0	52,303.3	-5,721.2
<i>Manglar</i>	1,069,440.4	849,174.2	220,266.2	-24,175.0
<i>Matorral</i>	62,774,277.4	53,755,608.2	9018669.2	-993,710.0
<i>Pastizal</i>	28,411,347.3	27,195,969.1	1215378.1	-134,717.0
<i>Selvas húmedas</i>	11,233,614.3	3,113,957.5	8119656.7	-853,338.4
<i>Selvas secas</i>	22,064,456.0	7,458,943.9	14,605,512.7	-1,545,231.4
<i>Zona urbana</i>	568,890.1	1,844,972.1	-1276082.1	139,431.0
<i>Vegetación secundaria</i>		42,250,791.1		

Fuente: elaboración propia con datos de la Serie III y Serie V cartas de uso de suelo y vegetación INEGI

4 Incorporación de los servicios ambientales en la contabilidad ambiental

Ilustración 1 Vegetación y uso de suelo de México, 2002



Fuente: INEGI, Carta de Uso del Suelo y Vegetación de México, serie III

Ilustración 2 Vegetación y uso de suelo de México, 2012



Fuente: INEGI, Carta de Uso del Suelo y Vegetación de México, serie V

4.4 Resultados

El valor por hectárea anual del flujo de servicios que aporta cada uno de los ecosistemas elegidos para esta tesis, es resultado de sumar valoraciones de estudios de servicios específicos. En la Tabla 4-4 aparece un valor mínimo y un valor máximo para cada ecosistema. El valor total de cada ecosistema es un símil de precios sombra debido a que se asigna un valor a los servicios que ofrecen el ecosistema. Se emplea este concepto porque es usado comúnmente en el análisis de la riqueza para evaluar los servicios de los ecosistemas y activos (EEA, 2012). La diferencia entre el valor mínimo y máximo entre ecosistema por hectárea se debe al número de estudios considerados para la valoración total de los ecosistemas. El total de estudios de cada ecosistema se puede ver en la Tabla 4-5 y en la Tabla 4-3 se muestra una valoración de las cuatro categorías servicios ambientales principales.

En la tabla A3 se puede observar que el valor mínimo para bosque templado es de \$14,922 y \$83,136 valor máximo. Los servicios de provisión tienen el mismo valor mínimo y máximo de \$7700 (ver Tabla 4-3), en los servicios de regulación el valor mínimo es de \$4,367 y el valor máximo de \$10,851 (Tabla 4-3). La diferencia del valor mínimo y máximo del total del ecosistema ocurre con los servicios de biodiversidad, pues para el valor máximo se tiene una valoración de \$61,981 y para el mínimo de \$2,805. La diferencia de valoración en los servicios se debe al nivel de ingreso del país. Por ejemplo en el caso de biodiversidad en el estudio con valor mínimo se toma un estudio de China y en el estudio de valor máximo se toma un estudio de Estados Unidos. Para ver más detalles de la valoración de los servicios que ofrece el bosque templado en México, anexo A3.

4 Incorporación de los servicios ambientales en la contabilidad ambiental

Tabla 4-3 Valoración de categorías principales de los servicios ecosistémicos en México

	Bosque templado		Manglar		Matorral		Pastizal		Selva húmeda		Selva seca	
	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo
Servicios de provisión	7700	7700	61944	56884			14339	14339	1362	1362	40030	19440
Servicios de regulación	4367	10851	17016	32906	1432	3538	5525	5525	10356	10356	20610	9893
Servicios de biodiversidad	2805	61981	470	93714	295	730			4851	4851	160	46008
Servicios culturales	50	2604			304	752	468	468	4364	4364	5598	5586

Pesos constantes de 2003

Fuente: elaboración propia con metodología de transferencia de beneficios, valores obtenidos de la base TEEB 2007⁶

Tabla 4-4 Valor del flujo de los servicios ecosistémicos en México, por hectárea

	Valor mínimo por hectárea	Valor máximo por hectárea
	Servicios ecosistémicos	
<i>Bosque templado</i>	\$14,922	\$83,136
<i>Selva seca</i>	\$66,398	\$80,927
<i>Selva húmeda</i>	\$20,933	\$20,933
<i>Matorral</i>	\$2,275	\$5,620
<i>Pastizal</i>	\$20,332	\$20,332
<i>Manglar</i>	\$79,430	\$183,504

Pesos constantes de 2003

Fuente: elaboración propia con metodología de transferencia de beneficios, valores obtenidos de la base TEEB 2007⁷

El valor mínimo por hectárea es resultado de sumar los estudios de los servicios con valor mínimo de cada ecosistema de la tabla 4-5 y el valor máximo de los estudios de los servicios con el valor máximo de la misma tabla o bien de sumar el valor mínimo de las categorías de

⁶ Los valores de la base TEEB 2007 se encuentran en dólares corrientes y los estudios son para diferentes años. Los valores de los estudios se convirtieron en pesos constantes de 2003. Se optó por convertirlos a precios constantes de 2003 porque el último cálculo que INEGI tiene para el PINE es con metodología de 2003.

⁷ Los valores de la base TEEB 2007 se encuentran en dólares corrientes y los estudios son para diferentes años. Los valores de los estudios se convirtieron en pesos constantes de 2003. Se optó por convertirlos a precios constantes de 2003 porque el último cálculo que INEGI tiene para el PINE es con metodología de 2003.

4 Incorporación de los servicios ambientales en la contabilidad ambiental

los 4 servicios ambientales de cada ecosistema con valor mínimo y máximo que se encuentran en la Tabla 4-3.

El valor mínimo de la selva seca es de \$66,398 y el valor máximo \$80,927. La diferencia entre el valor mínimo de la selva seca y el bosque templado se debe a la cantidad de estudios encontrados. Los servicios de provisión tienen un valor mínimo de \$40,030 y un valor máximo de 19,440 (Tabla 4-3). La incongruencia de estas valoraciones se debe a los estudios de valoración correspondientes a bioprospección, para el valor mínimo se tiene un estudio de Belice de \$24,254 y el valor máximo un estudio de Brasil con \$271, en este caso se toma el valor mínimo de acuerdo a la distinción que se hace en la base TEEB de niveles de ingreso. La valoración de los servicios de regulación de la selva seca también atraviesa por una situación similar que la de los de regulación pues para el valor mínimo es de \$20,610 y el valor máximo \$9,898 (Tabla 4-3). Para ver más detalles de la valoración de los servicios que ofrece la selva seca en México, anexo A5 y A6.

La selva húmeda tiene un mismo valor mínimo y máximo, el cual es de \$20,933, esto se debe a que no se encontraron estudios de los servicios que este ecosistema ofrece para países con nivel de ingreso alto, por lo que se toman los valores de los estudios de países con nivel de ingreso bajo. Costanza et al., 1997 y Batker et al., (2014) realizan el mismo ejercicio, en el que asignan un mismo valor mínimo y máximo a un ecosistema cuando no hay suficientes estudios. Para ver más detalles de la valoración de los servicios que ofrece la selva húmeda en México, anexo A7.

El matorral tiene un valor mínimo de \$2275 y un valor máximo de \$5620. La diferencia más grande en los valoración de los servicios que aporta el matorral es el tratamiento de agua, en el valor mínimo es de \$1045 y el máximo de \$2582. La absorción de

4 Incorporación de los servicios ambientales en la contabilidad ambiental

carbono en valor mínimo es de \$123 y el máximo de \$304. Para ver más detalles de la valoración de los servicios que ofrece el matorral en México, anexo A11.

El manglar tiene un valor mínimo de \$79,430 y un máximo de \$185,504 en este caso hay más estudios del valor de los servicios que ofrece además los valores son más altos aunque el estudio sea de un país de nivel de ingreso bajo, por ejemplo el valor mínimo de madera en Indonesia es de \$7353 y en Malasia, un país de ingreso medio alto es de \$6044. Se puede observar en los anexos A8 y A9 los valores que se asignan a los servicios que brinda el manglar.

