Clavius
Revista académica de ciencia y tecnología
año 2, n.º 3, enero-junio 2024
pp. 3-32
DOI del artículo: 10.36631/CLV.2024.02.03.01

Servicios ecosistémicos en Guatemala: conceptos, contabilidad y perspectivas

Ecosystem services in Guatemala: concepts, accounting and perspectives

Sara Ortiz[1], Daniela Herrera[2] y Ottoniel Monterroso[3]

Resumen

El Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica (SCAE) tiene como principal objetivo complementar el Sistema de Contabilidad Nacional (SCN). Utiliza principios contables para integrar mediciones ambientales, en términos físicos y monetarios, que son comparables con datos de las cuentas nacionales y, por lo tanto, permiten analizar la sostenibilidad de la economía y del desarrollo de los países. Guatemala cuenta con un sistema de contabilidad ambiental que se ha enfocado en desarrollar el «marco central» del SCAE, incluyendo las cuentas de agua, bosque, desechos sólidos, energía, entre otras. En 2021, la Comisión de Estadística de las Naciones Unidas (CENU) adoptó el Marco de la Contabilidad de Ecosistemas, como estándar estadístico internacional. Este ar-

1 Universidad Rafael Landívar, investigadora del Iarna al momento de realizar el artículo. Economista e ingeniera ambiental con experiencia en investigación, gestión de proyectos, monitoreo y evaluación, y docencia académica en temas sobre cambio climático, contabilidad ambiental, recursos hídricos, ecosistemas y servicios ecosistémicos. Actualmente trabaja como especialista en carbono en The Nature Conservancy Guatemala. Correo electrónico: saravortiz1@gmail.com

2 Universidad Rafael Landívar, investigadora de la Unidad Universitaria de Panificación Estratégica y Prospección (Uplan). Ingeniera ambiental graduada de la URL. Ha participado en investigaciones relativas a la contabilidad ambiental, biodiversidad y recursos hídricos en el Iarna. Ha sido consultora de entidades internacionales. Correo electrónico: dherrera@url.edu.gt. https://orcid.org/0009-0003-4436-9686

3 Universidad Rafael Landívar, director del Iarna al momento de la elaboración del artículo. Agrónomo y economista ambiental. Ha estudiado las interacciones economía-ambiente y ahora promueve soluciones basadas en la naturaleza y de adaptación basada en ecosistemas. Fue decano de la Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas de la URL. Actualmente es coordinador nacional del proyecto de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).Correo electrónico: adolfo.monterroso@iucn.org. https://orcid.org/0009-0000-3693-791X

tículo presenta los resultados principales de la *Cuenta de ecosistemas de Guatemala*. Inicia con las definiciones básicas de ecosistemas y de servicios ecosistémicos y luego describe la estructura de la cuenta según el manual del Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica (SCAE). Para la *Cuenta de ecosistemas de Guatemala* se compilaron subcuentas de extensión y de condición de los ecosistemas del país, y se realizó una primera aproximación a las subcuentas de oferta de servicios ecosistémicos en términos físicos y monetarios, tomando como referencia los servicios ofrecidos por las áreas protegidas y otros ecosistemas del país. Finalmente, se proponen orientaciones de política que se derivan del estudio.

Palabras clave: servicios de los ecosistemas, extensión, condición, oferta, valoración

Abstract

The primary goal of the System of Environmental-Economic Accounting (SEEA) is to complement the System of National Accounts (SNA). The SEEA applies accounting principles to integrate both physical and monetary measures related to the environment, enabling comparisons with data from National Accounts, and therefore facilitating the analysis of sustainability of a country's economic growth and development. Guatemala developed its System of Environmental-Economic Accounting, with a focus on measuring the SEEA "Central Framework", including water, forest, solid waste, and energy accounts, among others. In 2021, the United Nations Statistical Commission adopted the SEEA Ecosystem Accounting framework as an international statistical standard. This article presents the main results of the Ecosystem Account of Guatemala. The article introduces first the definitions of ecosystems and ecosystem services, followed by an overview of the Ecosystem Account's structure, according to the SEEA manual. The Ecosystem Account includes the compilation of the ecosystem extent and the condition accounts, as well as an initial assessment of the ecosystem services flow (both in physical and monetary terms), using as a reference the services provided by the country's protected areas and other ecosystems. The article concludes by discussing and proposing policy guidelines informed by the study's findings.

Keywords: ecosystem services, extent, condition, flow, valuation

1. Introducción

La totalidad de procesos que ocurren en los ecosistemas supera la capacidad de la percepción humana y los beneficios que proveen a la sociedad no siempre son evidentes (Fisher *et al*., 2009). Los medios de subsistencia y calidad de vida dependen en gran medida de los bienes y servicios tangibles e intangibles que proveen los ecosistemas. Sin embargo, muchos no son considerados en la planificación económica y de desarrollo (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services [IPBES], 2018).

Los países en vías de desarrollo dependen estrechamente de los servicios que proveen los ecosistemas (Christie *et al*., 2012); sin embargo, estos se están agotando a un ritmo acelerado, mientras que el cambio cli-

mático incrementa la presión tanto sobre los ecosistemas como sobre el flujo de los servicios que proveen (Barbier, 2014a; The Economics of Ecosystems & Biodiversity [TEEB], 2010). Dimensionar el aporte de los ecosistemas para la sociedad, así como los niveles de su degradación, es una tarea compleja, pero de vital importancia para promover el bienestar general.

El Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica (SCAE) es una herramienta conceptual y metodológica que ha contribuido a la estandarización de la contabilidad de los componentes de los ecosistemas, de manera compatible con el Sistema de Cuentas Nacionales, al proporcionar información útil para la formulación e implementación de políticas de desarrollo.

Guatemala ha contribuido al esfuerzo global de contabilidad natural a través de una colaboración entre instancias gubernamentales,[4] el Banco Mundial a través del Proyecto WAVES[5] y el Instituto de Investigación en Ciencias Naturales y Tecnología (Iarna) de la Universidad Rafael Landívar (URL). Como resultado de este trabajo conjunto, se sistematizó la *Cuenta de ecosistemas* para el país, publicada en 2021 (Ortiz, 2021), que representa uno de los pocos ejercicios nacionales de contabilidad de servicios ecosistémicos realizados a nivel mundial (Hein *et al*., 2020). Este artículo presenta los principales resultados de dicha cuenta.

2. Bases teórico-conceptuales

2.1 Conceptos, propiedades y funciones de los ecosistemas

Los *ecosistemas,* percibidos como estructuras complejas autorganizadas e irreductibles (Zhang *et al*., 2010), se conceptualizan en torno a tres nociones fundamentales: *a)* la biomasa, que es el material biológico derivado de organismos vivos o en descomposición; *b)* las interacciones (también llamadas procesos ecológicos) a lo interno y entre los componentes bióticos y abióticos, que tienen lugar en espacios temporales definidos, y *c)* la información de las redes ecológicas, que es expresada o representada por el arreglo o secuencia particular de los elementos del sistema (estructuras horizontales y verticales de los sistemas), lo que incluye, por ejemplo, la información genética (La Notte *et al*., 2017).

Los organismos vivos mantienen un orden intrínseco y consumen energía constantemente. Como sistemas abiertos, los ecosistemas se encuentran lejos del equilibrio termodinámico,[6] lo que implica que consumen energía para construir estructuras internas y devuelven entropía[7] al ambiente (Lyn, 2015). El intercambio de información confiere al ecosistema propiedades estructurales y energéticas como su organización jerárquica, la alta biodiversidad en cada nivel de jerarquía, la capacidad de absorción de

4 Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (Segeplán), Ministerio de Finanzas Públicas (Minfin), Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), Banco de Guatemala (Banguat) e Instituto Nacional de Estadística (INE).
5 Wealth Accounting and the Valuation of Ecosystem Services.
6 Incapacidad de un cuerpo de experimentar un cambio de estado o de reaccionar con su medio ambiente.
7 Entropía: magnitud de un sistema termodinámico que mide la distribución de microestados en un sistema.

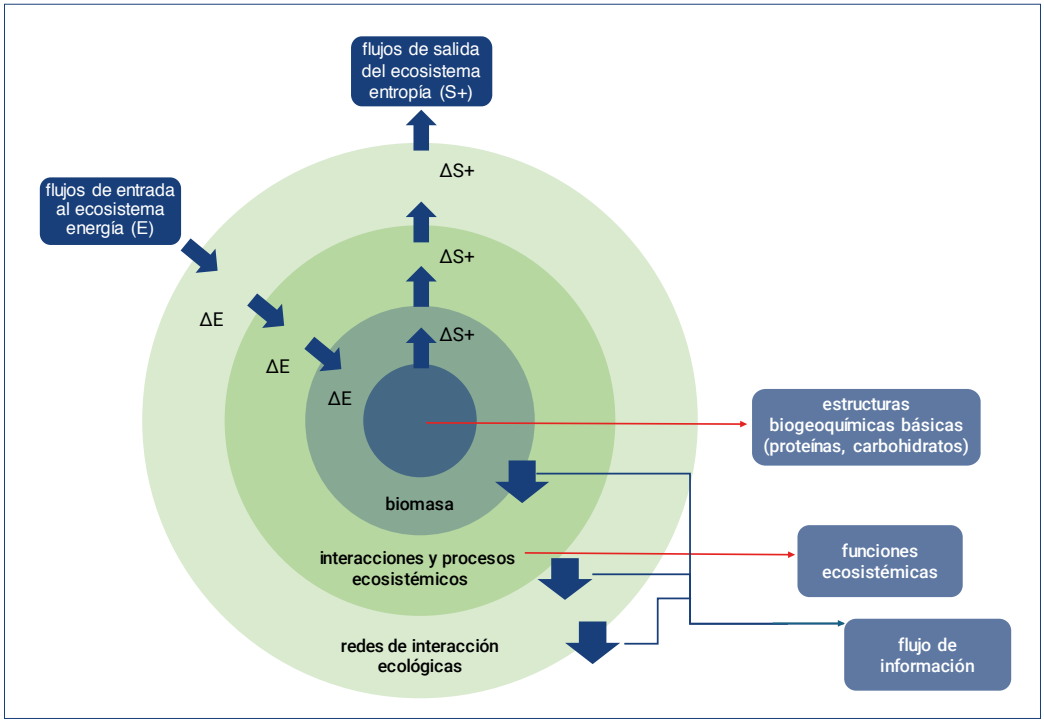
cambios y la manifestación de propiedades emergentes (Jørgensen, 2012).

La figura 1 esquematiza las propiedades de los ecosistemas y sus flujos energéticos tomando en cuenta diferentes niveles estructurales y de intercambio de información. En este diagrama, los flujos entran en un ecosistema en donde existen diferentes componentes estructurales. El primero es la composición bioquímica básica o las proteínas sintetizadas a través de información genética. Las estructuras proteicas se transforman en biomasa y resultan en redes de interacción; las interacciones y los procesos ecológicos dan lugar a las funciones ecosistémicas.

