

Cuenta de **ecosistemas** de Guatemala



WITZ

k'ichelaj

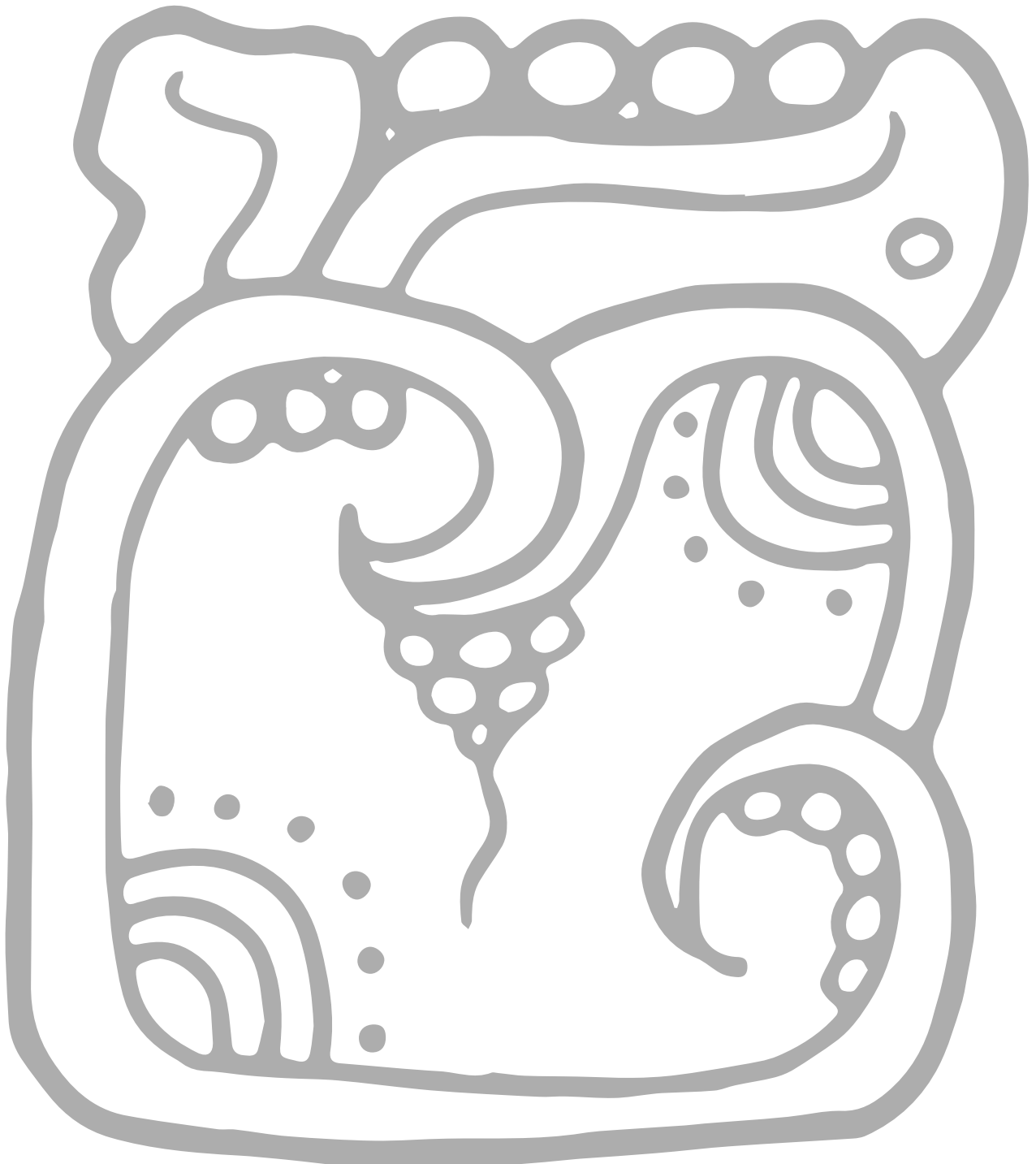
k'achelaj

k'iche'

montaña

mountain

Cuenta de
ecosistemas
de Guatemala



Segunda edición

Cuenta de **ecosistemas** de Guatemala

Segunda edición

Guatemala, diciembre de 2021

© The World Bank, Government of the Republic of Guatemala, Wealth Accounting and the Valuation of Ecosystem Services (WAVES), & Institute of Research on Natural Sciences and Technology (Iarna)/Vice-Rectorate of Research and Outreach (VRIP)/Rafael Landívar University (URL)

1818 H Street NW, Washington, DC 20433

Telephone: 202-473-1000; internet: www.worldbank.org

This work is a product of the staff of The World Bank with external contributions. The findings, interpretations, and conclusions expressed in this work do not necessarily reflect the views of The World Bank, its Board of Executive Directors, or the governments they represent. The World Bank does not guarantee the accuracy of the data included in this work. The boundaries, colors, denominations, and other information shown on any map in this work do not imply any judgment on the part of The World Bank concerning the legal status of any territory or the endorsement or acceptance of such boundaries.

Nothing herein shall constitute or be considered to be a limitation upon or waiver of the privileges and immunities of The World Bank, all of which are specifically reserved.

You are free to copy, distribute, transmit, and adapt this work, including for commercial purposes, under the following conditions:

Attribution—Please cite the work as follows: The World Bank, Government of the Republic of Guatemala, Wealth Accounting and the Valuation of Ecosystem Services, & Institute of Research on Natural Sciences and Technology/Vice-Rectorate of Research and Outreach/Rafael Landívar University. (2021). *Ecosystems account of Guatemala*.

Translations—If you create a translation of this work, please add the following disclaimer along with the attribution: This translation was not created by The World Bank, Government of the Republic of Guatemala, Wealth Accounting and the Valuation of Ecosystem Services or Institute of Research on Natural Sciences and Technology/Vice-Rectorate of Research and Outreach/Rafael Landívar University, and should not be considered an official translation of the copyright owners. The copyright owners shall not be liable for any content or error in this translation.

Adaptations—If you create an adaptation of this work, please add the following disclaimer along with the attribution: This is an adaptation of an original work by The World Bank, Government of the Republic of Guatemala, Wealth Accounting and the Valuation of Ecosystem Services, & Institute of Research on Natural Sciences and Technology/Vice-Rectorate of Research and Outreach/Rafael Landívar University. Views and opinions expressed in the adaptation are the sole responsibility of the author or authors of the adaptation and are not endorsed by the copyright owners.