El pastizal, al igual que la selva seca, tiene un valor mínimo y máximo equivalente, lo cual se debe a que no se encontraron suficientes estudios de valoración. El valor es de \$20,332. Para ver más detalles de la valoración de los servicios que ofrece el pastizal en México, anexo A10. La pérdida del flujo de servicios que proporcionan los ecosistemas con valores mínimos como proporción del PIB en periodo 2002 y 2012 es de 1.8%, y de 3.2% con valores máximos. Estos porcentajes son superiores a los gastos en protección al ambiente como proporción del PIB, entre 2007 y 2011 estos representaron .9% en promedio.

Se realizó un ejercicio en el que suma el agotamiento de hidrocarburos, agotamiento de agua subterránea, degradación del suelo, contaminación de suelo, contaminación del agua y la pérdida de flujo de servicios ambientales con valores mínimos el cual arrojó 4.5% como porcentaje del PIB. Un siguiente ejercicio que en lugar de valores mínimos de los servicios que proporcionan los ecosistemas se suman los valores máximos y este da 5.9% como porcentaje del PIB. En estos ejercicios se deja fuera el tratamiento que INEGI da a la pérdida de recursos forestales y cambios en el uso de suelo debido a que estos no se les deberían dar

4 Incorporación de los servicios ambientales en la contabilidad ambiental

tratamiento de activos individuales, sino de ecosistemas que proveen varios servicios ambientales.

Las limitaciones de la metodología transferencia de beneficios de acuerdo con Costanza et al (2013) son:

- 1) No todos los ecosistemas han sido valorados. Las valoraciones deben estar subestimadas.
- 2) Las externalidades negativas de la obtención de un bien o servicio de un ecosistema subestiman el valor del mismo.
- 3) Los recursos obtenidos de los servicios ecosistémicos se vuelven limitados y las posibles valoraciones subestiman las curvas de demanda relevantes.
- 4) Las estimaciones de la disponibilidad a pagar depende del conocimiento de la gente.
- 5) Los sesgos pueden estar dentro de la elección de los métodos de valoración. El uso de una gama mitiga parcialmente el problema.
- 6) El método supone homogeneidad dentro de los ecosistemas.
- 7) El análisis es estático por tanto no se considera la interdependencia dinámica.
- 8) Las valoraciones de los ecosistemas no necesariamente son las óptimas. Limitar los valores a usos óptimos.

Aunque la metodología de transferencia de beneficios presenta limitaciones se cree que las valoraciones están subestimadas por dos razones: 1) los estudios se trajeron a precios constantes de 2003 y las comparaciones que se hacen con los costos por agotamiento y degradación de los recursos naturales y 2) la biodiversidad en México es amplia lo cual debiera darle mayor valor a los ecosistemas, al ser este un servicio de hábitat o soporte

Tabla 4-5 Valoración de los servicios ecosistémicos en México

COBERTURA / SUBSERVICIO		PRODUCTOS FORESTALES SIN MADERA-ALIMENTOS	BIOPROTECCIÓN	LEÑA Y CARBÓN VEGETAL	MATERIAS PRIMAS	FORRAJE	MADERA	PESCA	ALIMENTOS	BIOQUÍMICOS	REFUGIO	ABSORCIÓN DE CARBONO	PURIFICACIÓN DE AGUA	AGUA(SIN ESPECIFICAR)	REGULACIÓN DE AGUA(SIN ESPECIFICAR)	MÉTODOS DE VALORACIÓN
BOSQUE TEMPLADO	Min	7553	146									2358	1	2008	1	TB, VC
	Max	7553	146										204	3459		
MANGLAR	Min			5775	13669		7353	11213	16621	299		7249				TB, PDM, VC CR
	Max			239				1793	16621		32187	1152				
MATORRAL	Min										13	123		1045	36	TB
	Max										31	304		2583	89	
PASTIZAL	Min	12645							1694			3925				PDM, TB, CE, VC
	Max	12645							1694			3925				
SELVA HÚMEDA	Min	284	60	465		450	101								225	PDM, FFP, TB, CE, PES
	Max	284	60	465		450	101								225	
SELVA SECA	Min	1380	24254	36	12089	910										TB, PDM, CV
	Max	885	271		2563		4714		11008			2289	5		202	

COBERTURA / SUBSERVICIO		PREVENCIÓN DE EROSIÓN	POLINIZACIÓN	CONTROL BIOLÓGICO	REGULACIÓN DEL CLIMA	FORMACIÓN DEL SUELO	PREVENCIÓN DE INUNDACIONES	PROTECCIÓN DE TORMENTA	PREVENCIÓN DE EVENTOS EXTREMOS	RECURSOS GENÉTICOS	PROTECCIÓN DE BIODIVERSIDAD	TURISMO	VALORES CULTURALES	RECREACIÓN	MÉTODOS DE VALORACIÓN
BOSQUE TEMPLADO	Min										2805	14		35	TB, VC
	Max	1047	3433	43	2562	103				172	61809	14	17	2584	
MANGLAR	Min	9440	26					327			303			168	TB, PDM, VC CR
	Max		65			12		21196	10558		93714				
MATORRAL	Min	348	26	283	84	12								304	TB
	Max	861	65	699	207	29								752	
PASTIZAL	Min	1592										10		5	PDM, TB, CE, VC
	Max	1592										10		5	
SELVA HÚMEDA	Min	10036			95						4851	4364			PDM, FFP, TB, CE, PES
	Max	10036			95						4851	4364			
SELVA SECA	Min	20334					275			84	77	1796		3802	TB, PDM, CV
	Max	2846	1387		3115		48				46008	1796		3790	

Las abreviaciones de los métodos de valoración son: TB; transferencia de beneficios, VC; valoración contingente, PDM; precio directo de mercado, CE; costo evitado, FFP; factores de la producción

Tabla 4-6 Pérdida del flujo de servicios ambientales por año

<i>Ecosistema</i>	<i>Valor mínimo en pesos</i>	<i>Valor máximo en pesos</i>
	<i>Servicios ambientales</i> <i>Miles de pesos</i>	
<i>Bosque templado</i>	18,931,400.7	105474127.1
<i>Selva seca</i>	102,599,764.0	125051498.4
<i>Selva húmeda</i>	17,863,355.0	17863355.0
<i>Matorral</i>	2,260,217.4	5584997.3
<i>Pastizal</i>	5,258,580.4	5258580.4
<i>Manglar</i>	1,920,224.2	4436216.6
<i>TOTAL</i>	148,833,541.7	263668774.8

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de base TEEB 2007, cartas de uso de suelo y vegetación Serie III y Serie V de INEGI

El valor mínimo es resultado de multiplicar los valores mínimos de los ecosistemas de la

Tabla 4-4 por la pérdida de hectáreas de la Tabla 4-2 y el cálculo de los valores máximos se

hizo de la misma manera.

Conclusiones

El capital natural es un factor esencial de la producción y del bienestar humano, de ahí la necesidad que en la actualidad se incluya en la contabilidad ambiental. Sin embargo, la valoración de los servicios que aportan los ecosistemas es compleja porque los bienes y servicios que aportan no son intercambiados en el mercado. Esta tesis tiene el objetivo de elaborar un diagnóstico del enfoque utilizado por la contabilidad ambiental para medir el agotamiento y degradación del capital natural en México. Además, se propone la aplicación del enfoque ecosistémico en el que se incorpora el valor de los servicios ambientales en dicha contabilidad. La valoración de los servicios que proporcionan los ecosistemas en México es un símil a un precio sombra.

En esta tesis se inició con las definiciones de la riqueza como acervo de los pensadores clásicos que, aunque no incluían los recursos naturales y al ambiente en su definición, tenían la idea de que la riqueza debía mantenerse e incrementar en el tiempo. El indicador asociado tradicionalmente con la riqueza es el PIB, pero falla al no descontar los costos sociales, ambientales y al incluir los gastos defensivos.

Para Dasgupta (2009) “la riqueza es el valor social del acervo de los activos de capital de una economía” por lo que ésta debe medirse en precios sombra e incluir explícitamente al capital manufacturero, humano, natural, al conocimiento y las instituciones. Se partió de los argumentos de Dasgupta y la ONU para criticar a la contabilidad ambiental en México, pues valora el capital natural en activos individuales y no en el conjunto de servicios que proporcionan los ecosistemas que se pierden cuando las coberturas de vegetación son convertidas en secundarias o en áreas agrícolas o urbanas.