La *integridad ecológica* se define como la capacidad de los ecosistemas para cumplir sus funciones ecológicas, lo que les permite proporcionar servicios ecosistémicos a la sociedad (Banco de Guatemala e Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2009a). La *resiliencia* de un ecosistema hace referencia a la capacidad del sistema de modificar su estructura y sus interacciones para absorber perturbaciones y mantener su identidad y procesos de retroalimentación. La integridad y la resiliencia son conceptos que se interrelacionan. La resiliencia es importante para preservar la integridad de un ecosistema porque implica una provisión predecible y poco variable de servicios ecosistémicos (Angeler y Allen, 2016).

Figura 1

Flujos energéticos de un ecosistema



Fuente: elaboración propia con datos de Jørgensen (2012).

Las *funciones ecosistémicas* son los procesos biológicos que ocurren dentro del sistema natural como resultado de la interacción entre organismos vivos y sus componentes abióticos. Las funciones ecosistémicas se clasifican en: *a)* funciones de regulación, que consisten en transformaciones que estabilizan las condiciones para el desarrollo de la vida de las especies; *b)* funciones de hábitat, que se concretan en la provisión de espacios para el desarrollo de la vida de animales y plantas en la tierra; *c)* funciones de producción, que se refieren a la provisión de recursos para posibilitar y facilitar la vida humana, y *d)* funciones de información, que es el ofrecimiento del ecosistema de servicios culturales y sociales (De Groot *et al*., 2002).

2.2 Servicios ecosistémicos

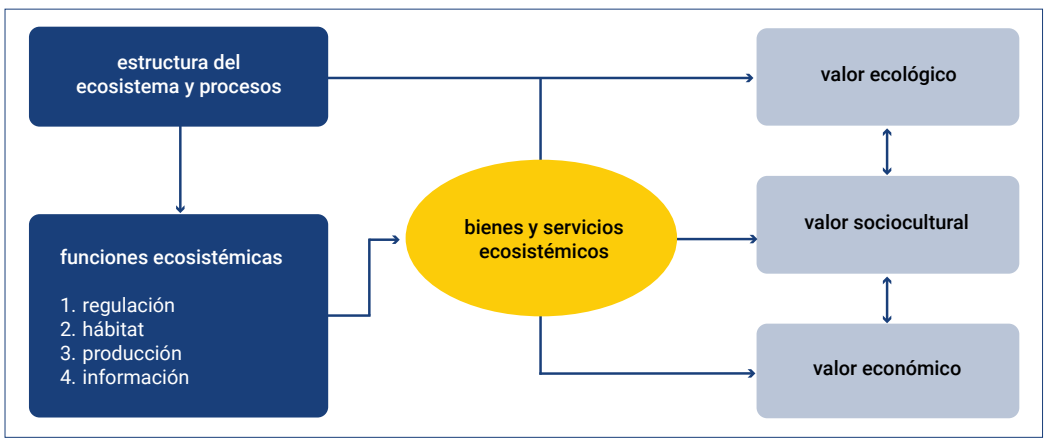
Los *servicios ecosistémicos* son los beneficios, directos o indirectos, que resultan de las *funciones* que realizan los *ecosistemas* y que mantienen la vida humana (Fisher *et al*., 2009). Las funciones ecológicas son los procesos biofísicos que suceden dentro de un ecosistema, mientras que los servicios ecosistémicos son las interacciones que existen entre los ámbitos natural y social. Un servicio ecosistémico se deriva de una función ecosistémica, la cual, a su vez, podría depender de otras funciones ecosistémicas (Martín-López *et al*., 2009).

La figura 2 esquematiza las 4 funciones sustantivas que tienen lugar en los ecosistemas y de cuya interacción e interrelaciones surge la provisión de bienes y servicios, los cuales son estimados por la sociedad debido a su importancia ecológica, social o económica. Los valores tangibles e intangibles de los ecosistemas pueden ser considerados en el proceso de toma de decisiones y en la elaboración de planes de conservación.

Una forma ampliamente utilizada para conceptualizar los servicios ecosistémicos es el marco lógico de «cascada» representado en la figura 3. Este esquema sugiere que el concepto de servicio ecosistémico debe

Figura 2

Funciones ecosistémicas derivadas del ambiente natural

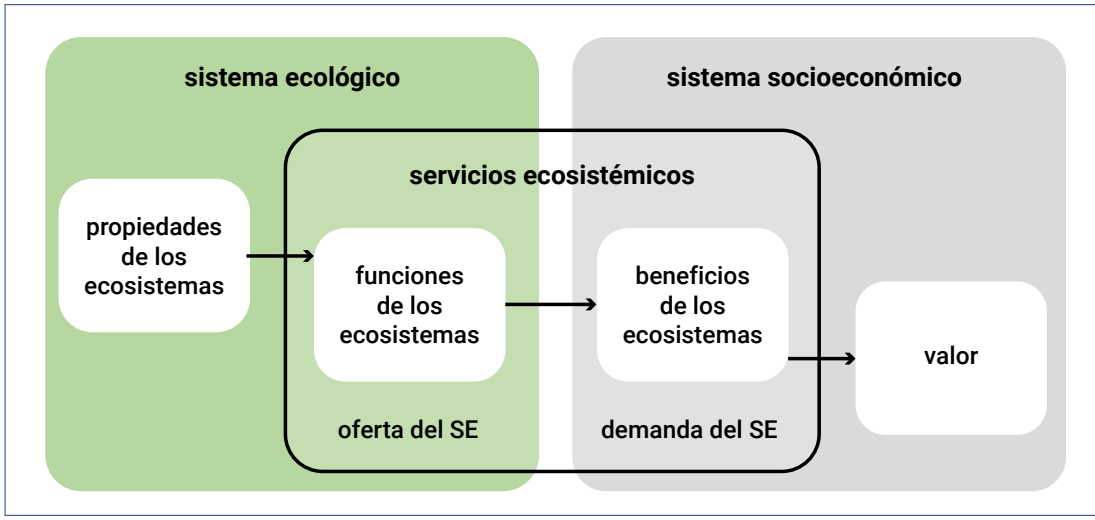


Fuente: elaboración propia con base en datos de De Groot *et al*. (2002).

incluir tanto la oferta como la demanda del servicio, incorporando mediciones de las funciones del ecosistema con potencial para proveer servicios, así como los beneficios que efectivamente generan para las personas (Boerema *et al*., 2017). De acuerdo con la figura 2, el valor debe comprenderse en su sentido amplio, es decir, ecológico, sociocultural y económico.

Figura 3

Esquema de cascada de los servicios ecosistémicos



Fuente: elaborado con base en Boerema *et al*. (2017); Potschin & Haines-Young (2016).

La capacidad de los ecosistemas para proveer servicios dependerá de su capacidad de mantener activos sus procesos ecológicos y sus funciones primordiales tanto a corto como a largo plazo. Las relaciones entre servicios ecosistémicos pueden ser negativas o positivas: una relación negativa implica que el aumento de un servicio provoca la disminución de otro, mientras que la sinergia ocurre cuando 2 servicios ecosistémicos covarían positivamente (Mouchet *et al*., 2014).

El flujo de bienes y servicios ecosistémicos se origina a partir de las propiedades biofísicas y las funciones ecológicas (oferta) y es aprovechado según las condiciones de cada sociedad (demanda de servicios ecosistémicos) (Villamagna *et al*., 2013). La oferta representa el potencial de los ecosistemas para proveer servicios considerando sus condiciones biofísicas y funciones. La demanda es la cantidad de servicios requeridos por la sociedad. El flujo de bienes y servicios ecosistémicos se materializa mediante la extracción directa de materia o por medio de la capitalización de las modificaciones en las condiciones ambientales (Shröter *et al*., 2014).

Existen diversas clasificaciones de los servicios ecosistémicos (La Notte *et al*., 2017), y una de las más utilizadas es la de Ahlroth (2014), que toma en consideración 3 tipos de servicios:

a) Servicios de provisión: son las contribuciones de materia y energía generadas por o en un ecosistema, como madera, frutos o medicinas.
b) Servicios de regulación: resultan de la capacidad de los ecosistemas para regular el clima, los ciclos hidrológicos y bioquímicos, así como una variedad de procesos biológicos.
c) Servicios culturales: surgen de los escenarios físicos, locaciones o situaciones que proporcionan beneficios intelectuales y simbólicos, como la recreación, el desarrollo de conocimiento, la relajación y la reflexión espiritual. Estos beneficios se pueden obtener mediante visitas directas al lugar o a través de la satisfacción de saber que un ecosistema está siendo preservado.

Dado que los servicios ecosistémicos son bienes públicos y no se comercializan en los mercados, se han generado diversos métodos económicos para su valoración monetaria (Organización de las Naciones Unidas [ONU] *et al*., 2014). La valoración económica de un servicio ambiental debe incluir los valores expresados por los propietarios o usuarios del recurso, las oportunidades de utilización alternativa, ya sea actual o futura, así como el valor de los impactos (tanto positivos como negativos) que su uso genera en otros actores y/o sectores de la economía (externalidades). Esta valoración se puede dividir en valores de uso y valores de no uso (de existencia).

Entre los métodos propuestos para cuantificar y valorar los servicios ecosistémicos se encuentran los siguientes: *a)* métodos de función de producción, que se basan en estimar el aporte de un servicio ecosistémico a los procesos productivos en el valor final que se comercializa en el mercado; *b)* costo de viaje, que se fundamenta en el costo directo y de oportunidad de experiencias recreativas; *c)* precios hedónicos, que se basan en el valor implícito de un atributo ambiental en un bien, generalmente inmueble, y *d)* métodos de preferencias declaradas o valoración contingente, que se centran en la disposición de pago de los individuos por incrementar la provisión del servicio (Pascual *et al*., 2010). Otros métodos citados en la literatura científica, como el costo de reemplazo o el de valor de transferencia, deben ser utilizados con precaución debido a ciertas limitaciones conceptuales que presentan (Allsopp *et al*., 2008; Barbier, 2014b).

2.3 La cuenta de ecosistemas del SCAE

El Sistema de Contabilidad Nacional (SCN) es un marco acordado internacionalmente para la recopilación de información económica que mide los flujos y servicios resultantes de la producción, utilizando indicadores como el producto interno bruto (PIB) o el producto interno neto (PIN), así como la existencia de capital. Sin embargo, el SCN no considera los costos privados y públicos asociados al uso de los recursos naturales y a la degradación del ambiente, a pesar de que estos son componentes importantes para la producción y consumo humano (ONU, 2000).

El SCAE surgió como una alternativa para contabilizar los aportes de los ecosistemas al crecimiento económico, considerando los activos naturales no comercializables, las pérdidas resultantes del agotamiento y

degradación del capital natural. A partir de estos hallazgos, el SCAE permite analizar la sostenibilidad del desarrollo. Guatemala cuenta con un sistema de contabilidad ambiental que es reconocido a nivel mundial.[8]

El SCAE está compuesto por cuentas específicas que han sido estandarizadas a nivel internacional, tales como las de agua, bosque, desechos, energía, entre otras. Los métodos y procedimientos concretos se conocen como el «marco central» de la contabilidad ambiental. En el caso de los ecosistemas, la Comisión de Estadística de la ONU impulsó, a partir de 2012, el desarrollo del *marco experimental para la contabilidad de ecosistemas*, como complemento del marco central del SCAE. Este enfoque se denomina «experimental» debido a la novedad del tema desde el punto de vista estadístico y a que no existía un consenso internacional sobre los métodos para la estimación.