Third-party content—The World Bank does not necessarily own each component of the content contained within the work. The World Bank therefore does not warrant that the use of any third-party-owned individual component or part contained in the work will not infringe on the rights of those third parties. The risk of claims resulting from such infringement rests solely with you. If you wish to reuse a component of the work, it is your responsibility to determine whether permission is needed for that reuse and to obtain permission from the copyright owner. Examples of components can include, but are not limited to, tables, figures, or images.

All queries on rights and licenses should be addressed to World Bank Publications, The World Bank Group, 1818 H Street NW, Washington, DC 20433, USA; e-mail: pubrights@worldbank.org.

Cover design: Cecilia Cleaves

© 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 (WAVES) e Instituto de Investigación en Ciencias Naturales y Tecnología (Iarna)/Vicerrectoría de Investigación y Proyección (VRIP)/Universidad Rafael Landívar (URL)

1818 H Street NW, Washington, DC 20433

Teléfono: 202-473-1000; internet: www.worldbank.org

El presente documento ha sido realizado por el personal del Banco Mundial, con aportaciones externas. Las opiniones, las interpretaciones y las conclusiones aquí expresadas no son necesariamente reflejo de la opinión del Banco Mundial, de su Directorio Ejecutivo ni de los países representados por este. El Banco Mundial no garantiza la exactitud de los datos que figuran en esta publicación. Las fronteras, los colores, las denominaciones y demás datos que aparecen en los mapas de este documento no implican juicio alguno, por parte del Banco Mundial, sobre la condición jurídica de ninguno de los territorios, ni la aprobación o aceptación de tales fronteras.

Nada de lo aquí contenido constituirá ni podrá considerarse una limitación ni una renuncia de los privilegios y las inmunidades del Banco Mundial, todos los cuales están reservados específicamente.

Queda permitido copiar, distribuir, transmitir y adaptar esta obra, incluso para fines comerciales, bajo las siguientes condiciones:

Cita de la fuente: La obra debe citarse de la siguiente manera: 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/Universidad Rafael Landívar. (2021). *Cuenta de Ecosistemas de Guatemala*.

Traducciones: En caso de traducirse la presente obra, la cita de la fuente deberá ir acompañada de la siguiente nota de exención de responsabilidad: "La presente traducción no es obra del 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/Universidad Rafael Landívar, y no deberá considerarse traducción oficial de este. Los dueños del *copyright* no responderán por el contenido ni los errores de la traducción".

Adaptaciones: En caso de hacerse una adaptación de la presente publicación, la cita de la fuente deberá ir acompañada de la siguiente nota de exención de responsabilidad: "Esta es una adaptación de un documento original del 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/Universidad Rafael Landívar. Las opiniones y los puntos de vista expresados en esta adaptación son exclusiva responsabilidad de su autor o sus autores y no están avalados por los dueños del *copyright*".

Contenido de terceros: El Banco Mundial no es necesariamente propietario de todos los componentes de esta obra, por lo que no garantiza que el uso de cualquier componente o parte de ella perteneciente a terceros no violará los derechos de estos. El riesgo de reclamación derivado de dicha violación correrá por exclusiva cuenta del usuario. En caso de que se desee reutilizar algún componente de esta obra, será responsabilidad del usuario determinar si debe solicitar autorización y obtener dicho permiso del propietario de los derechos de autor. Como ejemplos de componentes se pueden mencionar los cuadros, los gráficos y las imágenes, entre otros.

Toda consulta sobre derechos y licencias deberá enviarse a la siguiente dirección: World Bank Publications, The World Bank Group, 1818 H Street NW, Washington, DC 20433, EE. UU.; correo electrónico: pubrights@worldbank.org.

Diseño de portada: Cecilia Cleaves

Agradecimientos

Este informe ha sido elaborado dentro del marco de la Alianza Mundial para la Contabilidad de la Riqueza y la Valoración de los Servicios de los Ecosistemas (WAVES), liderada por el Banco Mundial.

WAVES Guatemala está conformada por diversas instituciones de Gobierno (Instituto Nacional de Estadística, Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Ministerio de Finanzas Públicas, Banco de Guatemala e Instituto Nacional de Bosques) y es dirigida por la Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia.

Las cuentas de flujo y activos del marco del SCAE se encuentran en proceso de actualización, para lo cual WAVES Guatemala está trabajando en conjunto con el Instituto de Investigación en Ciencias Naturales y Tecnología (Iarna) de la Vicerrectoría de Investigación y Proyección (VRIP) de la Universidad Rafael Landívar (URL), a través del Departamento Interdisciplinar de Ambiente y Economía.

Esta publicación corresponde a la segunda edición de la *Cuenta experimental de ecosistemas de Guatemala*, publicada originalmente en 2019. Su preparación estuvo a cargo de Sara Ortiz (autora) y Juventino Gálvez (editor técnico general) del Iarna.

La revisión por pares fue realizada por Irene Alvarado y Renato Vargas. El comité editorial estuvo conformado por Juan Pablo Castañeda (Banco Mundial) y Cecilia Cleaves, Raúl Maas, Ottoniel Monterroso y Jaime Luis Carrera (Iarna).

Se contó con la colaboración de Daniela Herrera, Sara Fernández y José Chamo del Iarna. Cecilia Cleaves contribuyó con la edición general, diseño y diagramación, y Raúl Maas y Gerónimo Pérez con las fotografías de interiores.