Para conocer el valor de los servicios ambientales que se pierden en México se usó la base de datos TEEB 2007, que contiene un conjunto de estudios de valoraciones de servicios ambientales para ecosistemas alrededor del mundo. También se usaron las cartas de uso de suelo y vegetación para conocer las hectáreas perdidas por ecosistema en México. Se valoraron los bosques templados, selva seca, selva húmeda, manglar, pastizal y matorral. Se obtuvo un valor mínimo resultado de agregar valoraciones de estudios de países con nivel ingreso bajo y un valor máximo de países con nivel de ingreso alto, para cada ecosistema.

Después se compara el valor total del flujo de servicios de los ecosistemas contra el valor agotamiento de los recursos forestales como porcentaje del PIB. El porcentaje del agotamiento de los recursos forestales como proporción del PIB 3.3% en 2008, 2.9% en 2009, 2.7% en 2010 y 1.9% en 2011, dichos porcentajes son menores que el promedio del valor mínimo del flujo de servicios ecosistémicos que se pierden al año durante el periodo 2002-2011 como proporción del PIB es de 1.8% y el promedio de valores máximos es de 3.2%.

Al no considerar los servicios ambientales en la toma de decisiones da la impresión de que no se pierde ningún servicio cuando hay un cambio de uso de suelo. No se trata de que no haya modificaciones en el uso de suelo, sino de que se valore lo que se pierde contra los beneficios que dará el cambio al entorno natural. Un ejemplo de esto es la tala inmoderada de un bosque, del que no sólo se obtiene madera sino que también filtra el agua para consumo humano. Al talar el bosque se pierde el servicio y se pone en riesgo el bienestar de la sociedad. Este ejemplo puede aplicarse a numerosas comunidades en México.

El precio sombra mínimo de cada ecosistema por hectárea al año es: bosque templado \$14,922, selva seca \$66,398, selva húmeda \$20,933, matorral \$2,275, pastizal \$20,332 y manglar \$79,430. El precio sombra máximo del bosque templado es \$83,136, selva seca

\$80,927, selva húmeda \$20933, matorral \$5620, pastizal \$20,332 y manglar \$183, 504. El precio sombra mínimo de los servicios de provisión tienen es el mismo precio \$7700, los servicios de regulación el valor mínimo es de \$4,367 y el valor máximo de \$10,851. El precio sombra de mínimo de los servicios de provisión de la selva seca es \$40,030 y el máximo de \$19440. El precio sombra mínimo de los servicios de regulación de la selva seca es \$20,610 y el precio sombra máximo \$9,898.

El matorral tiene un valor mínimo de \$2275 y un valor máximo de \$5620. Para el caso de este ecosistema se tomaron las valoraciones del estudio llamado “Earth Economics report on the Mississippi River” de Batker et al., (2014). La diferencia más grande en los valoración de los servicios que aporta el matorral es el tratamiento de agua, en el valor mínimo es de \$1045 y el máximo de \$2582. La absorción de carbono en valor mínimo es de \$123 y el máximo de \$304. El precio sombra mínimo y máximo de la selva húmeda de los servicios de regulación es \$10,356. En el caso del manglar el precio sombra mínimo de los servicios de provisión es \$61,944 y el precio sombra máximo de los servicios de soporte es de \$93,714. La diferencia entre el precio sombra de cada ecosistema se debe al número de estudios utilizados en la valoración del ecosistema.

Las estimaciones realizadas en este trabajo no consideran todos los ecosistemas ni todos los servicios que ofrecen éstos, si ambos se consideraran aumentarían el valor del flujo de servicios ambientales que se pierden al año como proporción del PIB. El valor de los servicios que proporcionan los ecosistemas también aumentaría si se hacen estudios para la actualidad pues las valoraciones se encuentran para distintos años y solamente se trajeron a precios constantes de 2003. Si los estudios se realizaran en la actualidad los valores de los

servicios serían más alto debido a la escasez del capital natural y al reconocimiento de que tienen un valor.

Una de las limitaciones en la realización de esta tesis fue que no había valoración para todos los ecosistemas o había pocos estudios para algunos ecosistemas. Por ejemplo, el bosque nublado es un ecosistema muy importante porque captura gran parte de agua para consumo humano y sin embargo no tiene valoración. El matorral tiene una valoración subestimada pues se usa el método de transferencia de beneficios, lo cual no reconoce la biodiversidad de este ecosistema en el caso mexicano. Aunque en las valoraciones de los servicios que aportan los ecosistemas se incluye biodiversidad se sugiere que este valor está subestimado pues la biodiversidad en México es mucho mayor que en otros países para los que se tiene valores.

La relevancia de los precios sombra o el valor total del capital natural se encuentra en que, en principio, se toman en cuenta todas las funciones de los ecosistemas que se ven perjudicadas cuando un bien o servicio se obtiene de un ecosistema. Por ejemplo, una comunidad en Michoacán que tala sus árboles sin control está limitando los servicios ambientales futuros que pueden obtener del bosque, como absorción de carbono, filtración de agua, servicios de provisión o cualquier otro servicio que aporte ese ecosistema. Los servicios que aporta un ecosistema son resultado de un conjunto de funciones y una estructura determinada, si alguna parte de la estructura se daña entonces la productividad de los demás funciones ambientales que proporciona el ecosistema disminuirán.

Los precios sombra también tienen un vínculo con la pobreza en México, un razón más para que se tomen en cuenta en las decisiones. Son un vínculo con la pobreza porque las poblaciones rurales son las que se ven afectadas directamente cuando un ecosistema es

dañado. Por ejemplo si en un bosque una empresa tala inmoderadamente, la población aledaña probablemente se vea afectada por la disminución en la productividad de los servicios que brinda el ecosistema que fue deteriorado, o porque obtienen productos básicos para su supervivencia. También puede ocurrir que las personas que viven en las zonas rurales, en donde están los ecosistemas primarios, sean las que dañan el capital natural y por tanto pongan en riesgo la base productiva de las generaciones futuras.

Al incluir los precios sombra en la toma de decisiones se está tomando implícitamente el concepto de riqueza inclusiva planteado por Dasgupta y ONU, y se está asegurando la base productiva de capital natural de las generaciones futuras. Además los precios sombra de los servicios ambientales son otra perspectiva de ver a la conservación de la naturaleza. De acuerdo con Real Giménez (2014), la conservación es la preservación y uso sostenible del ambiente. Al incluir los precios sombra en la toma de decisiones también se está considerando la conservación de la naturaleza. Asignar valor a las funciones que aportan los ecosistemas es un enfoque que ayuda a mejorar los métodos de conservación del capital natural en México.

En esta tesis se propone que además de utilizar el método de transferencia de beneficios se sugiere que haya una jerarquización de ecosistemas y de los servicios que proporcionan. Algunos ecosistemas son más valiosos que otros de acuerdo a la biodiversidad que tienen. Con respecto a los servicios, estos deben ser ponderados de acuerdo a los que tienen mayores beneficios en la sociedad y que la pérdida de estos sería perjudicial en el largo plazo. Una vez realizada la jerarquización de 1 o 2 servicios que proporcionan los ecosistemas se puede asignar un valor mediante el método de transferencia de beneficios y mejorar la estimación con la opinión de expertos locales (Batker et al., 2008), o bien se puede realizar una nueva

valoración en la que no se incluyan métodos que involucren las preferencias individuales pues estos métodos dependen del nivel de ingreso de los individuos, el conocimiento de los servicios que aporta el ecosistema.

La jerarquización de ecosistemas y servicios que estos proporcionan debe ser un trabajo interdisciplinario de biólogos, ecólogos y economistas pues cada ciencia tiene un campo de acción distinto pero al funcionar en conjunto están contribuyendo al objetivo del desarrollo sustentable establecido por organismos internacionales y gobierno.