Después de varias revisiones, la Comisión adoptó oficialmente en 2021 la contabilidad de ecosistemas, como un marco estadístico integrador de la información biofísica y los servicios ecosistémicos, que permite analizar los cambios en los activos del ecosistema y vincular esta información a las actividades económicas y sociales. La contabilidad y las cuentas en términos físicos se consideran como un estándar estadístico, cuyos principios son reconocidos internacionalmente. Además, las recomendaciones para la valoración de los servicios ecosistémicos son consistentes con los conceptos del Sistema de Cuentas Nacionales (ONU, 2021).

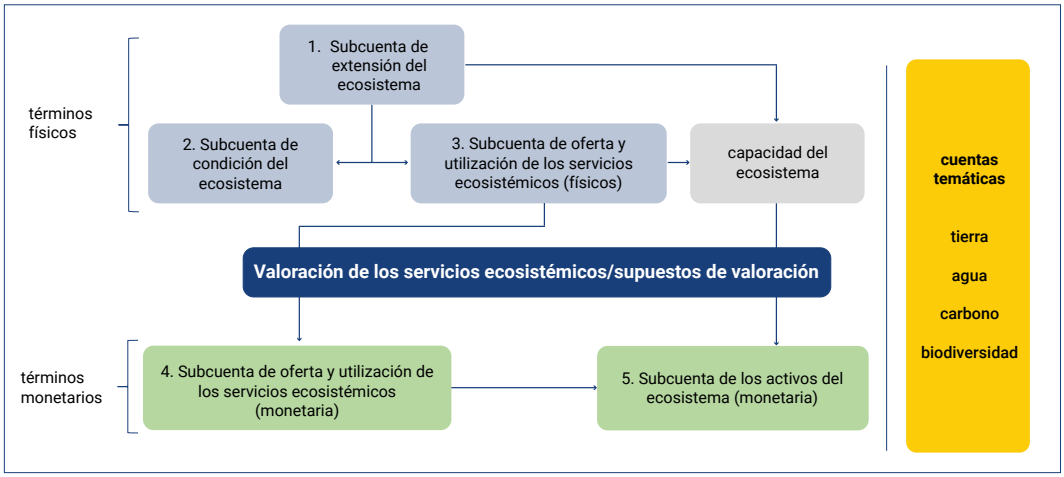
En el momento en el que se desarrolló la *Cuenta de ecosistemas de Guatemala*, aún no había sido adoptado oficialmente el marco para su contabilidad, por lo que se utilizó el *Manual de la contabilidad experimental de ecosistemas* de la ONU *et al.* (2014). Sin embargo, la estructura de la *Cuenta* se mantuvo vigente: se basa en las relaciones entre *stocks* (activos) y flujos, y se divide en 5 subcuentas representadas en la figura 4. De estas, 3 se expresan en términos físicos: la subcuenta de extensión, la subcuenta de condición y la subcuenta de oferta y utilización de los servicios ecosistémicos (físicos). Las otras 2 se estiman en términos monetarios: la subcuenta de oferta y utilización de los servicios ecosistémicos y la subcuenta de los activos del ecosistema. Adicionalmente, se pueden conformar cuentas temáticas complementarias, como la cuenta de tierra, de agua, de carbono o de biodiversidad.

La *subcuenta de extensión* es el punto de partida en la compilación de la *Cuenta de ecosistemas de Guatemala*, y consiste en la integración de datos relacionados con 3 tipos de unidades espaciales: *a)* activos de los ecosistemas: se refiere a cada área cubierta por un tipo de ecosistema; *b)* tipos de ecosistemas: son las áreas que representan ecosistemas individuales, y *c)* área contable del ecosistema: se refiere a la agregación geográfica para la cual se desarrolla la cuenta, ya sea a nivel nacional o subnacional. La estructura de la cuenta de extensión sigue la lógica de las cuentas de activos presentadas en el marco central del SCAE.

8 El cual se puede consultar en el Banco de Guatemala e Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente (2009b), donde también se discuten los componentes conceptuales y metodológicos de la contabilidad ambiental en Guatemala.

Figura 4

Estructura de la Cuenta de ecosistemas



Nota. En este artículo se adoptó la denominación de «subcuenta» a cada una de las 5 cuentas que forman parte de la Cuenta de Ecosistemas. Fuente: elaboración propia con datos de ONU *et al*. (2014).

La *subcuenta de condición* refleja la calidad general del ecosistema de acuerdo con sus características, permite organizar la información biofísica de los diferentes activos y proporciona datos sobre los cambios en los ecosistemas y su influencia en la oferta de los servicios ecosistémicos.

Con este propósito, se definen una serie de indicadores que reflejen el estado ecológico general del ecosistema, su capacidad para ofertar servicios ecosistémicos y las tendencias relevantes. Los indicadores seleccionados pueden estar relacionados con diversas características, tales como: vegetación, agua, suelo, biomasa, biodiversidad, presiones e impulsores del cambio del ecosistema (UN Committee of Experts on Environmental-Economic Accounting [UNCEEA], 2017).

La *subcuenta de oferta y utilización* se refiere a los flujos de los servicios que los ecosistemas proporcionan a la actividad humana. Esta cuenta registra los flujos de servicios ecosistémicos en un periodo contable, tanto en términos *físicos* como *monetarios*. En el contexto de la contabilidad de ecosistemas, cada activo del ecosistema genera una serie de servicios finales que contribuyen a la producción de beneficios. Luego de tener la medición de los flujos físicos, se puede utilizar un método de valoración para calcular los flujos monetarios correspondientes a los servicios ecosistémicos (UNCEEA, 2017).

Por último, la *subcuenta de activos* registra información sobre los *stocks* y los cambios (adiciones y reducciones) en los activos de los ecosistemas. Para contabilizar estos activos en términos monetarios se requiere identificar el conjunto de servicios ecosistémicos que provee el activo, estimar los flujos esperados, aplicar los precios apropiados a cada flujo y descontarlos al periodo actual. La valoración de los activos del ecosistema requiere la derivación del valor presente neto (VPN) para los flujos de los servicios ecosistémicos.

En el caso de la *Cuenta de ecosistemas de Guatemala* se estimaron las subcuentas:

a) de extensión, fundamentada en el mapa de zonas de vida, elaborado según el sistema de clasificación de Holdridge, por el Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad (2018);
b) de condición, estimada a partir de indicadores de presión y estado seleccionados del informe titulado *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services* (MAES) (European Commission, 2018), con base en la disponibilidad de información y la posibilidad de generar nuevos datos de forma costo-efectiva (Ahlroth, 2014);
c) de oferta (en términos físicos y monetarios), para la cual se clasificaron los servicios ecosistémicos según la *Common International Classification of Ecosystem Services* (CICES) (Haines-Young & Potschin, 2013).

La metodología empleada puede revisarse en Ortiz (2021).

3. Principales resultados de la *Cuenta de ecosistemas de Guatemala*

3.1 Subcuenta de extensión de ecosistemas

La *subcuenta de extensión* se refiere a la superficie (tamaño) de los ecosistemas presentes en el país (ONU *et al*., 2014). La clasificación de los ecosistemas se basa en las zonas de vida *sensu* Holdridge (Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad, 2018), las cuales delimitan formaciones vegetales con fisionomía florística distintiva a partir, fundamentalmente, de las siguientes variables climáticas: precipitación pluvial, temperatura y evapotranspiración.

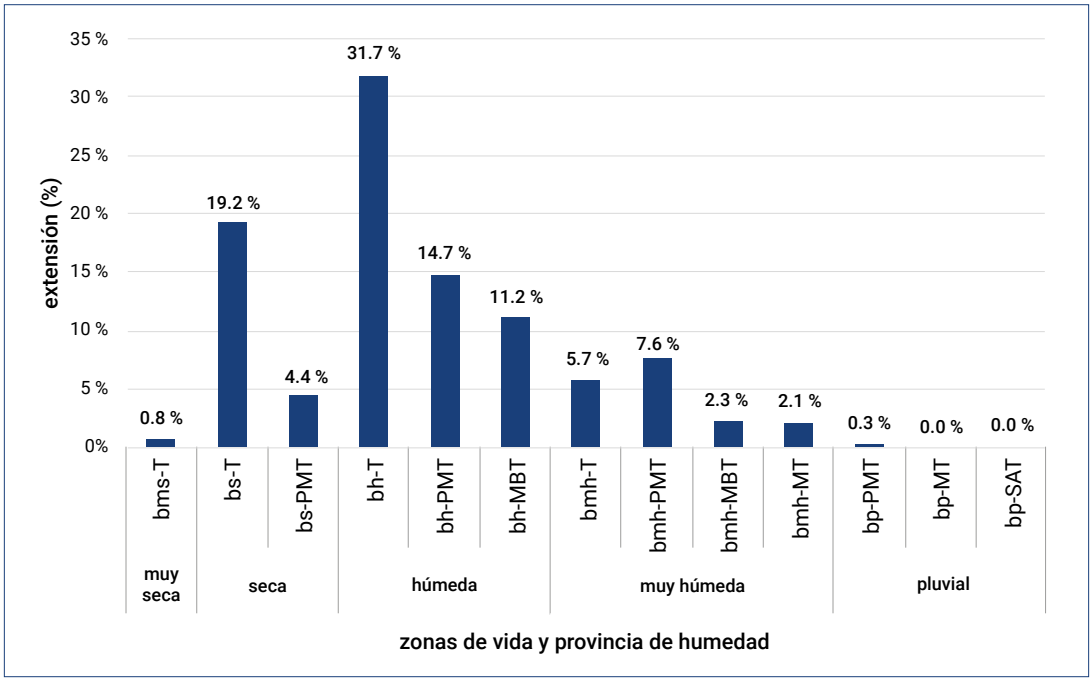
El país cuenta con 13 zonas de vida (figura 5). El bosque húmedo tropical (bh-T) y el bosque seco tropical (bs-T) representan el 51 % del territorio nacional, mientras que el bosque húmedo premontano tropical (bh-PMT) y el bosque húmedo montano bajo tropical (bh-MBT) abarcan el 26 %. En conjunto, estas 4 zonas de vida mencionadas cubren una proporción equivalente al 77 % del país (Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad, 2018).

Además, las 3 zonas de vida correspondientes a la provincia de humedad pluvial representan el 0.33 % de la extensión total del país. Estas son: bosque pluvial premontano tropical (bp-PMT), bosque pluvial montano tropical (bp-MT) y bosque subandino[9] tropical (bp-SAT). Dichos ecosistemas presentan tasas elevadas de evapotranspiración y, en consecuencia, albergan especies estratégicas para la conservación de la vida en todas sus formas (Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad, 2018).

9 Los bosques andinos se caracterizan por sus altos niveles de endemismo local, especialmente en su estrato herbáceo, gracias a la sensibilidad en las modificaciones del paisaje que han causado los cambios de clima (Veliz, 2000).