Tabla de contenidos

Siglas y acrónimos	ix
1. Resumen	1
2. Introducción	7
3. Antecedentes	9
4. Conceptos y metodología	13
4.1 Ecosistemas de Guatemala	13
4.2 Estructura del SCAE y de la Cuenta de Ecosistemas (CEG)	14
4.3 Metodología	18
4.4 Fuentes de información utilizadas	27
5. Resultados	29
5.1 Cuenta de extensión	29
5.2 Cuenta de condición	34
5.3 Oferta de servicios ecosistémicos (cualitativa)	55
5.4 Oferta de servicios ecosistémicos en términos monetarios	61
5.5 Síntesis de indicadores	63
6. Limitaciones metodológicas y lecciones aprendidas	69
6.1 Limitaciones metodológicas	69
6.2 Lecciones aprendidas	70
7. Consideraciones finales	71
Referencias	73
Anexos	77

Siglas y acrónimos

Banguat	Banco de Guatemala
CDB	Convenio sobre la Diversidad Biológica
CDN	Comité directivo nacional
CEE	Cuenta experimental de ecosistemas
CEG	Cuenta de ecosistemas de Guatemala
Cices	Clasificación internacional común de servicios ecosistémicos
CITE	Cuenta integrada de tierra y ecosistemas
Conap	Consejo Nacional de Áreas Protegidas
CTE	Cuenta de tierra y ecosistemas
Gimbut	Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra
Iarna	Instituto de Investigación en Ciencias Naturales y Tecnología de la Universidad Rafael Landívar
INAB	Instituto Nacional de Bosques
INE	Instituto Nacional de Estadística
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
Minfin	Ministerio de Finanzas Públicas
NDVI	Índice diferencial normalizado de vegetación
ODS	Objetivos de desarrollo sostenible
PDN	Plan Nacional de Desarrollo: K'atun Nuestra Guatemala 2032
Pnuma	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
SCAE	Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica de Guatemala
SCN	Sistema de Cuentas Nacionales
Segeplán	Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia
Sigap	Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas
Unceea	Comité de Expertos de la Organización de las Naciones Unidas en Contabilidad Ambiental y Económica
Waves	Alianza Mundial para la Contabilidad de la Riqueza y la Valoración de los Servicios de los Ecosistemas (por sus siglas en inglés) (liderada por Banco Mundial)



jun - uno

Resumen

Guatemala cuenta con una notable diversidad de ecosistemas, especies de flora y fauna endémicas, así como una variedad de servicios ecosistémicos que benefician a la sociedad guatemalteca. Es por ello que, en 2010, fue admitida al “Grupo de Países Megadiversos Afines” por la Asamblea General de las Naciones Unidas (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [Pnuma], 2010).

La biodiversidad del país está determinada principalmente por las variaciones de altitud y precipitación en una superficie relativamente pequeña (108 889 km²); su origen geológico y ubicación entre dos regiones biogeográficas diferentes y dos océanos; así como la presencia de cadenas montañosas con orientación oeste-este (corredores de migración) entre los hemisferios norte y sur (Castañeda, 2008).

De acuerdo con datos del Banco de Guatemala (Banguat, 2019), las actividades de agricultura, ganadería, silvicultura y pesca representaron alrededor del 10 % del producto interno bruto (PIB) nacional anual entre 2013 y 2017, y el 9 % en el periodo 2018-2019. Estas actividades constituyen, en conjunto, el tercer ámbito productivo más importante del país, y se sustentan en el flujo de diferentes bienes y servicios naturales para asegurar su viabilidad (soporte y nutrientes del suelo y agua, entre otros), por lo que es palpable la relación entre los componentes de los ecosistemas y la economía guatemalteca.

Por lo general, algunos de estos servicios, por su propia naturaleza, no son objeto de transacciones en el mercado, por lo que a veces no es posible visibilizar sus aportes en los procesos de producción. Esta limitante puede resolverse, de alguna manera, recurriendo a diferentes mecanismos de valoración económica, que posibilitan su fomento por intermedio de políticas públicas, incluyendo el mejoramiento de medidas que frenan las presiones que provocan la fragmentación del hábitat y la pérdida de biodiversidad (cambio de uso de la tierra, explotación irracional de los recursos naturales, contaminación) con consecuencias inconvenientes para las actividades económicas y el bienestar de la sociedad en general (Barbier, 2007).

Es en este contexto que la contabilidad ambiental adquiere relevancia. Por un lado, visibiliza las contribuciones de los servicios de los ecosistemas a los procesos productivos y el bienestar humano que, con los métodos convencionales, no son apreciados o considerados

dentro del reporte y análisis económico a nivel nacional. Por otro lado, genera hallazgos relativos al valor estratégico de tales servicios, y con ello induce a medidas de política pública para mejorar su conservación a largo plazo (*United Nations, European Commission, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Organisation for Economic Co-operation and Development, & World Bank Group, 2014*).

La Cuenta de Ecosistemas de Guatemala (CEG) se basa conceptual y metodológicamente en el estándar internacional del Manual del Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica (SCAE) propuesto por Naciones Unidas y otras organizaciones internacionales, incluyendo el Banco Mundial. Esta cuenta permite examinar la extensión y condición de los ecosistemas del país para determinar la oferta de servicios ecosistémicos. Para ello, se utilizó la clasificación de ecosistemas basado en el sistema de zonas de vida de Holdridge.

La CEG es el resultado de varios años de exploración científica que iniciaron con una primera publicación en 2007, la cual permitió establecer las bases de un ejercicio más robusto y apegado a los nuevos debates internacionales sobre el tema.

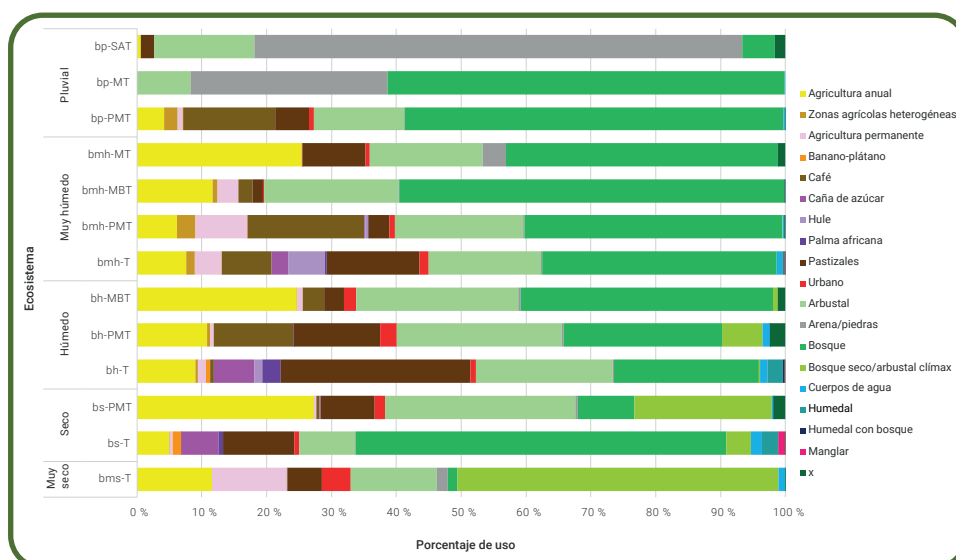
Los principales cinco hallazgos de la CEG dan cuenta de la necesidad de impulsar acciones de política pública que consideren a los ecosistemas como un elemento esencial para procurar el bienestar nacional, en sintonía con los preceptos del desarrollo sostenible. Estos se describen en las siguientes páginas:

Ecosistemas y cobertura vegetal

Con base en los mapas de zonas de vida y de cobertura y uso de la tierra del año 2012, se determinó que los mayores ecosistemas del país son: las provincias de precipitación húmedas (58 % de la extensión total del país) y las provincias de precipitación secas (24 %). Por otro lado, las zonas con menor extensión corresponden a las provincias pluviales (0.33 % del país) y a la provincia muy seca (0.76 %).

En cuanto a los usos de la tierra, once de los trece ecosistemas del país, poseen usos naturales¹ en más del 50 % de su extensión. Los ecosistemas con mayores extensiones de bosque (más del 50 % del total de su extensión) son: el bosque seco tropical, el bosque muy húmedo montano bajo tropical, el bosque pluvial premontano tropical y el bosque pluvial montano tropical.

Tipos de uso de la tierra por ecosistema (año 2012)



Nota: Agricultura incluye: agricultura anual, zonas agrícolas heterogéneas, agricultura permanente, banano-plátano, café, caña de azúcar, hule y palma africana.

Abreviaturas: bms-T: bosque muy seco tropical; bs-T: bosque seco tropical; bs-PMT: bosque seco premontano tropical; bh-PMT: bosque húmedo premontano tropical; bh-T: bosque húmedo tropical; bh-MT: bosque húmedo montano tropical; bmh-PMT: bosque muy húmedo premontano tropical; bmh-T: bosque muy húmedo 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: Iarna (2018).

Los ecosistemas de Guatemala se han degradado, tendencia que no presenta cambios en el corto plazo. La condición de los ecosistemas se enfocó en el análisis de las áreas boscosas y protegidas, evaluando su condición con base en nueve indicadores².

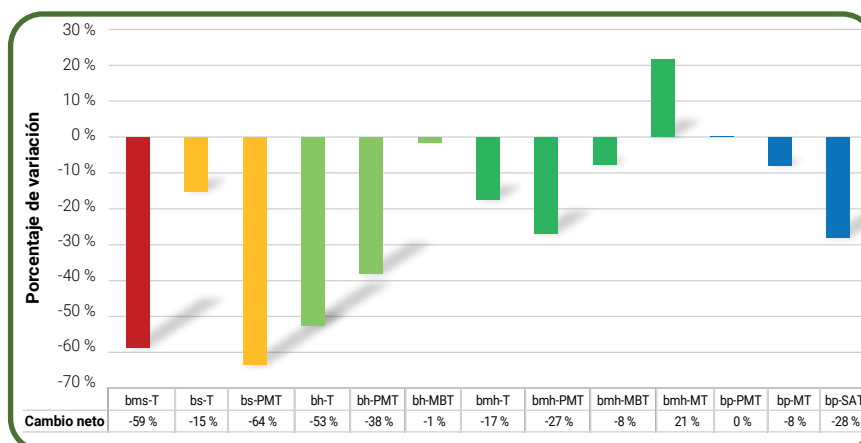
¹ Los usos naturales incluyen: bosque, arbustal, bosque seco, humedales, cuerpos de agua, manglares, árboles dispersos, y arena y piedras.

² Los indicadores utilizados fueron: (i) cobertura forestal y deforestación por ecosistema, (ii) índice diferencial normalizado de vegetación (NDVI), (iii) extensión de áreas protegidas, cobertura forestal y deforestación dentro de áreas protegidas, (iv) aislamiento y presión externa de las áreas protegidas (por deforestación), (v) conectividad de corredores biológicos, (vi) cobertura forestal y deforestación fuera de áreas protegidas, (vii) cobertura forestal en tierras forestales de captación y regulación hidrológica y (ix) cobertura forestal en áreas de acuerdo con la capacidad de uso del Instituto Nacional de Bosques (INAB).

2

Pérdida de cobertura forestal. El análisis de la dinámica forestal entre 1991 y 2014, indica que se perdieron más de 1 400 000 hectáreas de bosque, especialmente en los ecosistemas: bosque seco premontano tropical, bosque muy seco tropical y bosque húmedo tropical. La cobertura forestal de estos tres ecosistemas desapareció en más del 50 % durante ese periodo.

Dinámica forestal por ecosistema a nivel nacional.
Variación interanual para el periodo 1991-2014



Fuente: elaboración propia con base en Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra [Gimbut] (2014).

Cobertura forestal remanente. Hacia el año 2014 los bosques de Guatemala ocupaban el 34 % del territorio y, en algunas zonas (especialmente dentro de áreas legalmente protegidas), conservaban la estructura, composición y funciones propias de bosques poco intervenidos. Sin embargo, los bosques ubicados dentro áreas legalmente protegidas no están exentos de presiones, por lo que también se pierden a ritmos constantes.

De la totalidad de la cobertura forestal a nivel nacional, el 51 % se encontraba dentro de áreas legalmente protegidas y el 49 % fuera de las mismas. Todos los bosques, incluidos los que se encuentran dentro del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (Sigap), se redujeron durante el periodo 2001-2014. La deforestación registrada en cinturones de 1 km y 10 km alrededor de áreas protegidas de protección estricta seleccionadas, sugiere un progresivo aislamiento, cuestión que compromete la viabilidad de poblaciones, sobre todo, mamíferos de gran tamaño y, por supuesto, la efectividad en las funciones de provisión, regulación y servicios culturales de los ecosistemas.

El índice diferencial normalizado de vegetación (NDVI por sus siglas en inglés), indica que los bosques más densos y sanos se encuentran en Sierra de las Minas, Sierra de los Cuchumatanes y áreas del bosque húmedo tropical dentro de las Verapaces, seguidos por el bosque seco tropical. Por otro lado, los bosques con menor densidad de vegetación se encuentran al norte de la cordillera volcánica.