Bibliografía

- Allgoewer, E. (Noviembre de 2009). *Universitat Hamburg*. Obtenido de http://www.uni-hamburg.de/onTEAM/grafik/1108652873/09_Classical_Political_Economy.pdf
- Batker, D., Swedeen , P., Costanza, R., de la Torre, I., Boumans, R., & Bagstad, K. (15 de diciembre de 2014). *Association of state floodplain managers*. Obtenido de http://www.floods.org/ace-files/documentlibrary/committees/A_New_View_of_the_Puget_Sound_Economy.pdf
- BEA. (2000). *Bureau of Economic Analysis*. Obtenido de https://www.bea.gov/scb/account_articles/general/0100od/maintext.htm
- Casey , F., Bowden, K., Macdonald, L., & Kroeger, T. (25 de enero de 2015). *Defenders of wildlife*. Obtenido de https://www.defenders.org/publications/a_preliminary_assessment_of_the_economic_benefits_of_land_conservation_in_florida.pdf
- Cerdá, E. (2001). *Optimización Dinámica*. Madrid: Prentice Hall.
- CHGE HARVARD. (25 de octubre de 2014). *Center for Health and the Global Environment*. Obtenido de Center for Health and the Global Environment: <http://www.chgeharvard.org/topic/ecosystem-services>
- Cobb, J., & Daly, H. (1989). *For the Common Good: Redirecting the Economy Toward Community, the Environment, and a Sustainable Future*. Boston: Beacon Press.
- CONABIO. (25 de octubre de 2014). *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*. Obtenido de <http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/bosqueTemplado.html>
- CONABIO. (25 de octubre de 2014). *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*. Obtenido de <http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/bosqueNublado.html>
- CONABIO. (25 de octubre de 2014). *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*. Obtenido de <http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/manglares2013/manglares.html>
- CONABIO. (25 de octubre de 2014). *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*. Obtenido de <http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/selvaHumeda.html>
- CONABIO. (25 de octubre de 2014). *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*. Obtenido de <http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/Matorral.html>

- CONABIO. (25 de octubre de 2014). *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*. Obtenido de <http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/pastizales.html>
- CONABIO. (25 de octubre de 2014). *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*. Obtenido de <http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/selvaSeca.html>
- Corporación del Cobre*. (2014). Recuperado el 13 de mayo de 2014, de http://www.codelco.com/la-corporacion/prontus_codelco/2011-06-21/164601.html
- Costanza, R. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 8.
- Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., van der Ploeg, S., Anderson, S., Kubiszewski, I., . . . Turner, R. (2014). Changes in the global value of ecosystem services. *Elsevier*, 152-158.
- Costanza, R., Hart, M., Posner, S., & Talberth, J. (2009). Beyond GDP: The Need for New Measures of Progress. *The Pardee Papers*, 46.
- Costanza, R., Ralph, d., Rudolf, d., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., . . . Den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Energy and Environmental Sciences*, 8.
- Costanza, R., Zubiszewski, I., Giovannini, E., Lovins, H., McGlade, J., Pickett, K. E., . . . Wilkinson, R. (2014). Development: Time to leave GDP behind. *Nature*, 283.
- Daly, H. E. (2005). Economics in a full world. *Scientific American*, 107.
- Dasgupta, P. (2008). The Welfare Economic Theory of Green National Accounts. *Environmental & Resource Economics*, 37.
- Dasgupta, P. (2009). The Welfare Economic Theory of Green National Accounts. *Environmental and Resource Economics*, 38.
- Dasgupta, P. (2013). *Ministry of Statistics and Programme Implementation*. Obtenido de http://mospi.nic.in/mospi_new/upload/Green_National_Accounts_in_India_1may13pdf
- De Gregorio, J. (2007). *Macroeconomía: Teoría y Política*. Chile.
- Dickinson, E. (2011). GDP: a brief history. *Foreign Policy*.
- El Serafy, S. (1989). The Proper Calculation of Income from Depletable Natural Resources. En Y. Ahmad, S. el Serafy, & E. Lutz, *Environmental Accounting for Sustainable Development* (págs. 10-18). Washington: World Bank.
- Encyclopedia Britannica. (11 de abril de 2014). *Global Britannica*. Obtenido de <http://global.britannica.com/EBchecked/topic/120200/classical-economics>

- Georgescu-Roegen, N. (1971). *The entropy Law and the Economic Process*. Cambridge: Harvard University Press.
- Harris, D. (1987). The New Palgrave Dictionary of Economics. En S. Durlauf, & L. Blume, *The New Palgrave Dictionary of Economics*. Palgrave Macmillan. Obtenido de <http://web.stanford.edu/~dharris/papers/The%20Classical%20Theory%20of%20Economic%20Growth%20%5Bpre-print%5D.pdf>
- Hicks, J. R. (1976). *Valor y capital: investigación sobre algunos principios fundamentales de teoría económica*. Fondo de Cultura Económica.
- INEGI. (25 de octubre de 2014). *Institucio Nacional de Estadística y Geografía*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística y Geografía: http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/cn/ee/doc/SCNM_Metodologia_11.pdf
- INEGI. (25 de octubre de 2014). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística y Geografía: http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/cn/gel/doc/scnm_metodologia_05.pdf
- Jiménez, F. (2006). *Macroeconomía: enfoques y modelos*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Jiménez, F. (30 de agosto de 2010). *Ideas Repec*. Obtenido de <http://ideas.repec.org/p/pcp/pucwps/wp00288.html>
- Kroeger, T. (25 de octubre de 2014). *Convention on Biological Diversity*. Obtenido de Convention on Biological Diversity: <https://www.cbd.int/financial/values/usa-ecoflorida.pdf>
- Kuznets, S. (1966). *Modern Economic Growth*. New Heaven: Conn.
- Leipert, C. (1994). Los costos sociales del crecimiento económico. En F. Aguilera, & V. Alcántara, *De la Economía Ambiental a la Economía Ecológica* (págs. 151-170). Barcelona: Icaria.
- Lomelí, H., & Rumbos, B. (2003). *Métodos dinámicos en economía*. México: Thomson.
- Malthus, T. (1798). *Ensayo sobre el principio de la población*.
- Mankiw, N. (2012). *Macroeconomics*. Nueva York: Harvard University.
- Martínez, A., & Roca Jusmet, J. (2012). *Economía Ecológica y Política Ambiental*. Madrid: Fondo de Cultura Económica.
- Marx, K. (1867). *El Capital*. Hamburgo: Siglo XXI.
- McCulla, S., & Smith, S. (2007). *Measuring the Economy: A Primer on GDP and the National Income and Product Accounts*. Washington, DC: Bureau of Economic Analysis: US Department of Commerce.

- Meadows, D., Meadows, D., Randers, J., & Behrens III, W. (1972). *The limits to growth*. Nueva York: Universe Books.
- Mill, J. (1874). *Library Economics Liberty*. Obtenido de <http://www.econlib.org/library/Mill/mlUQP5.html#Essay V. On the Definition of Political Economy>.
- Mundial, B. (2002). *Grupo del Banco Mundial*. Recuperado el 15 de enero de 2014, de <http://www.worldbank.org/depweb/spanish/beyond/global/glossary.html>
- Nordhaus, W., & Tobin, J. (1972). Is Growth Obsolete? *The National Bureau of Economic Research*, 80.
- OCDE, Comisión Europea, Banco Mundial, & ONU. (13 de noviembre de 2014). *United Nations Statics Division*. Obtenido de UNSTATS: http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/eea_white_cover.pdf
- ONU. (30 de octubre de 2002). *Naciones Unidas Departamento de Asuntos Económicos y Sociales División de Estadística*. Obtenido de https://unstats.un.org/unsd/publication/SeriesF/SeriesF_78S.pdf
- Real Giménez, R. (10 de noviembre de 2014). *Encuentros en la biología*. Obtenido de <http://www.encuentros.uma.es/encuentros129/estrategia.pdf>
- Ricardo, D. (1809). *Critical Responses, Volume 2*.
- Richard, S. (1984). *The accounts of society*. Cambridge.
- Rivera, P., & Foladori, G. (2006). Reflexiones sobre la contabilidad ambiental en México. *Economía, Sociedad y Territorio*, 177-217.
- Sáenz, E. (25 de octubre de 2014). *Conservation International Blog*. Obtenido de Conservation International Blog: <http://blog.conservation.org/2013/04/cloud-forest-protection-critical-to-keep-tropical-dams-running/>
- Sistema de Cuentas Nacionales. (2008). *United Nations Statics Division*. Obtenido de <http://unstats.un.org/unsd/nationalaccount/docs/SNA2008Spanish.pdf>
- UNEP. (25 de octubre de 2014). *United Nations Environmental Programme*. Obtenido de United Nations Environmental Programme: <http://www.unep.org/vitalforest/Report/VFG-10-Forests-are-a-key-source-of-ecological-services.pdf>
- UNEP-WCMC. (25 de octubre de 2006).) *In the front line: shoreline*. United Kingdom: Cambridge. Obtenido de http://www.unep.org/pdf/infrontline_06.pdf
- Vaggi, G., & Groenewegen, P. (2006). *A Concise History of Economic Thought: From Mercantilism to Monetarism*. Nueva York: Palgrave Macmillan.
- Voora, V. A., & Venema, H. D. (30 de diciembre de 2008). *International Institute for Sustainable Development*. Obtenido de http://www.iisd.org/pdf/2008/natural_capital_approach.pdf