Figura 5

Extensión de las zonas de vida de Guatemala (%) según las provincias de humedad (sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge), año 2018



Nota. bms-T: bosque muy seco tropical; bs-T: bosque seco tropical; bs-PMT: bosque seco premontano tropical; bh-T: bosque húmedo tropical; bh-PMT: bosque húmedo premontano tropical; bh-MBT: bosque húmedo montano batropical; bmh-T: bosque muy húmedo tropical; bmh-PMT: bosque muy húmedo premontano tropical; bmh-MBT: bosque muy húmedo montano bajo tropical; bmh-MT: bosque muy húmedo montano tropical; bp-PMT: bosque pluvial premontano tropical; bp-MT: bosque pluvial montano tropical; bp-SAT: bosque pluvial subandino tropical. Fuente: Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad (2018).

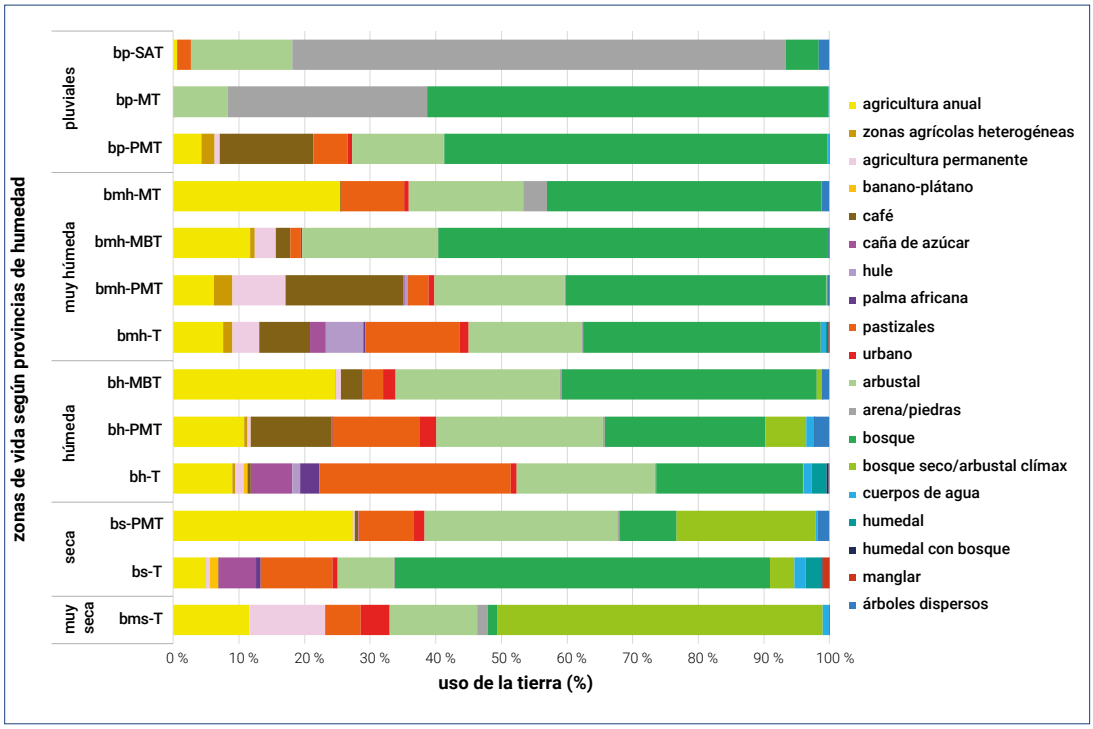
La figura 6 muestra los diferentes usos de la tierra en cada una de las zonas de vida presentes en el país.

Las zonas de vida con menor proporción de cobertura forestal corresponden al bosque pluvial subandino tropical (bp-SAT) y el bosque muy seco tropical (bms-T). El tipo de uso arbustal clímax cubre el 50 % del área del bosque muy seco tropical (bms-T) y 21 % del bosque seco premontano tropical (bs-PMT). Los arbustales se encuentran en un rango de 20-29 % en 6 ecosistemas.

Las zonas de vida con mayor cobertura forestal (cuyas proporciones son superiores al 56 % de su propia extensión) son el bosque seco tropical (bs-T), el bosque muy húmedo montano bajo tropical (bmh-MBT), el bosque pluvial premontano tropical (bp-PMT) y el bosque pluvial montano tropical (bp-MT). Por su parte, los manglares solo están presentes en tres zonas de vida y en todos los casos su proporción es menor que el 1 %: el bosque seco tropical (bs-T), el bosque húmedo tropical (bh-T) y el bosque muy húmedo tropical (bmh-T).

Figura 6

Uso de la tierra de las zonas de vida de Guatemala (%) según las provincias de humedad (sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge), año 2012



Nota. bp-SAT: bosque pluvial subandino tropical; bp-MT: bosque pluvial montano tropical; bp-PMT: bosque pluvial premontano tropical; bmh-MT: bosque muy húmedo montano tropical; bmh-MBT: bosque muy húmedo montano bajo tropical; bmh-PMT: bosque muy húmedo premontano tropical; bmh-T: bosque muy húmedo tropical; bh-MBT: bosque húmedo montano bajo tropical; bh-PMT: bosque húmedo premontano tropical; bh-T: bosque húmedo tropical; bs-PMT: bosque seco premontano tropical; bs-T: bosque seco tropical; bms-T: bosque muy seco tropical. Fuente: elaboración propia con datos de Ortiz (2021).

En la mayoría de las zonas de vida se practica la agricultura en diferentes modalidades, con excepción del bosque pluvial montano tropical (bp-MT) y el bosque pluvial subandino tropical (bp-SAT), que tienen menos de 0.05 % de su extensión bajo este tipo de uso.

3.2 Subcuenta de condición de ecosistemas

La *subcuenta de condición* refleja, en términos generales, la calidad de un ecosistema en función de sus características y los cambios que ha experimentado, pues pro-

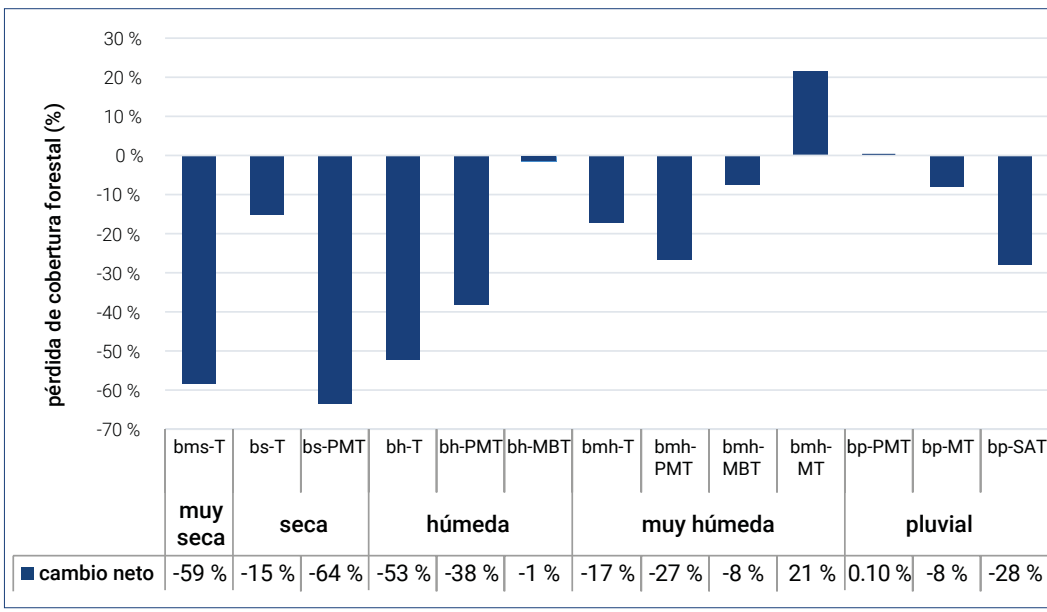
porciona información para evaluar la provisión de los servicios ecosistémicos (ONU *et al.*, 2014). Con base en mapas temáticos e imágenes satelitales, para esta subcuenta se estimaron 9 indicadores,[10] de los cuales en esta sección se presentan 3 de los más significativos.

Dinámica de la cobertura forestal. Al considerar que los bosques proveen diversos servicios ecosistémicos, un primer indicador es la dinámica de la cobertura forestal en cada ecosistema. La figura 7 muestra que, entre 1991 y 2014, el bosque húmedo tropical, que es el de mayor extensión nacional, perdió más de la mitad de su cobertura. La mayor parte de esta pérdida corresponde al suroeste de Petén.

Por otra parte, el bosque muy seco tropical, que representa una de las zonas de vida con menor extensión nacional, experimentó una pérdida del 59 % de su cobertura, lo que compromete la provisión de servicios asociados al bosque de este ecosistema. Solo 2 zonas de vida mostraron una ganancia neta de cobertura forestal: el bosque muy húmedo montano tropical (bmh-MT) y el bosque pluvial premontano tropical (bp-PMT).

Figura 7

Pérdida de cobertura forestal (%) según las provincias de humedad para el periodo 1991-2014 (sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge)

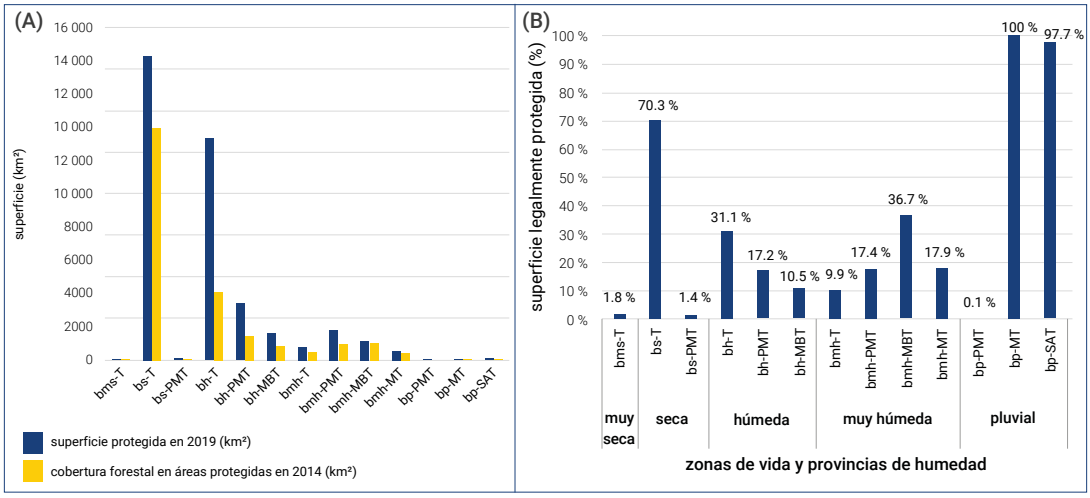


Nota. bms-T: bosque muy seco tropical; bs-T: bosque seco tropical; bs-PMT: bosque seco premontano tropical; bh-T: bosque húmedo tropical; bh-PMT: bosque húmedo premontano tropical; bh-MBT: bosque húmedo montano bajo tropical; bmh-T: bosque muy húmedo tropical; bmh-PMT: bosque muy húmedo premontano tropical; bmh-MBT: bosque muy húmedo montano bajo tropical; bmh-MT: bosque muy húmedo montano tropical; bp-PMT: bosque pluvial premontano tropical; bp-MT: bosque pluvial montano tropical; bp-SAT: bosque pluvial subandino tropical. Fuente: Ortiz (2021); Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra (2018).