Los corredores biológicos que conectan las áreas protegidas también han registrado deforestación, especialmente en los que pretenden conectar las áreas de la Reserva de la Biosfera Maya (RBM). En los cuatro corredores ubicados en las áreas que conectan esta reserva, la pérdida de cobertura total equivale al 84 % de la superficie total de bosque que desapareció durante el periodo 2001-2014.

3

Representación de los ecosistemas en el Sigap. Las 339 áreas legalmente protegidas en Guatemala conformaron aproximadamente el 30 % de la extensión total del país en 2019. Sin embargo, no todos los ecosistemas están representados de forma conveniente dentro de este sistema.

Dos de los ecosistemas más extensos del país, el bosque seco tropical y el bosque húmedo tropical, aglomeran el 77 % del total del territorio legalmente protegido del país. El bosque pluvial montano tropical y el bosque pluvial subandino tropical están legalmente protegidos en 100 % y 98 %, respectivamente.

Sin embargo, los demás ecosistemas tienen menos del 18 % de su extensión dentro del Sigap, resaltando el bosque muy seco tropical, el bosque seco premontano tropical y el bosque pluvial premontano tropical, que cuentan con menos del 2 % de su extensión territorial bajo alguna forma de protección adscrita al Sigap.

4

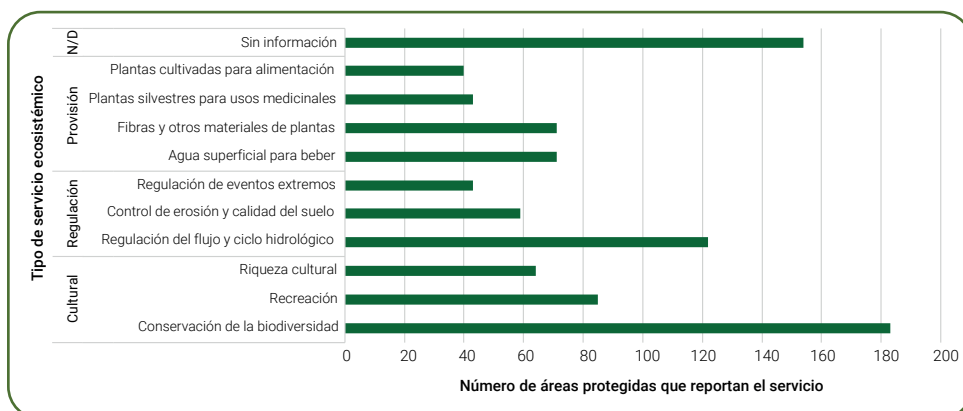
Valor económico estimado de los servicios. En el país se han valorado 32 servicios ecosistémicos en diferentes momentos, cuyo valor económico representaría un 3.6 % del PIB de 2019.

Los estudios de caso de valoración de flujos de servicios ecosistémicos compilados en este estudio mencionan, con mayor frecuencia, al servicio de provisión de agua (para consumo humano, riego o la industria), seguido de la provisión de alimentos (pesca y productos agrícolas) y la regulación de flujo y ciclo hidrológico y el turismo en tercer lugar.



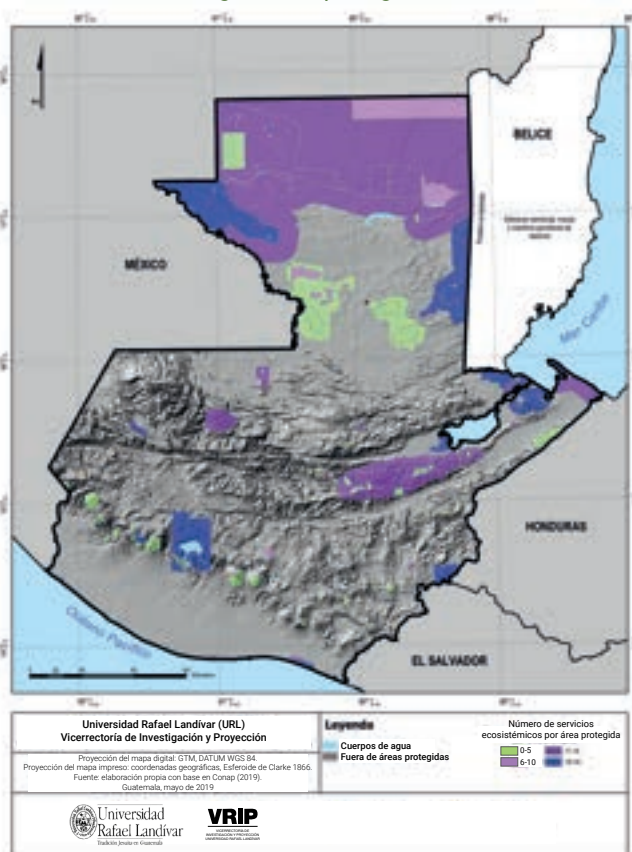
Servicios de los ecosistemas dentro del Sigap. Se identificaron 28 servicios ecosistémicos dentro de las áreas legalmente protegidas, entre servicios de provisión, regulación y culturales. El más reportado fue la conservación de la biodiversidad, ligada a servicios múltiples. Le sigue el servicio de regulación de flujo y ciclo hidrológico y, en tercer lugar, las actividades de recreación (turismo).

Servicios ecosistémicos en el Sigap y número de áreas protegidas que reportan su presencia

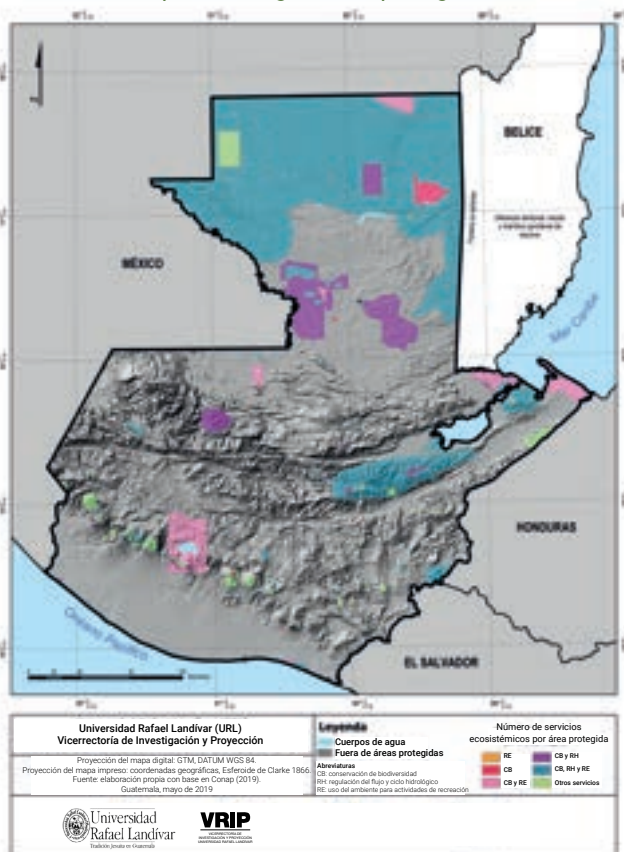


Fuente: elaboración propia.