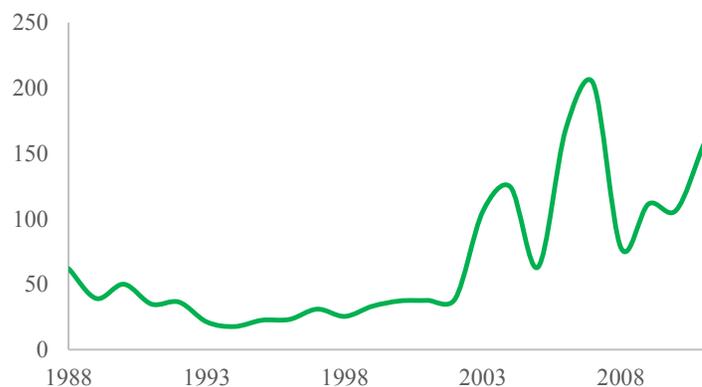
WCED. (1987). *Our Common Future (El Informe de Brundtland)*. Oxford: Oxford University Press, World Commission on Environment and Development.

Wealth Accounting and the Evaluation of Ecosystem Services. (junio de 2012). *Waves Partner Ship*. Obtenido de http://www.wavespartnership.org/sites/waves/files/images/Moving_Beyond_GDP.pdf

Williams-Linera, G. (2007). *El bosque de niebla del centro de Veracruz*. Xalapa: INECOL.

Anexo

*Gráfica A 1 Costos por agotamiento del petróleo, 1988-2011
Miles de millones de pesos de 2003*



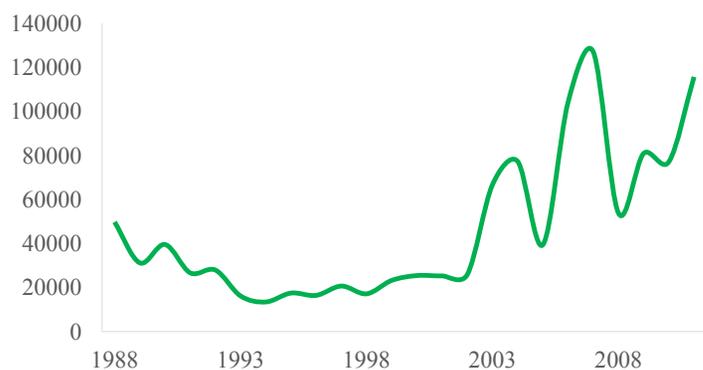
Fuente: SCEEM, Anuarios estadísticos, diversos años

*Gráfica A 2 Costo por agotamiento de utilización de madera
Miles de millones de pesos de 2003*



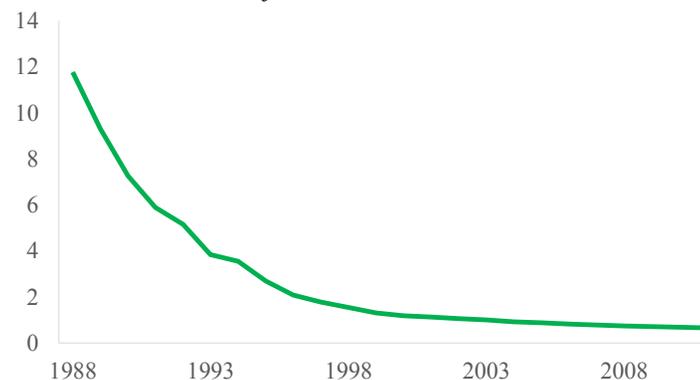
Fuente: SCEEM, Anuarios estadísticos, diversos años

Gráfica A 3 Precio sombra del petróleo



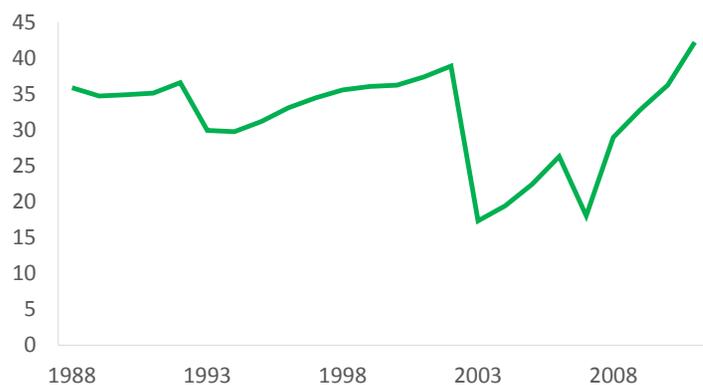
Fuente: SCEEM, Anuarios estadísticos, diversos años

Gráfica A 4 Precio sombra tala



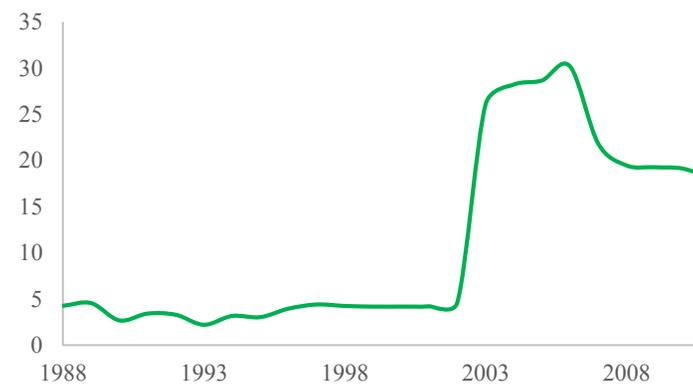
Fuente: SCEEM, Anuarios estadísticos, diversos años

*Gráfica A 5 Costos contaminación del agua
Miles de millones de pesos de 2003*



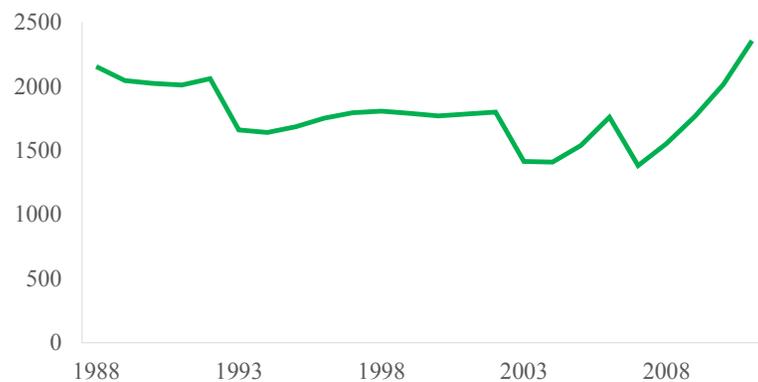
Fuente: SCEEM, Anuarios estadísticos, diversos años

*Gráfica A 6 Costos por agotamiento del agua subterránea
Miles de millones de pesos de 2003*



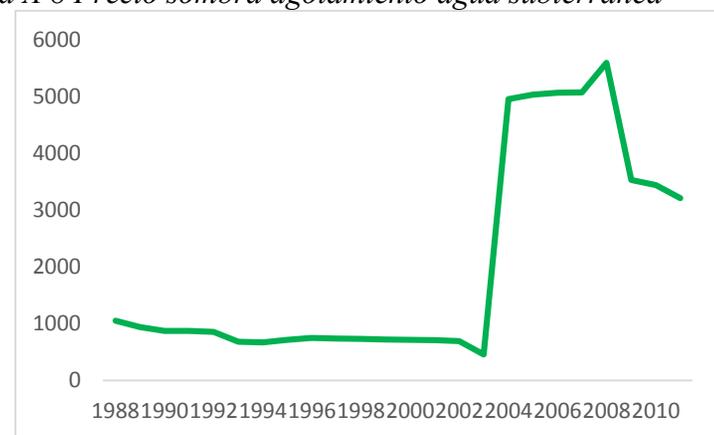
Fuente: SCEEM, Anuarios estadísticos, diversos años