10 Véase Ortiz (2021).

Figura 8

(A) Superficie legalmente protegida en 2019 y cobertura forestal (km²) por zona de vida al año 2014; (B) Superficie legalmente protegida (%) por zona de vida al año 2019



Nota. bms-T: bosque muy seco tropical; bs-T: bosque seco tropical; bs-PMT: bosque seco premontano tropical; bh-T: bosque húmedo tropical; bh-PMT: bosque húmedo premontano tropical; bh-MBT: bosque húmedo montano bajo tropical; bmh-T: bosque muy húmedo tropical; bmh-PMT: bosque muy húmedo premontano tropical; bmh-MBT: bosque muy húmedo montano bajo tropical; bmh-MT: bosque muy húmedo montano tropical; bp-PMT: bosque pluvial premontano tropical; bp-MT: bosque pluvial montano tropical; bp-SAT: bosque pluvial subandino tropical. Fuente: elaboración propia con base en Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad (2019) y Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra (2018).

Áreas protegidas. Un segundo indicador de la condición de los ecosistemas está relacionado con el establecimiento de áreas legalmente protegidas y la cobertura forestal que estas conservan. El bosque seco tropical (bs-T) y el bosque húmedo tropical (bh-T) agrupan el 77 % de la superficie protegida del país (figura 8-A). En estas zonas se encuentran, por ejemplo, la Reserva de la Biósfera Maya, el Parque Nacional Laguna del Tigre y la Sierra Lacandón, las cuales enfrentan constantes ritmos de deforestación debido a múltiples presiones y fuerzas impulsoras de carácter estructural.

A continuación, se encuentran el bosque húmedo premontano tropical (bh-PMT), el bosque muy húmedo premontano tropical (bmh-PMT) y el bosque húmedo montano bajo tropical (bh-MBT), donde se ubica otro 16.6 % de la extensión protegida nacional. En estas zonas de vida se ubica, por ejemplo, la Reserva de Biósfera Sierra de las Minas.

En cuanto a la extensión porcentual de la zona de vida que está legalmente protegida (figura 8-B), destaca que el 100 % del bosque pluvial montano tropical (bp-MT) se encuentra bajo protección legal, incluyendo las partes altas de los volcanes de Agua, Fuego y Acatenango, así como la zona núcleo de Sierra de las Minas.

El bosque pluvial subandino tropical (bp-SAT) está protegido en un 98 % de su territorio, lo que corresponde a las cimas de

los volcanes Tajumulco y Tacaná, así como la cumbre de los parques regionales K'ojlab'l Tze' te Tnom, Todos Santos Cuchumatán y Sibinal. También es significativo que el 70 % del bosque seco tropical (bs-T) esté bajo alguna categoría de protección, así como el 31 % del bosque húmedo tropical (bh-T) (Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad, 2019).

Las zonas de vida con menor porcentaje de área legalmente protegida son el bosque muy seco tropical (bms-T), el bosque seco premontano tropical (bs-PMT) y el bosque pluvial premontano tropical (bp-PMT), con menos del 2 % de su área bajo alguna forma de protección (figura 8-B, derecha) (Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad, 2019).

La zona de vida con mayor deforestación en sus áreas protegidas es el bosque pluvial premontano tropical (bp-PMT), que perdió por completo la cobertura forestal de su área protegida durante en el periodo 2001-2014. A continuación, se encuentran el bosque muy seco tropical (bms-T) y el bosque húmedo tropical (bh-T), los cuales presentaron una tasa de deforestación media anual de 4.83 % y 3.71 %, respectivamente.

Por su parte, se duplicó la cobertura forestal del bosque muy húmedo montano tropical (bmh-MT) durante el período 2001-2014, gracias a su aumento en los parques regionales municipales, las reservas naturales privadas y los conos volcánicos presentes en esta zona de vida.[11]

Es interesante analizar las áreas que, a pesar de no estar incluidas en el Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (Sigap), mantienen su cobertura forestal. En las tierras forestales catalogadas como de media, alta y muy alta regulación y captación hidrológica, la deforestación ha sido relativamente menor que en otras áreas del país, con una pérdida promedio de entre 1 % y el 10 % de la cobertura durante el período 1991-2014. Esto sugiere que una combinación de menor intensidad de presiones con esfuerzos de conservación dirigidos puede explicar estos resultados.

Otros esquemas que han logrado mantener estabilidad en la cobertura boscosa son de orden comunitario. Totonicapán, por ejemplo, tiene una tasa de deforestación de 0.04 % anual, una de las más bajas del país. Asimismo, las concesiones forestales de la Reserva de la Biósfera Maya en Petén han mantenido el 95.28 % de su cobertura forestal durante los últimos 20 años. Estos casos evidencian la relevancia de los esquemas cooperativos para la gestión de espacios naturales de interés común.

Índice diferencial normalizado de vegetación (NDVI). Un tercer indicador de la integridad ecológica de los ecosistemas es el índice diferencial normalizado de vegetación (NDVI, por sus siglas en inglés, figura 9), que expresa la relación entre la luz visible

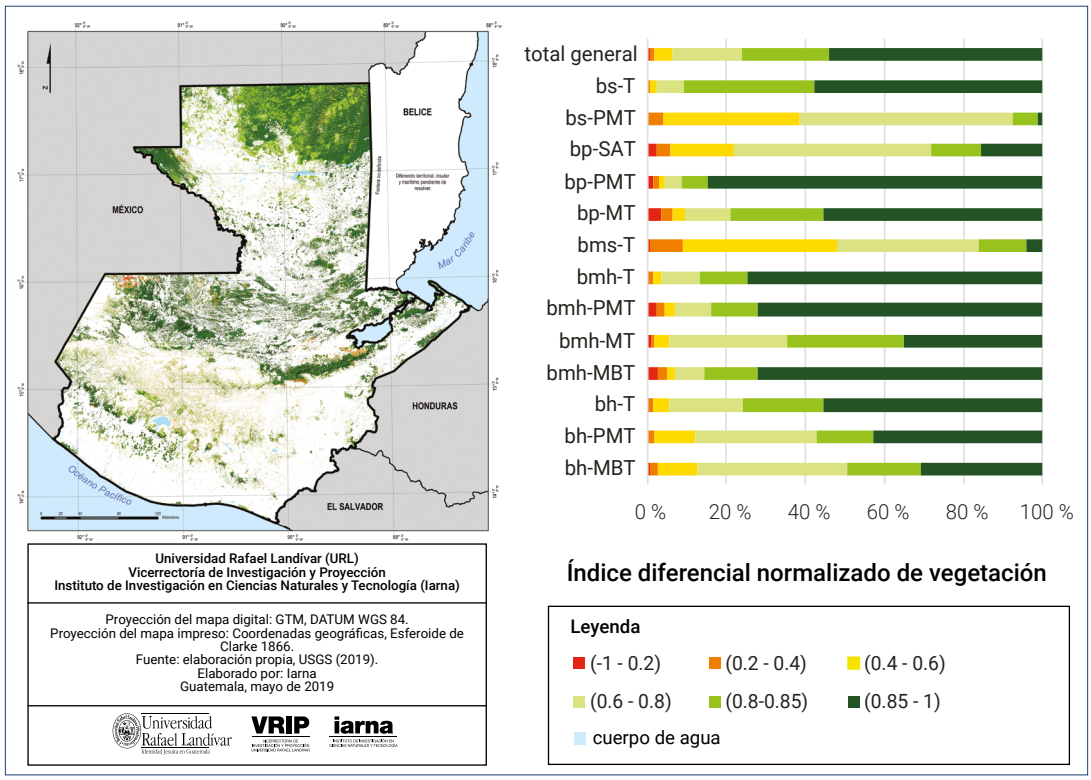
11 Las áreas protegidas en las que ocurrió el mayor incremento de cobertura forestal son: K'ojlab'l Tze´ te Tnom, Todos Santos Cuchumatán, cuenca del lago Atitlán, volcán Tacaná, Concepción Chiquirichapa, Los Altos de San Miguel Totonicapán, Saqbé (Quetzaltenango), volcán Tajumulco y volcán Zunil.

y la luz infrarroja a partir de imágenes satelitales. Este índice muestra la salud y densidad de la cobertura forestal, dado que los árboles presentan una alta reflectancia en el rango de la luz infrarroja y una baja reflectancia de la luz visible, la cual es absorbida por la clorofila para la fotosíntesis (El-Gammal *et al*., 2014).

Los hallazgos del NDVI se resumen en la figura 9, el cual fue estimado únicamente para las áreas con cobertura forestal. Las zonas de color verde obscuro muestran la cobertura forestal más densa y, presumiblemente, más saludable. Este tipo de vegetación se encuentra principalmente en la Sierra de las Minas, la Sierra de los Cuchumatanes y en el

Figura 9

Integridad ecológica de las áreas forestales con base en el índice diferencial normalizado de vegetación (NDVI) para Guatemala (año 2019)



Nota 1. Interpretación: valores debajo de 0.2 representan cuerpos de agua y áreas sin vegetación; valores entre 0.2 y 0.4 reflejan vegetación dispersa; valores entre 0.4 y 0.6 corresponden a vegetación moderadamente densa; y valores entre 0.6 y 1 indican vegetación densa (Al-doski *et al.*, 2013). *Nota 2.* Leyenda: bs-T: bosque seco tropical; bs-PMT: bosque seco premontano tropical; bp-SAT: bosque pluvial subandino tropical; bp-PMT: bosque pluvial premontano tropical; bp-MT: bosque pluvial montano tropical; bms-T: bosque muy seco tropical; bmh-T: bosque muy húmedo tropical; bmh-PMT: bosque muy húmedo premontano tropical; bmh-MT: bosque muy húmedo montano tropical; bmh-MBT: bosque muy húmedo montano bajo tropical; bh-T: bosque húmedo tropical; bh-PMT: bosque húmedo premontano tropical; bh-MBT: bosque húmedo montano bajo tropical. Fuente: elaboración propia con datos de Ortiz (2021).

bosque húmedo tropical (bh-T) de las Verapaces, seguida por el bosque seco tropical (bs-T) ubicado en el Petén. Los bosques con menor densidad de vegetación se ubican al norte de la cordillera volcánica.

La figura 9 revela que el territorio nacional exhibe una alta fragmentación de la vegetación (baja integridad) como resultado de un intenso cambio de uso de la tierra, lo que ha generado una degradación de los bienes y servicios ecosistémicos asociados. Bajo estas condiciones, los territorios ven significativamente reducida su capacidad para albergar poblaciones de flora y fauna, especialmente aquellas que requieren de grandes extensiones para conservar su viabilidad en el largo plazo.

3.3 Subcuenta de oferta de servicios ecosistémicos (términos físicos)

La declaración de áreas protegidas hace explícitos los objetivos clave de una sociedad respecto a la conservación de bienes y servicios que proporcionan los ecosistemas. En Guatemala, la declaratoria de áreas protegidas se lleva a cabo principalmente mediante decretos emitidos por el Congreso de la República, en los cuales se especifica el objetivo que busca alcanzar cada área protegida que conforma el Sigap.[12] Las áreas protegidas privadas, por su parte, se establecen a solicitud de los dueños de la tierra ante el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (Conap). En ambos casos, el instrumento legal de creación define los principales objetivos por los cuales la sociedad prefiere la conservación del ecosistema. Por ello, una primera aproximación a la oferta de servicios ecosistémicos puede estimarse a través de la sistematización de los objetivos expuestos en los instrumentos legales de constitución o declaración de las áreas protegidas que constituyen el Sigap.