Frecuencia de servicios ecosistémicos en las áreas legalmente protegidas



Distribución de los tipos de servicios ecosistémicos por área legalmente protegida





cha' - dos

Introducción

El objetivo de este documento es divulgar los resultados más relevantes de la Cuenta de Ecosistemas de Guatemala (CEG) para el periodo 1991-2014, como parte de los principales hallazgos del Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica (SCAE).

El SCAE es el marco de referencia y estándar internacional adoptado por la Comisión Estadística de Naciones Unidas para integrar datos económicos y ambientales de los *stocks* y flujos de los activos ambientales a la contabilidad nacional, con la intención de visibilizar las contribuciones del ambiente a la economía y los impactos que esta genera en los bienes y servicios naturales.

En el caso específico de Guatemala, el interés de desarrollar las cuentas ambientales inició en 2006 mediante un proceso de conceptualización, diseño y desarrollo del SCAE a través de alianzas entre instancias públicas y la academia.

El proceso se formalizó en 2007 mediante un convenio entre la Universidad Rafael Landívar (a través del Instituto de Investigación en Ciencias Naturales y Tecnología -Iarna³) y Banguat, en el marco de la iniciativa "Sistema de Cuentas Ambientales y Económicas de Guatemala", popularmente conocida como "Cuenta con Ambiente", la cual buscaba realizar una primera aproximación al Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica Integrada de Guatemala (SCAEI).

Producto de este convenio se publicó una serie de documentos técnicos, ese mismo año y en 2009. Luego, tras firmar un segundo convenio en 2011 se publicó una serie de documentos sintéticos de carácter informativo, los documentos técnicos de las cuentas y las series de cuadros estadísticos para el periodo 2001-2006 del SC AEI (Banguat y Iarna, 2009a).

Más adelante en 2013, continuando con la cooperación técnica entre el Iarna y Banguat, se publicó la actualización del SCAE para el periodo 2001-2010. En esa fase se contó con la participación del Instituto Nacional de Estadística (INE), quien certificó el proceso y oficializó el marco analítico del SCAE.

La publicación incluyó la compilación de las cuentas ambientales de recursos hídricos, del bosque, de energía y emisiones, de bienes

³ En aquel momento denominado Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, y posteriormente Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad. El acrónimo "Iarna" se utiliza indistintamente para los tres nombres.

pesqueros y acuícolas, de residuos, de recursos del subsuelo, y de tierra y ecosistemas (INE et al., 2013 a y b).

En 2018, el Iarna inició un proceso de actualización de algunas de las cuentas del SCAE 2001-2010 y desarrolló dos cuentas experimentales: ecosistemas y agricultura. Anteriormente, la cuenta denominada “tierra y ecosistemas” se había enfocado en la cobertura y uso de la tierra por ecorregión y por vertiente, y se realizó un primer ejercicio de cálculo de algunos flujos físicos como la erosión, la liberación de dióxido de carbono y la dinámica forestal (INE et al., 2013b).

La nueva compilación de la CEG utilizó el marco del SCAE 2012 para la Cuenta Experimental de Ecosistemas (SCAE-CEE), adaptando la oferta de servicios ecosistémicos y generando dos subcuentas principales en términos físicos: de extensión y de condición. Adicionalmente, se realizó una recopilación bibliográfica de estudios de caso sobre valoración de algunos servicios ecosistémicos y activos naturales que se han realizado en el país, con miras a introducir una aproximación a la valoración económica de estos.

Esta nueva cuenta se basa en la acotación de que la evaluación de la capacidad de los ecosistemas de proveer bienes y servicios ecosistémicos forma parte de procesos nacionales de política pública enfocados en la relación entre el ambiente y la economía (a nivel nacional y de los hogares).



Tomando en consideración que el ambiente contribuye a la economía, los ecosistemas deben ser objeto de protección efectiva con miras a garantizar su permanencia en el largo plazo, dando así, sostenibilidad a la actividad económica (*Global Partnership for Wealth Accounting and Valuation of Ecosystem Services*, 2017).

Para la elaboración de la CEG se seleccionaron las **zonas de vida** como unidad de análisis, por lo que la mayoría de hallazgos que se reportan en este documento, se asocian a estas. Cuando es pertinente, también se incluyen resultados a nivel nacional, dependiendo de la información disponible y relevante.

Durante el proceso de análisis resultó prioritaria la información sobre cobertura forestal y uso de la tierra, dentro y fuera de áreas legalmente protegidas. Asimismo, se utilizaron datos para presentar resultados en forma de tablas, gráficas y mapas. Entre estos últimos destacan los mapas de cobertura y uso de la tierra, de dinámica de cobertura forestal, de zonas de vida, de áreas legalmente protegidas, de tierras forestales de captación y regulación hidrológica, de capacidad de uso de la tierra y de corredores biológicos, entre los más importantes.

Los hallazgos que ofrece la cuenta son útiles para afinar modelos de gestión de los ecosistemas que tiendan a su protección más efectiva, considerando que ofrecen beneficios tangibles a la economía y a los hogares, a pesar de que son objeto de múltiples presiones que los degradan cotidianamente a ritmos que rebasan su capacidad de recuperación.



ux - tres

Antecedentes

Como se indicó anteriormente, la CEG fue lanzada en 2009 y 2013, bajo la denominación de Cuenta de Tierra y Ecosistemas de Guatemala (CITE). Sin embargo, aún no se seguía la estructura del *Manual del Sistema de Contabilidad Ambiental y Económico: Contabilidad Experimental de Ecosistemas* publicado en 2012 por Naciones Unidas (United Nations et al., 2014). No obstante, la CITE hizo un aporte pionero y esclarecedor acerca de la relación entre la economía y los ecosistemas.