Gráfica A 7 Precio sombra contaminación agua



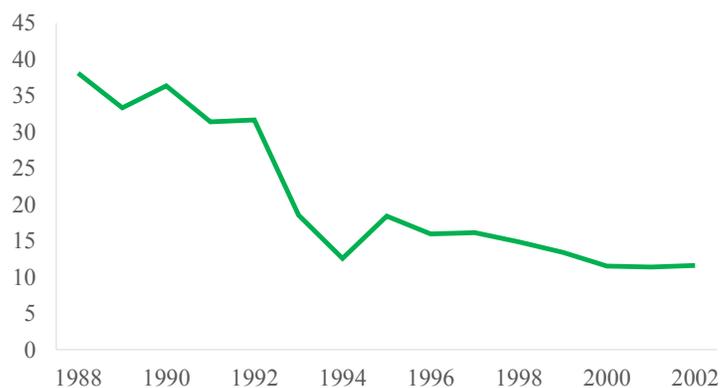
Fuente: SCEEM, Anuarios estadísticos, diversos años

Gráfica A 8 Precio sombra agotamiento agua subterránea



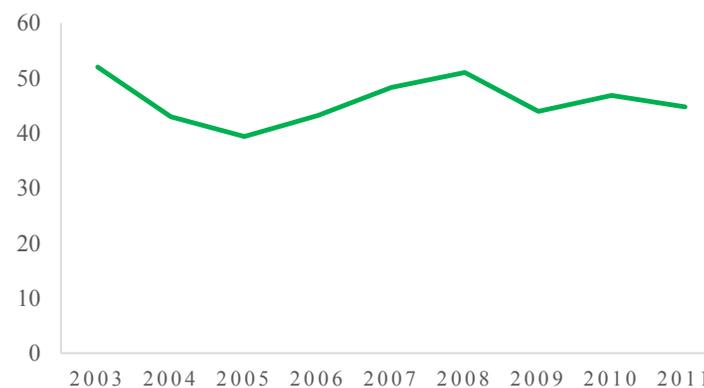
Fuente: SCEEM, Anuarios estadísticos, diversos años

Gráfica A 9 Costos por erosión del suelo, 1988-2002
Miles de millones de pesos de 2003



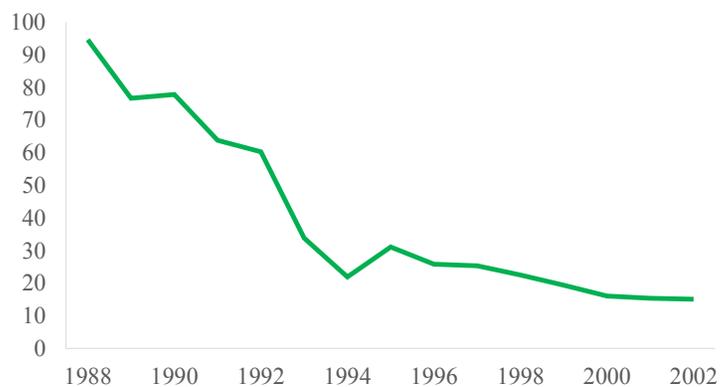
Fuente: SCEEM, Anuarios estadísticos, diversos años

Gráfica A 10 Costos por degradación del suelo, 2003-2011
Miles de millones de pesos de 2003



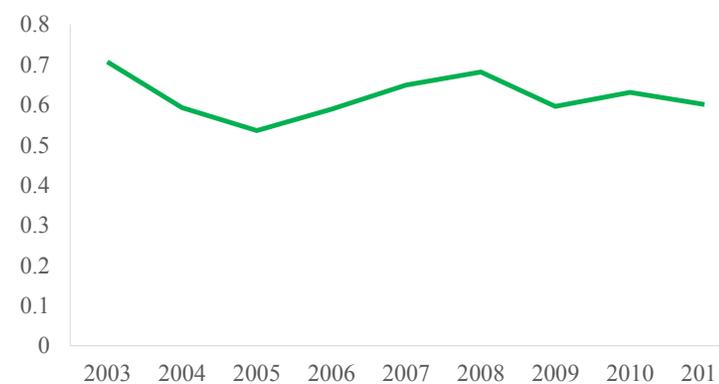
Fuente: SCEEM, Anuarios estadísticos, diversos años

Gráfica A 11 Precio sombra erosión del suelo, 1988-2002



Fuente: SCEEM, Anuarios estadísticos, diversos años

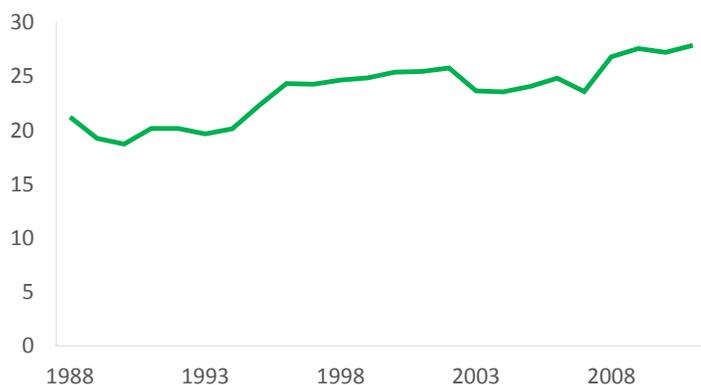
Gráfica A 12 Precio sombra degradación suelo



Fuente: SCEEM, Anuarios estadísticos, diversos años

Gráfica A 13 Costos de contaminación de residuos sólidos

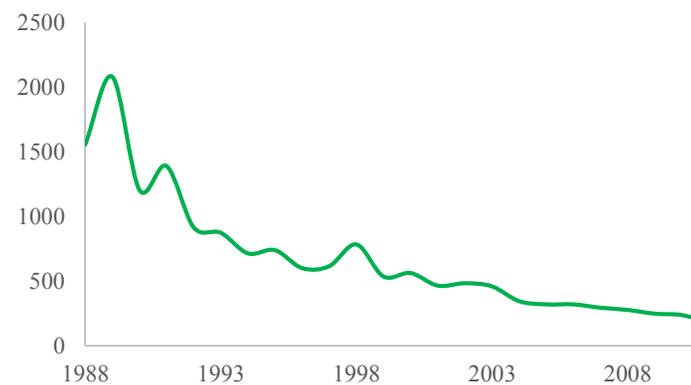
Miles de millones de pesos de 2003



Fuente: SCEEM, Anuarios estadísticos, diversos años

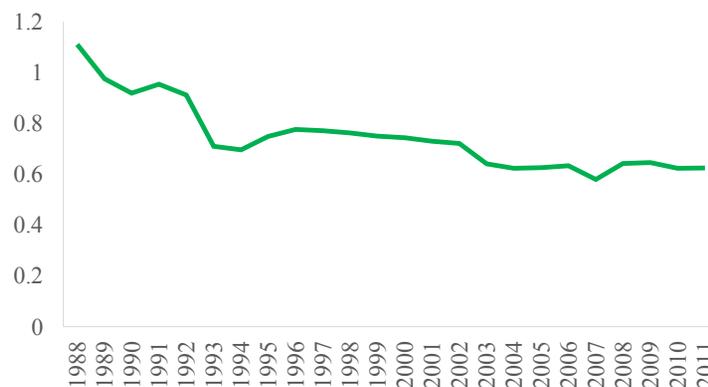
Gráfica A 14 Costo por agotamiento de transferencia de suelo a actividades económicas

Miles de millones de pesos de 2003



Fuente: SCEEM, Anuarios estadísticos, diversos años

Gráfica A 15 Precio sombra contaminación residuos sólidos



Fuente: SCEEM, Anuarios estadísticos, diversos años

Tabla A 1 Agrupación de ecosistemas correspondiente a la Carta de Uso de Suelo y Vegetación, serie III