Con base en los objetivos expuestos en el marco legal de su constitución, la *Cuenta de ecosistemas* estimó que el Sigap ofrece por lo menos 28 servicios ecosistémicos diferenciados. Utilizando la clasificación de servicios ecosistémicos de CICES (Haines-Young & Potschin, 2013), esta lista puede agruparse en servicios de provisión, culturales y de regulación. La figura 10 muestra los objetivos de conservación de 185 áreas protegidas revisadas.[13] De estas, 183 tienen como uno de sus objetivos principales la conservación de la biodiversidad.[14] El segundo objetivo de mayor relevancia en la declaratoria de áreas protegidas es el servicio de regulación del flujo y ciclo hidrológico, presente en 122 áreas protegidas. Le sigue el uso del ambiente para actividades recreativas, como el turismo, considerado un servicio cultural, que está incluido en 85 áreas protegidas. Por su parte, los servicios de provisión están asociados principalmente con el aprovechamiento de agua para consumo humano y de fibras y materiales de plantas silvestres que se encuentran disponibles en dichas áreas.

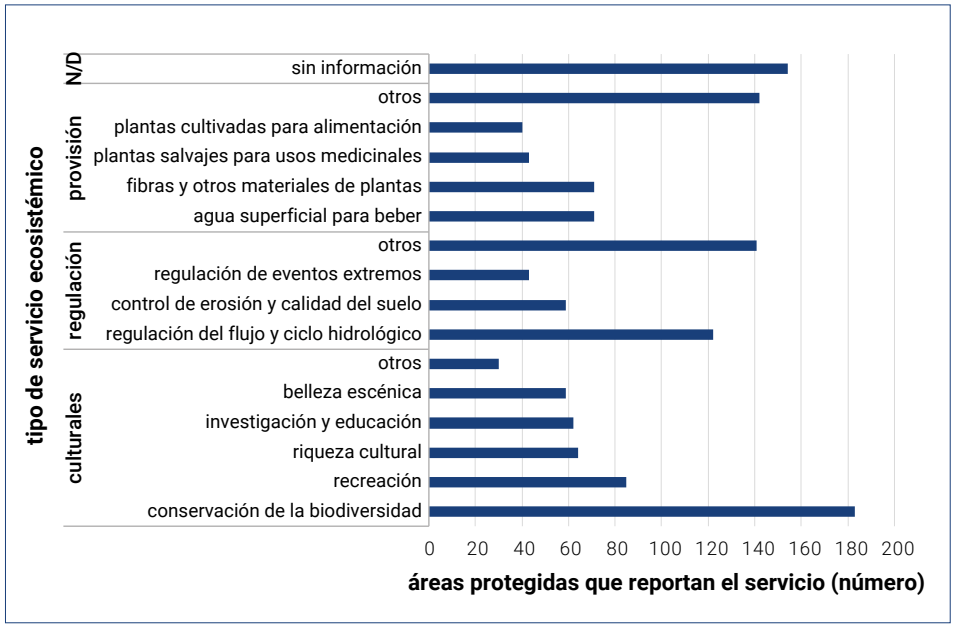
12 La declaratoria legal de ciertas categorías de manejo, como los parques regionales municipales, queda bajo la jurisdicción del Conap en la forma de una resolución, que bien puede ser fortalecida mediante un acuerdo gubernativo emitido por la Presidencia de la República.

13 Se compiló la información de 185 áreas protegidas que equivalen al 55 % de las 339 áreas protegidas reportadas por el Conap en enero de 2019, pero representan el 95 % de la extensión total del Sigap.

14 Este es el servicio reportado con mayor frecuencia, el cual pertenece a la clasificación de servicios ecosistémicos culturales.

Figura 10

Clasificación de bienes y servicios ecosistémicos que proveen las áreas protegidas que conforman el Sigap



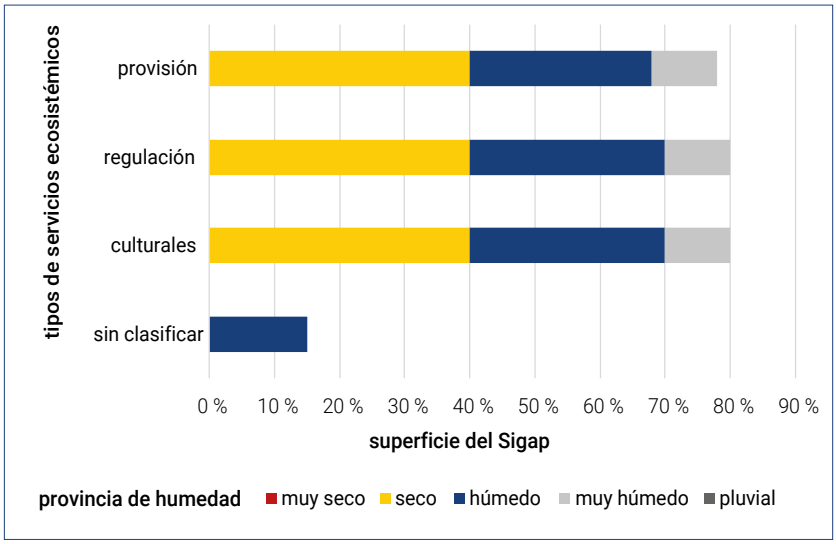
Nota. Información de cada área protegida. Los datos superan la cantidad de áreas protegidas, ya que para cada una se reportó uno o más servicios. Fuente: elaboración propia con base en datos del Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad (2019).

Las áreas protegidas pueden tener uno o más objetivos para su constitución. En general, las que reportan un mayor número de servicios son también las de mayor extensión territorial. Por ejemplo, la Reserva de la Biósfera Maya tiene entre sus objetivos de constitución la conservación de la biodiversidad y los servicios culturales, así como la provisión de bienes maderables y no maderables; la Sierra de las Minas tiene entre sus objetivos la conservación de la biodiversidad y la regulación del ciclo hidrológico. Las áreas protegidas de menor extensión, como las reservas naturales privadas, se enfocan en servicios de provisión relacionados con alimentos y en los servicios de regulación asociados, principalmente, al turismo y al agua.

Al analizar los servicios ecosistémicos en función de la superficie de las áreas protegidas ubicadas en cada zona de vida (figura 11), puede verse que el 85 % de los servicios son provistos por las zonas de vida de las provincias de humedad que incluyen las categorías seco, húmedo y muy húmedo. En estas provincias, el bosque seco tropical (bs-T) es el que presenta la mayor superficie derivada del aporte individual de las áreas protegidas que proveen determinados servicios ecosistémicos. Le siguen, en términos de extensión y diversidad de servicios reportados, el bosque húmedo tropical (bh-T) y el bosque húmedo premontano tropical (bh-PMT).

Figura 11

Servicios ecosistémicos que brindan las áreas protegidas del Sigap (%) según provincia de humedad (sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge)



Nota. El porcentaje del Sigap corresponde a la suma de la superficie de cada área protegida que reporta el servicio ecosistémico. Fuente: elaboración propia con base en datos de Ortiz (2021).

Sin embargo, se debe recordar que es importante conservar las zonas de vida con poca área a nivel nacional, como los bosques pluviales (bp-PMT, bp-MT y bp-SAT) o el bosque muy seco tropical, que albergan bienes y servicios estratégicos para el país.

3.4 Subcuenta de oferta de servicios ecosistémicos (términos monetarios)

En términos monetarios, esta subcuenta consiste en el análisis, compilación y valoración de los servicios ecosistémicos (ONU *et al*., 2014), lo que permite tener un parámetro estándar de comparación (Barbier, 2014a). Para esta subcuenta, se tomaron como referencia los informes y estudios de valoración realizados en diversas áreas protegidas del país y otras zonas, se compilaron los resultados de 21 ejercicios de valoración económica efectuados entre 1992 y 2019. Estos estudios representan al menos el 3 % del número de áreas protegidas del país, pero suman cerca del 70 % de la superficie del Sigap.

La tabla 1 muestra los resultados de las valoraciones actualizados a quetzales de 2023. En total, se analizan 32 servicios diferentes, de los cuales el 44 % pertenece a la categoría de provisión, el 38 % a la de regulación y el restante 18 % corresponde a servicios culturales. Los servicios valorados con mayor frecuencia se relacionan con la provisión de agua (para riego, consumo humano o industrial) y la regulación

hídrica. Les siguen, en términos de frecuencia, la provisión de alimentos y el turismo. Los métodos de valoración más utilizados fueron los precios de mercado y la valoración contingente. En total, el valor del flujo anual de servicios en estas áreas asciende a GTQ 26 184.74 millones en quetzales corrientes de 2023.[15]

Tabla 1

Valoraciones económicas (millones anuales de quetzales de 2023)[16] *de diferentes servicios para 21 áreas dentro y fuera del Sigap con una extensión total de 9403 km²*

Tipo de servicio	Uso			No uso		Total general
	Directo	Indirecto	Opción	Existencia	Legado	
provisión	**15 789.33**	**-**	**-**	**-**	**-**	**15 789.33**
agua para consumo humano	91.42	-	-	-	-	91.42
agua para fines domésticos	64.65	-	-	-	-	64.65
agua utilizada para agricultura	0.42	-	-	-	-	0.42
agua utilizada para industria	29.45	-	-	-	-	29.45
comercio	53.49	-	-	-	-	53.49
fuente de energía	14 572.31	-	-	-	-	14 572.31
materia prima (especies arbóreas)	1.50	-	-	-	-	1.50
provisión de alimentos (agricultura)	340.56	-	-	-	-	340.56
provisión de alimentos (maíz mejorado)	0.11	-	-	-	-	0.11
provisión de alimentos (maíz)	3.76	-	-	-	-	3.76
provisión de alimentos (pesca)	7.16	-	-	-	-	7.16
provisión de xate	9.54	-	-	-	-	9.54
suministro de agua	28.60	-	-	-	-	28.60
transporte acuático	586.36	-	-	-	-	586.36
regulación	**-**	**4297.48**	**-**	**-**	**-**	**4297.48**
ciclaje de nutrientes	-	3647.98	-	-	-	3647.98
control de erosión	-	21.93	-	-	-	21.93
control de inundaciones	-	8.17	-	-	-	8.17
control de malezas	-	0.10	-	-	-	0.10
degradación de desechos	-	46.72	-	-	-	46.72
estabilización del suelo	-	115.98	-	-	-	115.98
fijación de nitrógeno [/a]	-	0.00	-	-	-	0.00
filtración del agua	-	18.26	-	-	-	18.26
polinización	-	0.16	-	-	-	0.16
regulación hídrica	-	380.23	-	-	-	380.23
retención de tóxicos y sedimentos	-	2.56	-	-	-	2.56
secuestro de carbono	-	55.38	-	-	-	55.38

15 El valor del flujo anual se ajustó para cada año utilizando el índice de precios al consumidor (IPC), para obtener su valor en términos de quetzales de 2023.