La primera publicación de la CITE en 2009, presentó los resultados más relevantes de la compilación del periodo 1991-2003 y se basó en cinco etapas para su proceso de desarrollo: i) formalización de acuerdos entre instituciones que generan, utilizan y oficializan la información; ii) formulación, aplicación y validación del marco analítico para el SCAE y para cuentas específicas; iii) compilación y/o generación de la información necesaria para la etapa anterior; iv) análisis de la información, producción de resultados y generación de propuestas; y v) diseño y aplicación de instrumentos y mecanismos de seguimiento y evaluación (Banguat y Iarna, 2009b).

La CITE utilizó las ecorregiones del país como tipo de ecosistemas, y estas fueron la unidad básica de análisis y representativa de los ecosistemas nacionales. Se analizaron indicadores relativos a cobertura y uso de la tierra, fragmentación, densidad e integridad ecológica, entre otros, utilizando diversas fuentes de datos e información, entre las que destacan los mapas de cobertura y uso de la tierra generados por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) y los mapas de dinámica forestal publicados por las instancias mixtas de la academia, el Instituto Nacional de Bosques (INAB) y el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (Conap).

En ese proceso, siguiendo la estructura de cuentas ambientales de Guatemala, se compilaron las siguientes cuentas: de activos, de flujos, de gastos y transacciones ambientales, y de agregados e indicadores complementarios (Banguat y Iarna, 2009b).

Los resultados de este análisis reportaron una clara tendencia de agotamiento y degradación de la estructura, composición y funciones de algunas ecorregiones, aspecto que mermaría progresivamente su capacidad de proveer continuamente los bienes y servicios requeridos por la sociedad.

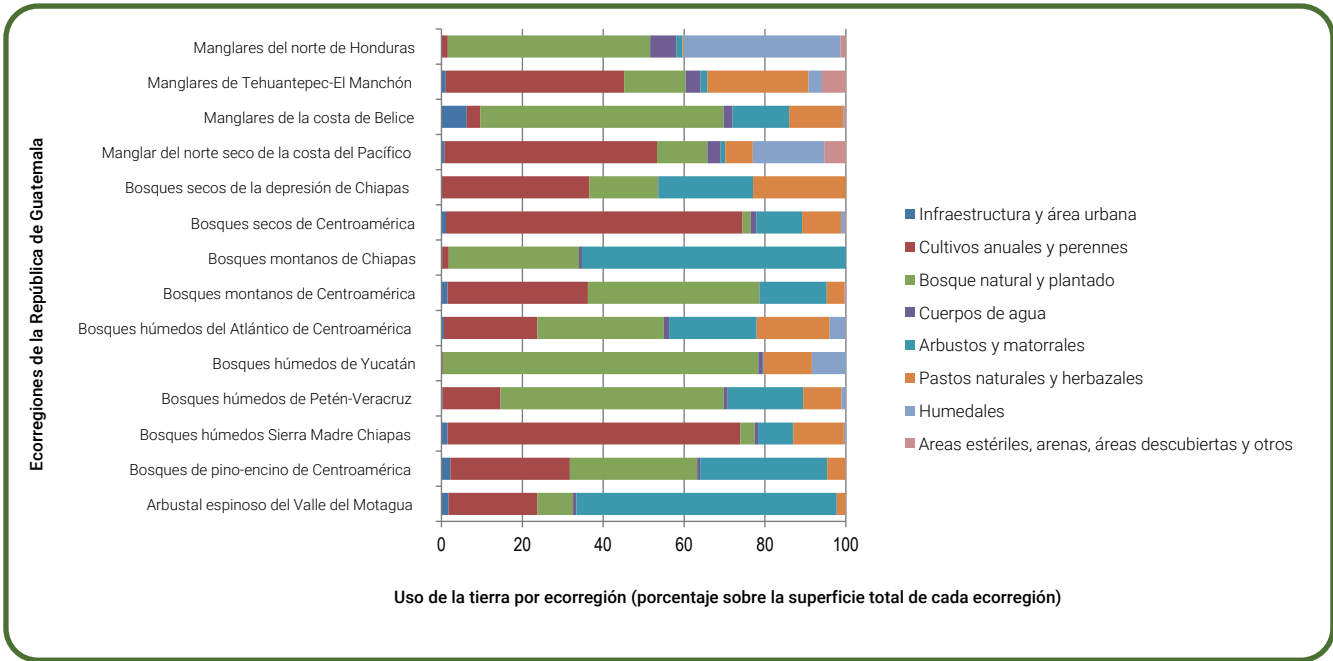
La cuenta de activos presentó información sobre las 14 ecorregiones de Guatemala, resaltando que los bosques húmedos de Petén-Veracruz y los bosques de pino-encino de Centroamérica representaban el 44 % y 27 % de la superficie del país, respectivamente (**Anexo 1**).

La cobertura forestal se estableció en 4.2 millones de hectáreas en 2003, equivalente al 38.6 % del territorio nacional; y los usos de la tierra que ocupaban la mayor proporción del país correspondieron a los cultivos agrícolas (27.5 %) y los pastos naturales, herbazales, arbustos y matorrales, que ocupaban el 31 % (Banguat y Iarna, 2009b).

En la **Figura 1** se puede observar la proporción territorial porcentual de los diferentes usos de la tierra en las ecorregiones. Sin embargo, en ese año únicamente cinco ecorregiones tenían una cobertura forestal superior a la media nacional de 38.6 %, siendo estas: bosques húmedos de Petén-Veracruz (55 %), bosques húmedos de Yucatán (78 %), bosques montanos de Centroamérica (42 %), manglares de la costa de Belice (60 %) y manglares del norte de Honduras (50 %) (Banguat y Iarna, 2009b).

También se realizó un análisis de la cobertura y uso de la tierra por vertiente para el año 2003, resaltando que la vertiente del Pacífico presentaba una mayor proporción territorial dedicada a los cultivos agrícolas (61 % de su superficie) en detrimento de la cobertura forestal; mientras que la del Golfo de México tenía la mayor proporción de cobertura forestal respecto a su superficie total, con un 49 % (Banguat y Iarna, 2009b).