ECOSISTEMA	ID	VEGETACIÓN
Matorral	5	Matorral desértico micrófilo, Matorral desértico rosetófilo, Matorral sarcocaula, Vegetación halófila, Matorral espinoso tamaulipeco, Mezquital, Matorral submontano, Matorral sarco-crasicaule, Vegetación de desiertos arenosos, Matorral crasicaule, Matorral subtropical, Matorral sarco-crasicaule de neblina, Matorral rosetófilo costero, Vegetación gipsófila, chaparral
Agricultura	1	De riego, de temporal, de humedad.
Bosques templados	3	Bosque de encino, Bosque Bajo-abierto, bosque de galería, bosque de oyamel, bosque de Tascate, Bosque de pino, Bosques de coníferas, bosques de pino, bosques de abeto u oyamel, bosques de ayarín, bosques de cedro y táscate, bosques de encino y bosques mixtos de pino y encino.
Selvas secas	6	Selva baja caducifolia, Selva baja espinosa subperennifolia, Selva mediana subcaducifolia, Selva baja espinosa caducifolia, Selva mediana caducifolia, Selva baja subcaducifolia
Selvas húmedas	7	Selva mediana subperennifolia, Selva alta perennifolia, Selva alta subperennifolia, Selva baja perennifolia, Palmar natural, Selva mediana perennifolia.
Pastizal	12	Pastizal-Huizachal, pastizal cultivado, pastizal halofilo, pastizal natural, pastizal inducido, Sabana.
Bosque nublados	4	Bosque mesófilo de montaña, bosque de niebla, bosque de neblina, bosque húmedo de montaña, nubiselva, selva nublada
Manglar	8	Manglar
Cuerpos de agua	9	Vegetación acuática, cuerpos de agua
Áreas sin vegetación aparente	2	Áreas de vegetación aparente, erosión.
Dunas costeras	11	Salinas, vegetación de dunas costeras
Zona urbana	0	

Tabla A 2 Agrupación de ecosistemas correspondiente a la Carta de Uso de Suelo y Vegetación, serie V

ECOSISTEMA	ID	VEGETACIÓN
Matorral	5	Matorral desértico micrófilo, Matorral desértico rosetófilo, Matorral sarcocaulé, Vegetación halófila, Matorral espinoso tamaulipeco, Mezquital, Matorral submontano, Matorral sarco-crasicaule, Vegetación de desiertos arenosos, Matorral crasicaule, Matorral subtropical, Matorral sarco-crasicaule de neblina, Matorral rosetófilo costero, Vegetación gipsófila, chaparral
Agricultura	1	De riego, de temporal, de humedad.
Bosques templados	3	Bosque de encino, Bosque Bajo-abierto, bosque de galería, bosque de oyamel, bosque de Tascate, Bosque de pino, Bosques de coníferas, bosques de pino, bosques de abeto u oyamel, bosques de ayarín, bosques de cedro y táscate, bosques de encino y bosques mixtos de pino y encino, vegetación de galería.
Selvas secas	6	Selva baja caducifolia, Selva baja espinosa subperennifolia, Selva mediana subcaducifolia, Selva baja espinosa caducifolia, Selva mediana caducifolia, Selva baja subcaducifolia
Selvas húmedas	7	Selva mediana subperennifolia, Selva alta perennifolia, Selva alta subperennifolia, Selva baja perennifolia, Palmar natural, palmar inducido, Selva mediana perennifolia, selva de galería, vegetación de petén
Pastizal	12	Pastizal-Huizachal, pastizal cultivado, pastizal halófilo, pastizal natural, pastizal inducido, Sabana, sabanoide.
Bosque nublados	4	Bosque mesófilo de montaña, bosque de niebla, bosque de neblina, bosque húmedo de montaña, nubiselva, selva nublada
Manglar	8	Manglar
Cuerpos de agua	9	Vegetación acuática, cuerpos de agua, Acuícola, Tular
Áreas sin vegetación aparente	2	Áreas de vegetación aparente, erosión, desprovisto de vegetación
Dunas costeras	11	Salinas, vegetación de dunas costeras
Zona urbana	0	Zona urbana, asentamiento humanos
Vegetación secundaria	10	Vegetación secundarias de los tipos de vegetación

Tabla A 3 Valoración bosque templado, nivel de ingreso bajo

<i>Subservicio</i>	<i>País</i>	<i>Nivel de ingreso</i>	<i>Método de valoración</i>	<i>Año</i>	<i>Pesos constantes del 2003</i>	<i>Total</i>
<i>Productos forestales sin madera-alimentos</i>	México	Medio alto	Transferencia de beneficios	1989	7553	7700
	México	Medio alto	Transferencia de beneficios	1989	146	
<i>Bioprospección</i>						
<i>Absorción de carbono</i> <i>Purificación de agua</i> <i>Agua(sin especificar)</i> <i>Regulación de agua(sin especificar)</i>	México	Medio alto	Transferencia de beneficios	1989	2358	4367
	México	Medio alto	Transferencia de beneficios	1989	1	
	Chile	Medio alto	Precio directo de mercado	2006	2008	
	México	Medio alto	Transferencia de beneficios	1994	1	
<i>Protección de biodiversidad</i>	China	Medio bajo	Valoración contingente	2003	2805	2805
<i>Turismo</i> <i>Recreación</i>	México	Medio alto	Transferencia de beneficios	1989	14	50
	México	Medio alto	Transferencia de beneficios	1994	35	
						14,922

Tabla A 4 Valoración bosque templado, nivel de ingreso alto

<i>Subservicio</i>	<i>País</i>	<i>Nivel de ingreso</i>	<i>Método de valoración</i>	<i>Año</i>	<i>Pesos constantes del 2003</i>	<i>Total</i>
<i>Productos forestales sin madrea-alimentos</i>	Mexico	Medio alto	Transferencia de beneficios	1989	7553	
<i>Bioprospección</i>	Mexico	Medio alto	Transferencia de beneficios	1989	146	7700
<i>Agua (sin especificar)</i>	España	Alto	Transferencia de beneficios	2007	3459	
<i>Prevención de erosión</i>	España	Alto	Transferencia de beneficios	2007	1047	
<i>Formación del suelo</i>	España	Alto	Transferencia de beneficios	2007	103	
<i>Polinización</i>	España	Alto	Transferencia de beneficios	2007	3433	
<i>Control biológico</i>	España	Alto	Transferencia de beneficios	2007	43	
<i>Purificación de agua</i>	Mundo	No disponible	Transferencia de beneficios	2001	204	
<i>Regulación del clima</i>	Mundo	No disponible	Transferencia de beneficios	2001	2562	10851
<i>Recursos genéticos</i>	España	Alto	Transferencia de beneficios	2007	172	
<i>Protección de biodiversidad</i>	Estados Unidos de América	Alto	Valoración contingente	1998	61809	61981
<i>Recreación</i>	España	Alto	Transferencia de beneficios	2007	2584	
<i>Valores culturales</i>	España	Alto	Transferencia de beneficios	2007	17	
<i>Turismo</i>	Mexico	Medio alto	Transferencia de beneficios	1989	14	2604
						83,136

Tabla A 5 Valoración selva seca, nivel de ingreso medio

<i>Subservicio</i>	<i>País</i>	<i>Nivel de ingreso</i>	<i>Método de valoración</i>	<i>Año</i>	<i>Pesos constantes de 2003</i>	<i>Total</i>
<i>Forraje</i>	India	Medio bajo	Transferencia de beneficios	1983	910	
<i>Leña y carbón vegetal</i>	India	Medio bajo	Transferencia de beneficios	1986	36	
<i>Materias primas</i>	India	Medio bajo	Transferencia de beneficios	1990	1361	
<i>Bioprospección</i>	Belice	Medio bajo	Transferencia de beneficios	1994	24254	
<i>Materias primas</i>	India	Medio bajo	Precio directo de mercado	1994	12089	
<i>Productos forestales sin madera-alimentos</i>	Ecuador	Medio bajo	Precio directo de mercado	1994	1380	40030
<i>Prevención de erosión</i>	Belice	Medio bajo	Transferencia de beneficios	1994	20334	
<i>Prevención de inundaciones</i>	Belice	Medio bajo	Transferencia de beneficios	1994	275	20610
<i>Recursos genéticos</i>	Belice	Medio bajo	Transferencia de beneficios	1994	84	
<i>Protección de biodiversidad</i>	Belice	Medio bajo	Transferencia de beneficios	1994	77	160
<i>Recreación</i>	Madagascar	Bajo	Costo de viaje	1993	3802	
<i>Turismo</i>	Kenia	Bajo	Costo de viaje	2007	1796	5598
						66,398