16 La Cuenta de Ecosistemas de Guatemala, publicada originalmente por Ortiz (2021), utiliza quetzales de 2019, por lo que esta tabla actualiza la información y su análisis a 2023.

Tipo de servicio	Uso			No uso		Total general
	Directo	Indirecto	Opción	Existencia	Legado	
culturales	**776.13**	**0.18**	**100.02**	**0.34**	**5221.26**	**6097.93**
actividades sociales, religiosas, académicas y culturales	0.02	-	-	-	-	0.02
belleza escénica	-	-	-	-	37.91	37.91
características biofísicas	-	-	99.06	36.19	5183.35	5318.60
conservación de biodiversidad	-	-	0.96	-	-	0.96
recuperación de la salud	-	0.18	-	-	-	0.18
turismo	776.11	-	-	-	-	776.11
total general	16 565.46	4297.66	100.02	0.34	5221.26	26 184.74

Nota. [a/] Equivale a un valor de GTQ 3060.00/año (para un área de 5.67 km^2). Fuente: elaboración propia con base en Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad (2019).

La metodología propuesta en la *Cuenta de ecosistemas* sugiere estimar el valor presente neto de los servicios ecosistémicos a una rotación de 25 años que, en el caso de Guatemala, es de GTQ 387 132 millones.[17] Este dato evidencia el aporte de los ecosistemas a la economía y a la sociedad. Sin embargo, estos valores no consideran la posible pérdida de los servicios, ya que se asume que se mantiene la calidad de los ecosistemas y, por ende, del valor anual de provisión.

Sutton *et al*. (2016) estimaron el valor económico de los servicios ecosistémicos para Guatemala del período 2004-2016[18], y encontraron que estos se redujeron de USD 57 mil millones en 2004, a USD 48 mil millones en 2015, lo que representa una disminución del 15.9 % debido a procesos de degradación de la tierra. Estos valores fueron obtenidos tomando la producción primaria neta como oferta y la apropiación humana de la producción primaria neta como demanda. Se combinó el valor monetario de cada uso de la tierra, la extensión dentro de cada país y la degradación de la tierra basándose en la premisa de que la degradación reduce la productividad de los ecosistemas y, en consecuencia, el valor de los bienes y servicios ecosistémicos.

El valor del flujo anual estimado en la *Cuenta de ecosistemas de Guatemala* asciende a GTQ 26 184 millones, correspondiente a un 8 % del área del país. En concordancia con este dato, el estudio de Sutton *et al.* (2016) consideró el área total del país, de modo que el 8 % del valor estimado en dicho estudio para 2015 corresponde aproximadamente a GTQ 29 mil millones. Sin embargo, las metodologías usadas varían en cuanto a la fuente de información, el año de referencia y la delimitación de las áreas. Además, utilizar una escala mundial reduce el nivel de precisión de los valores para cada país, en comparación con la escala local o regional empleada en los estudios de valoración nacionales.

17 Se utilizó la tasa de descuento del 2.75 %, que es la tasa líder reportada por el Banco de Guatemala para 2019.
18 El estudio involucró una superficie de 109 829 km^2, considerando ecosistemas terrestres y acuáticos.

Asimismo, el valor estimado en la *Cuenta* no es exhaustivo en cuanto a todos los servicios que potencialmente pueden proveer las áreas, especialmente al considerar la escasez de ejercicios de valoración relacionados con los servicios culturales (incluyendo actividades sociales, religiosas, académicas y culturales; conservación de biodiversidad y recuperación de la salud) y de servicios de no uso (de opción y de legado), lo cual sugiere que el valor de los servicios a nivel del Sigap y los demás ecosistemas es considerablemente mayor al estimado en la *Cuenta*.

4. Servicios ecosistémicos de Guatemala en perspectiva

Guatemala cuenta con una diversidad documentada de ecosistemas, un patrimonio natural que constituye la base para el desarrollo nacional, siempre y cuando sean valorados en su justa dimensión, tanto en términos monetarios como no monetarios.

Mas allá de los ejercicios de valoración que solamente tienen el propósito de dar sostén a políticas públicas encaminadas a gestionar integralmente los ecosistemas, la población guatemalteca conoce sobre la importancia de la biodiversidad para la provisión de servicios de diversas categorías. Por ejemplo, Enríquez *et al*. (2018) estimaron que en el corredor biológico del bosque nuboso se utilizan hasta 142 especies de plantas y hongos para fines medicinales, comestibles y ornamentales. Una parte significativa de estas especies son recolectadas de los bosques húmedos durante diferentes meses en el año, lo que representa una fuente importante de ingresos para las comunidades rurales. Por otro lado, más de la mitad de la población guatemalteca sigue utilizando leña proporcionada por los bosques para atender sus necesidades energéticas cotidianas (Instituto de Investigación en Ciencias Naturales y Tecnología, 2022).

Los bosques primarios proporcionan más bienes y servicios ecosistémicos en comparación con los bosques secundarios o degradados, que generalmente tienen menor capacidad para proveer dichos servicios, excepto por el potencial de captura de carbono (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 2016). Los ecosistemas húmedos, dada la composición de sus suelos, el tamaño y la configuración del dosel, ofrecen a la sociedad recursos maderables, diversidad de fauna y servicios de regulación climática (Balvanera, 2012). En las zonas de vida secas o muy secas los arbustales pueden ser predominantes, ya que representan la asociación vegetal clímax. En otras zonas de vida, la presencia de arbustales puede ligarse con el estado sucesional de los bosques. En el caso de los ecosistemas húmedos, los arbustales se regeneran a través de procesos naturales tras eventos de perturbación, tanto naturales como humanos, dando paso a sucesiones de bosque con diferentes estructuras de dosel.

Los sistemas agroforestales permiten proveer servicios al desarrollar procesos similares a los que tienen lugar en un ecosistema natural. De Beenhouwer *et al*. (2013) encontraron que los sistemas agroforestales con diversidad de árboles pueden proveer hasta un 63 % de los servicios ecosistémicos que brindan los bosques naturales.

Aunque las áreas legalmente protegidas y otras tierras con integridad ecológica considerable tienen la capacidad de proveer servicios ecosistémicos bajo las condiciones actuales, resulta importante abordar cómo se verá afectada la provisión de estos servicios bajo los efectos del cambio y la variabilidad climática. La sostenibilidad en la provisión de muchos servicios está ligada a la resiliencia que exhiben los ecosistemas. Desde esta perspectiva, la conservación de la biodiversidad es un elemento que abona a la resiliencia. El Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente (2011) estimó el impacto del cambio climático en los ecosistemas, y encontró que las zonas de vida tenderán hacia condiciones más secas. En esta línea, Molina (2014) determinó un aumento de la temperatura de 1.16 °C y una disminución en el régimen de lluvias de 1.47 % en el área de los Cuchumatanes (bh-MBT) para un período de 20 años en adelante. Estos cambios acelerados en el clima impactarán en la configuración de las poblaciones vegetales, incluyendo periodos de letargo, germinación y floración de las plantas.

Los ecosistemas nacionales, en definitiva, están perdiendo la capacidad de proveer bienes y servicios debido a la deforestación sostenida (pérdida total) y la degradación en diferentes niveles (pérdida cualitativa). Las subcuentas de extensión y de condición de los ecosistemas de Guatemala muestran una disminución en la cobertura forestal a nivel nacional, fuera y dentro de áreas legalmente protegidas. El bosque húmedo tropical (bh-T) perdió el 41 % de su extensión entre 2001 y 2014, pero también se trata del ecosistema donde se encuentran los parches de bosque continuo de mayor extensión en el país. Esta pérdida de cobertura ha sido la tercera más grande en proporción y la mayor en extensión de todas las zonas de vida, lo cual generó un aislamiento del remanente boscoso de Petén. La pérdida de cobertura forestal es crítica en las zonas de vida de bosque pluvial premontano tropical (bp-PMT) y bosque seco premontano tropical (bs-PMT). Aunque representan una menor importancia porcentual dentro del Sigap, sus áreas protegidas perdieron el 100 % y 43 % de la cobertura forestal entre 2001 y 2014, respectivamente.

Kubiszewski *et al*. (2017) plantearon cuatro escenarios socioeconómicos y de uso de la tierra plausibles para 2050, que originan diferentes valores para la futura provisión de servicios ecosistémicos. Estos escenarios consideran modelos que van desde una explotación inmoderada de los recursos para mantener las demandas del mercado hasta la cooperación social y reformas políticas. En el escenario más pesimista, el valor de los servicios ecosistémicos de Guatemala se reduciría en un 21 % en 50 años. Este escenario se caracteriza por una respuesta autoritaria por parte de las élites que aseguran sus privilegios mediante el control de la población empobrecida y el manejo de recursos naturales clave, mientras que fuera de esta élite se destruye el ambiente. En el escenario más optimista, el valor de los servicios incrementa en un 20 %, bajo el supuesto de que existe un nuevo orden socioeconómico que preserva los sistemas naturales y provee bienestar social equitativo.

En el país existen experiencias políticas que pueden promoverse para la conservación de los ecosistemas y la provisión de bienes y servicios. A pesar de su escasez, debido a

su escala y duración, se pueden señalar los esquemas que incorporan la participación de comunidades que viven cerca o en las áreas protegidas. Las concesiones forestales en Petén y los bosques comunitarios en diferentes localidades del país proveen lecciones de política que pueden retomarse y promoverse. En general, los esquemas de gestión de áreas legalmente protegidas, incentivos forestales y licencias de manejo forestal han tenido alcances limitados, ya que las tasas de deforestación son sostenidas y rebasan cualquier ritmo de recuperación de cobertura a través de plantaciones o de mantenimiento mediante planes de manejo forestal. Sin duda, tienen un potencial de mejora, pero para ello es indispensable optimizar los esquemas institucionales vigentes.

En términos más técnicos, se requiere también promover la restauración en las zonas de vida que presentan mayores índices de degradación y deforestación. De igual forma, se debe promover la conectividad de las zonas de vida para asegurar condiciones adecuadas para proveer bienes y servicios ecosistémicos. De nuevo, es indispensable mejorar los actuales instrumentos políticos.

La *Cuenta de ecosistemas de Guatemala* ha mostrado que uno de los principales servicios que brindan las áreas legalmente protegidas del país es el turismo. Sin embargo, muchas no cuentan con la infraestructura, las capacidades institucionales, el involucramiento comunitario apropiado ni la seguridad necesaria para optimizar este servicio. Fortalecer estas áreas de manera integral es una condición clave para dar estabilidad a los servicios de recreación.

5. Conclusiones generales

La *Cuenta de ecosistemas de Guatemala* es un marco sistemático y adecuado para analizar los servicios que prestan los ecosistemas a la sociedad. Guatemala cuenta con una gran diversidad de ecosistemas y servicios que sustentan el bienestar material y espiritual de sus igualmente diversas comunidades. La estructura de la *Cuenta* permite analizar las principales dinámicas de la biodiversidad e identificar los principales servicios ecosistémicos que provee cada unidad territorial.

La *Cuenta de ecosistemas de Guatemala* proporciona información certera y útil para generar o fortalecer políticas y acciones orientadas a la valoración integral y el cuidado de los ecosistemas estratégicos y los servicios que otorgan.

La valoración económica permite dimensionar el aporte relativo de los ecosistemas a la economía y a la sociedad, lo que facilita su comparación con indicadores económicos tradicionales como el PIB nacional y desagregado por actividad, de manera que aporta insumos para el diseño de políticas públicas de desarrollo. Los valores monetarios no reflejarán por completo la importancia de los ecosistemas para las personas y la economía, ya que esta dependerá de las características particulares de los ecosistemas y de la población que depende de ellos.

De la *Cuenta de ecosistemas de Guatemala* se derivan diversas recomendaciones políticas, las cuales pueden enfocarse a nivel territorial. En primer lugar, es urgente detener la deforestación de las masas forestales

que aún son viables para proveer bienes y servicios ecosistémicos. Para ello se pueden redirigir los instrumentos de la política forestal existentes, con objetivos claramente focalizados por territorio. La promoción de corredores biológicos, la gestión adecuada del sistema de áreas protegidas y la priorización de áreas para programas forestales según su zona de vida son elementos que contribuyen a la conservación de ecosistemas y a la provisión de servicios ambientales; la política forestal no los ha abordado de manera integral.

Hasta ahora la *Cuenta de ecosistemas de Guatemala* permite identificar áreas estratégicas para la provisión de servicios ecosistémicos, sin embargo, no agota aún su potencial de análisis y de provisión de hallazgos para retroalimentar políticas públicas y acciones privadas. Por ejemplo, se deben profundizar los análisis en ecosistemas específicos, especialmente para considerar, por ejemplo, ecosistemas no forestales como los acuáticos.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Juventino Gálvez sus valiosos comentarios al borrador inicial, así como su contribución en la edición técnica del presente artículo; los aciertos o errores son responsabilidad exclusiva de los autores.

Referencias

Ahlroth, S. (2014). *Designing pilots for ecosystem accounts: Working paper.* The World Bank Group. https://www.wavespartnership.org/es/node/348

Al-doski, J., Mansor, S., & Mohd, H. (2013). NDVI Differencing and Post-classification to Detect Vegetation. *Journal of Applied Geology and Geophysics, 1*(2): 1-10.

Allsopp, M. H., De Lange, W. J., & Veldtman, R. (2008). Valuing Insect Pollination Services with Cost Replacement. *PLoS ONE, 3*(9), e3128. https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0003128

Angeler, D. & Allen, C. (2016). Quantifying resilience. *Journal of Applied Ecology, 53*, 617-624. https://doi.org/10.1111/1365-2664.12649

Balvarena, P. (2012). Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales. *Ecosistemas, 21*(1-2), 136-147. https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/33/29

Banco de Guatemala e Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. (2009a). *Cuenta integrada de tierra y ecosistemas (SCAEI)* (folleto divulgativo n.º 8). Universidad Rafael Landívar.

Banco de Guatemala e Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. (2009b). *El Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica Integrada. Síntesis de hallazgos de la relación ambiente y economía en Guatemala* (documento n.º 26). Universidad Rafael Landívar.

Barbier, E. B. (2014a). Account for depreciation of natural capital. *Nature*, *515*, 32-33. https://doi.org/10.1038/515032a

Barbier, E. B. (2014b). Challenges to ecosystem service valuation for wealth accounting. *Inclusive Wealth Report 2014.* Cambridge University Press, 159-177.

Boerema, A., Rebelo, A. J., Bodi, M., Esler, K., & Meire, P. (2017). Are ecosystem services adequately quantified? *Journal of Applied Ecology, 54*(2), 358-370. https://doi.org/10.1111/1365-2664.12696

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. (2016). *Definición de bosques secundarios y degradados en Centroamérica*.

Christie, M., Fazey, I., Cooper, R., Hyde, T., & Kenter, J. (2012). An evaluation of monetary and non-monetary techniques for assessing the importance of biodiversity and ecosystem services to people in countries with developing economies. *Ecological Economics, 83*, 67-78. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.08.012

De Beenhouwer, M., Aerts, R., & Honnay, O. (2013). A global meta-analysis of the biodiversity and ecosystem service benefits of coffee and cacao agroforestry. *Agriculture, ecosystems y environment, 175,* 1-7. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167880913001424

De Groot, R., Wilson, M., & Boumans, R. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods, and services. *Ecological Economics, 41*, 393–408. https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00089-7

El-Gammal, M., Ali, R., & Samra, R. (2014). NDVI threshold classification for detecting vegetation cover in Damietta governorate, Egypt. *Journal of American Science, 10*(8), 108-113.

Enríquez, M., Fernández, S. y Sierra, C. (2018). *Implementación de prácticas para la conservación de la biodiversidad nativa y aumento de la resiliencia comunitaria frente al cambio climático en Purulhá, Baja Verapaz, Guatemala.* Dirección General de Investigación, Universidad de San Carlos de Guatemala.

European Commission. (2018). *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services: An analytical framework for mapping and assessment of ecosystem condition in EU. Discussion paper.*

Fisher, B., Turner, R. K., & Morling, P. (2009). Defining and Classifying Ecosystem Services for Decision Making. *Ecological Economics, 68*, 643-653. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.09.014

Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra. (2018). *Mapa de bosques y uso de la tierra 2014* [manuscrito no publicado].

Haines-Young, R., & Potschin, M. (2013). *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): Consultation on Version 4, August-December 2012*. University of Nottingham. https://cices.eu/content/uploads/sites/8/2012/07/CICES-V43_Revised-Final_Report_29012013.pdf

Hein, L., Bagstad, K. J., Obst, C., Edens, B., Schenau, S., Castillo, G., Soulard, F., Brown, C., Driver, A., Bordt, M., Steurer, A., Harris, R., & Caparrós, A. (2020). Progress in natural capital accounting for ecosystems. *Science, 367*(6477), 514-515. https://doi.org/10.1126/science.aaz8901

Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. (2011). *Cambio climático y biodiversidad. Elementos para analizar sus interacciones en Guatemala con un enfoque ecosistémico* (documento n.º 37). Universidad Rafael Landívar.

Instituto de Investigación en Ciencias Naturales y Tecnología. (2022). *Bosques*. Editorial Cara Parens.

Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad. (2018). *Ecosistemas de Guatemala basado en el sistema de clasificación de zonas de vida.* Universidad Rafael Landívar.

Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad. (2019). *Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica de Guatemala* [base de datos].

Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. (2018). *The IPBES regional assessment report on biodiversity and ecosystem services for the Americas* (J. Rice, C. S. Seixas, M. E. Zaccagnini, M. Bedoya-Gaitán, & N. Valderrama, eds.). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.

Jørgensen, S. (2012). *Introduction to Systems Ecology.* CRC Press, Taylor & Francis Group.

Kubiszewski, I., Costanza, R., Anderson, S., & Sutton, P. (2017). The future value of ecosystem services: Global scenarios and national implications. *Ecosystem Services, 26*, 289-301. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.05.004

La Notte, A., D'Amato, D., Mäkinen, H., Paracchini, M., Liquete, C., Egoh, B., Geneletti, D., & Crossman, N. (2017). Ecosystem services classification: A systems ecology perspective of the cascade framework. *Ecological Indicators, 74*, 392–402. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.11.030

Lyn, H. (2015). Thermodynamic entropy fluxes reflect ecosystem characteristics and Succession. *Ecological Modelling, 298*, 75–86. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2014.10.024

Martín-López, B., Gómez-Bagghetun, E., González, J., & Lomas, P. (2009). The Assessment of ecosystem services provided by biodiversity: Re-thinking concepts and research needs. En J. B. Aronoff (ed.), *Handbook of Nature Conservation* (pp. 261-282). Nova Science Publishers.

Molina, R. (2014). *Cambios en la composición, abundancia y distribución de la vegetación vascular herbácea de la Sierra de Los Cuchumatanes y de la Antártida y posibles relaciones con el cambio climático* [tesis de grado, Universidad Rafael Landívar].

Mouchet, M., Lamarque, P., Martín- López, B., Grouzat, E., Gos, P., Byczek, C., & Lavorel, S. (2014). An interdisciplinary methodological guide for quantifying associations between ecosystem services. *Global Environmental Change, 28*, 298–308. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.07.012

Organización de las Naciones Unidas. (2000). *Integrated Environmental and Economic Accounting an Operational Manual.* https://digitallibrary.un.org/record/425034?v=pdf

Organización de las Naciones Unidas. (2021). *System of Environmental-Economic Accounting— Ecosystem Accounting (SEEA EA).* https://seea.un.org/ecosystem-accounting

Organización de las Naciones Unidas, Comisión Europea, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, International Monetary Fund, Organización para la Cooperación y Desarrollo y Banco Mundial. (2014). *System of Environmental-Economic Accounting 2012: Experimental Ecosystem Accounting*. Organización de las Naciones Unidas. https://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seearev/eea_final_en.pdf

Ortiz, S. (2021). *Cuenta de Ecosistemas de Guatemala* (Ed. J. Gálvez). Banco Mundial, Gobierno de la República de Guatemala, Alianza Mundial para la Contabilidad de la Riqueza y la Valoración de los Servicios de los Ecosistemas e Instituto de Investigación en Ciencias Naturales y Tecnología/Vicerrectoría de Investigación y Proyección/ Universidad Rafael Landívar.

Pascual, U., Muradian, R., Brander, L., Gómez-Baggethun, E., Martín-López, B., & Verma, M. (2010). The economics of valuing ecosystem services and biodiversity. Ecological and economic foundations. En P. Kumar (ed.), *The Economics of Ecosystem and Biodiversity* (pp. 188-257). Routledge. https://www.researchgate.net/publication/303444184_The_Economics_of_Valuing_Ecosystem_Services_and_Biodiversity

Schröter, M., Barton, D. N., Remme, R. P., & Hein, L. (2014). Accounting for capacity and flow of ecosystem services: A conceptual model and a case study for Telemark, Norway. *Ecological Indicators, 36*, 539–551. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.09.018

Sutton, P., Anderson, S., Costanza, R., & Kubiszewski, I. (2016). The ecological economics of land degradation: Impacts on ecosystem service values. *Ecological Economics, 129*, 182-192. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.06.016

The Economics of Ecosystems & Biodiversity. (2010). *The Economics of Ecosystems & Biodiversity: Mainstreaming the economics of nature: A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB*. Progress Press.

UN Committee of Experts on Environmental-Economic Accounting. (2017). *Technical Recommendations in support of the System of Environmental-Economic Accounting 2012*. United Nations. https://seea.un.org/sites/seea.un.org/files/technical_recommendations_in_support_of_the_seea_eea_final_white_cover.pdf

Veliz, M. (2000). *La composición florística de la meseta alta de la Sierra de los Cuchumatanes, Huehuetenango, Guatemala: Herbario Bigua*. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Villamagna, M., Angermeier, P., & Bennett, E. (2013). Capacity, pressure, demand, and flow: A conceptual framework for analyzing ecosystem service provision and delivery. *Ecological Complexity, 15*, 114–121. https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2013.07.004

Zhang J., Gurkan Z., & Jørgensen, S. (2010). Application of eco-exergy for assessment of ecosystem health and development of structurally dynamic models. *Ecological Modelling, 221,* 693–702. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2009.10.017