Tabla A 6 Valoración selva seca, nivel de ingreso alto

<i>Subservicio</i>	<i>País</i>	<i>Nivel de ingreso</i>	<i>Método de valoración</i>	<i>Año</i>	<i>Pesos constantes de 2003</i>	<i>Total</i>
<i>Madera</i>	Venezuela	Medio alto	Precio directo de mercado	1977	4714	
<i>Alimentos</i>	Perú	Medio alto	Precio directo de mercad	1989	11008	
<i>Productos forestales sin madrea-alimentos</i>	Brasil	Medio alto	Transferencia de beneficios	1993	885	
<i>Materias primas]</i>	Brasil	Medio alto	Precio directo de mercado	1994	2563	
<i>Bioprospección</i>	Brasil	Medio alto	Función de los factores de producción	2000	271	19440
<i>Absorción de carbono</i>	México	Medio alto	Transferencia de beneficios	1989	2289	
<i>Purificación de agua</i>	México	Medio alto	Transferencia de beneficios	1989	5	
<i>Prevención de inundaciones</i>	Brasil	Medio alto	Transferencia de beneficios	1993	48	
<i>Prevención de erosión</i>	Brasil	Medio alto	Transferencia de beneficios	1993	2846	
<i>Regulación del clima</i>	Malaysia	Medio alto	Costo evitado	1994	3115	
<i>Regulación del agua</i>	Malaysia	Medio alto	Función de los factores de producción	1994	202	
<i>Polinización de cultivos</i>	Costa Rica	Medio alto	Precio directo de mercado	2003	1387	9893
<i>Protección de biodiversidad</i>	Mundo	No disponible	Transferencia de beneficios	2001	46008	46008
<i>Recreación</i>	Costa Rica	Medio alto	Valoración contingente	1992	3790	
<i>Turismo</i>	Kenia	Bajo	Costo de viaje	2007	1796	5586
						80,927

Tabla A 7 Valoración selva húmeda, nivel de ingreso bajo

<i>Subservicio</i>	<i>País</i>	<i>Nivel de ingreso</i>	<i>Método de valoración</i>	<i>Año</i>	<i>Pesos constantes del 2003</i>	<i>Total</i>
<i>Productos forestales sin madera-alimentos</i>	Indonesia	Medio bajo	Precio directo de mercado	1999	284	
<i>Bioprospección</i>	Malaysia	Medio alto	Función de los factores de producción	2000	60	
<i>Leña y carbón vegetal</i>	India	Medio bajo	Precio directo de mercado	2000	465	
<i>Madera</i>	India	Medio bajo	Precio directo de mercado	2000	101	
<i>Forraje</i>	India	Medio bajo	Precio directo de mercado	2000	450	
						1360
<i>Prevención de erosión</i>	Indonesia	Medio bajo	Costo evitado	2000	10036	
<i>Regulación microclima</i>	India	Medio bajo	Transferencia de beneficios	2000	95	
<i>Regulación de agua</i>	Mexico	Medio alto	PES	2008	225	10356
<i>Protección de biodiversidad</i>	India	Medio bajo	Transferencia de beneficios	2000	4851	4851
<i>Ecoturismo</i>	India	Medio bajo	Transferencia de beneficios	2000	4364	4364
						2093

Tabla A 8 Valoración manglar, nivel ingreso bajo

<i>Subservicio</i>	<i>País</i>	<i>Nivel de ingreso</i>	<i>Método de valoración</i>	<i>Año</i>	<i>Pesos constantes de 2003</i>	<i>Total</i>
<i>Leña y carbón vegetal</i>	Tailandia	Medio bajo	Transferencia de beneficios	1982	5775	
<i>Madera</i>	Indonesia	Medio bajo	Transferencia de beneficios	1993	7353	
<i>Pesca</i>	Tailandia	Medio bajo	Precio directo de mercado	1994	7013	
<i>Otras materias primas</i>	Tailandia	Medio bajo	Precio directo de mercado	1994	13669	
<i>Comida</i>	Mundo	No disponible	Transferencia de beneficios	1994	16621	
<i>Pesca</i>	El Salvador	Medio bajo	Precio directo de mercado	1997	11213	
<i>Bioquímicos</i>	El Salvador	Medio bajo	Valoración contingente	2007	299	61999
<i>Prevención de erosión</i>	Filipinas	Medio bajo	Costo de reemplazo	1998	9440	
<i>Absorción de carbono</i>	Tanzania	Bajo	Transferencia de beneficios	2000	7249	
<i>Protección de tormenta</i>	Camboya	Bajo	Costo evitado	2002	327	17016
<i>Protección de biodiversidad</i>	Filipinas	Medio bajo	Transferencia de beneficios	1992	303	
<i>Recreación</i>	Nicaragua	Medio bajo	Valoración contingente	2000	168	470
						79468

Tabla A 9 Valoración manglar, nivel de ingreso alto

	<i>País</i>	<i>Nivel de ingreso</i>	<i>Método de valoración</i>	<i>Año</i>	<i>Precios</i>	<i>Total</i>
<i>Refugio</i>	México	Medio alto	Costo evitado	1982	32187	
<i>Madera</i>	Malaysia	Medio alto	Transferencia de beneficios	1982	6044	
<i>Leña y carbón vegetal</i>	Islas Fiji	Medio alto	Transferencia de beneficios	1993	239	
<i>Pescado</i>	Islas Fiji	Medio alto	Transferencia de beneficios	1993	1793	
<i>Alimentos</i>	Mundo	No disponible	Transferencia de beneficios	1994	16621	56884
<i>Absorción de carbono</i>	Jamaica	Medio alto	Transferencia de beneficios	1998	1152	
<i>Prevención de eventos extremos</i>	Malaysia	Medio alto	Valoración contingente	1999	10558	
<i>Protección de tormentas</i>	Micronesia	No disponible	Valoración contingente	2003	21196	32906
<i>Protección de biodiversidad</i>	Malaysia	Medio alto	Valoración contingente	1999	93714	93714
						183,504

Tabla A 10 Valoración de pastizal

<i>Servicios</i>	<i>País</i>	<i>Nivel de ingreso</i>	<i>Método de valoración</i>	<i>Año de estudio</i>	<i>Precio</i>
<i>Servicios de provisión (sin especificar)</i>	Filipinas	Medio bajo	Precio directo de mercado	2001	12645
	Sudamérica	No disponible	Transferencia de beneficios	2003	1694
	Estados Unidos de América	Ingreso Alto	Transferencia de beneficios	1992	1592
<i>Plantas/comida vegetal</i>	Mundo	No disponible	Precio directo de mercado	1997	3925
<i>Prevención de erosión</i>	Estados Unidos de América	Ingreso alto	Costo evitado	1997	8
<i>Absorción de carbono</i>	Estados Unidos de América	Ingreso alto	Precio evitado	1982	453
<i>Regulación de gas</i>	Sudáfrica	Medio alto	Valoración contingente	1994	10
<i>Tierras atractivas</i>	África	No disponible	Valoración contingente	1994	5
<i>Ecoturismo</i>					
<i>Recreación</i>					
					20,332

Tabla A 11 Matorral

<i>Servicios</i>	<i>Valor mínimo pesos de 2003</i>	<i>Valor mínimo pesos de 2003</i>
<i>Absorción de carbono</i>	123	304.5
<i>Regulación del clima</i>	84	207.5
<i>Tratamiento de agua</i>	1045	2582.7
<i>Regulación del flujo de agua</i>	36	89.1
<i>Recreación</i>	304	752.1
<i>Polinización</i>	26	65.0
<i>Formación de suelo</i>	12	29.3
<i>Control de erosión</i>	348	860.6
<i>Control biológico</i>	283	698.1
<i>refugio hábitat</i>	13	31.4
<i>TOTAL</i>	2275	5620.3