Figura 1. Uso de la tierra en las ecorregiones de la República de Guatemala. Año 2003



Fuente: Banguat y Iarna (2009b)

Los indicadores de salud de las ecorregiones, en términos de su capacidad para generar servicios ecosistémicos, fueron: la densidad forestal, el nivel de fragmentación del bosque y la integridad ecológica. Los bosques con las más altas densidades presentaron disminuciones significativas en su extensión; asimismo, desaparecieron cuatro fragmentos grandes de bosque (de 50 000-150 000 ha) en el norte del país, acentuando la tendencia hacia la dominancia de fragmentos pequeños (menores a 2000 ha) y el aislamiento entre estos (Banguat y Iarna, 2009b).

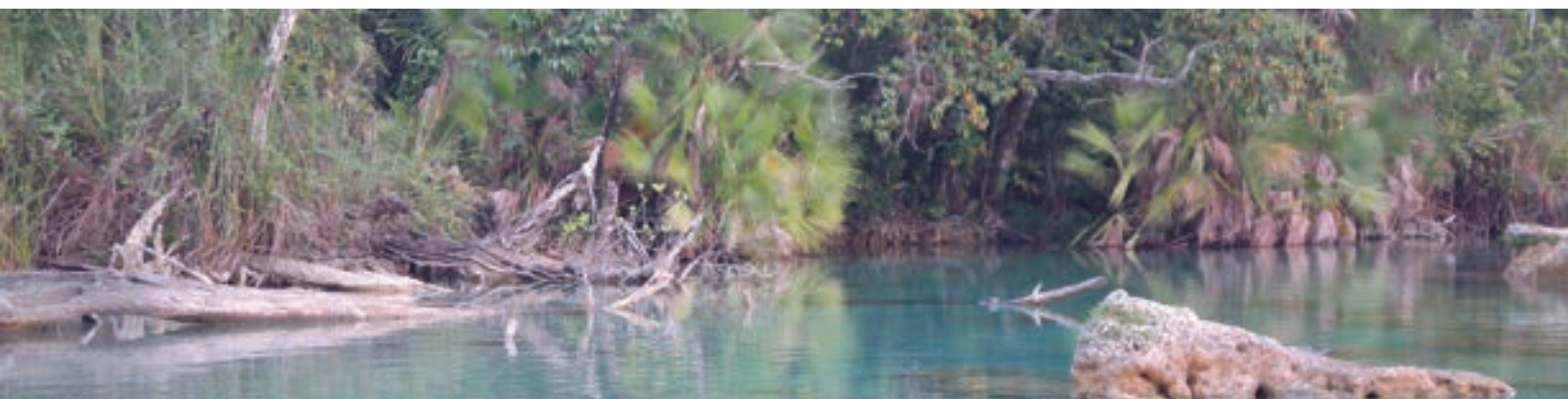
El análisis de integridad ecológica, realizado a partir de los indicadores anteriores, reveló que nueve de las 14 ecorregiones no presentaban las condiciones biofísicas de conectividad y tamaño de fragmento mínimo para garantizar la provisión de servicios ecosistémicos (Banguat y Iarna, 2009b).

Adicionalmente, se analizó la situación particular de dos servicios ecosistémicos: el control de la erosión de suelos y la captura de carbono que, en conjunto, reflejaron una pérdida equivalente a GTQ2919.4 millones durante el período 1991-2003. Esta pérdida estuvo asociada a la deforestación (Banguat y Iarna, 2009b).

En el caso de la erosión, se calculó el valor económico a partir de la estimación de la cantidad de macronutrientes (NPK), contenida en cada tonelada de suelo erosionado, conforme a la serie de suelo a la que corresponde. La pérdida en la captura de carbono se calculó de acuerdo con los precios de las bolsas internacionales de compraventa de carbono correspondientes a la liberación de 368.6 millones de toneladas de CO₂ arriba y debajo del suelo (Banguat y Iarna, 2009b).

Finalmente, se evaluó la representatividad de los ecosistemas en el Sigap, estableciéndose que la mitad de las ecorregiones de Guatemala tenían más de un 15 % de su extensión legalmente protegida y tres no tenían ninguna, siendo estas últimas: bosques montanos de Chiapas, bosques secos de la depresión de Chiapas y manglares del norte seco de las costas del Pacífico (Banguat y Iarna, 2009b).

La segunda publicación del SCAE de Guatemala 2001-2010 publicada en 2013, incluía nuevamente la Cuenta de Tierra y Ecosistemas. Se contenía información actualizada sobre las cuatro cuentas generadas anteriormente para el período 1991-2003, y se presentaron los cuadros de salida completos, ampliando el detalle y actualidad de la información (INE, *et al.*, 2013b).







chan - cuatro

Conceptos y metodología

4.1 Ecosistemas de Guatemala

La biodiversidad en el país está determinada principalmente por las variaciones de altitud (desde 0 hasta más de 4000 m s. n. m.), y de precipitación pluvial (desde los 500 mm hasta los 6000 mm anuales), en una superficie relativamente pequeña (108 889 km²). Las principales causas de esta diversidad son el origen geológico del país, su ubicación entre dos regiones biogeográficas diferentes (holártica y neotropical) y dos océanos, y las cadenas montañosas con orientación oeste-este (corredores de migración) entre los hemisferios norte y sur (Castañeda, 2008).

Tomando en cuenta la notable diversidad biológica contenida en este territorio tan variable biofísicamente, en 2010 la Asamblea General de las Naciones Unidas admitió a Guatemala al “Grupo de Países Megadiversos Afines” (Pnuma, 2010).

En el país se han realizado diferentes esfuerzos para caracterizar la biodiversidad, utilizando distintos marcos analíticos. En el caso de los ecosistemas se han utilizado principalmente métodos y enfoques de carácter florístico, fisiográfico, ecológico y la combinación de estos (Iarna, 2018).

Según Castañeda (2008), se han delimitado unidades biogeográficas o bioclimáticas denominadas ‘biomas’, ‘ecorregiones’, ‘ecosistemas vegetales’ o ‘zonas de vida’, resaltando que el concepto de ecorregiones y de zonas de vida son los más utilizados para iniciativas de conservación y gestión de la biodiversidad nacional.

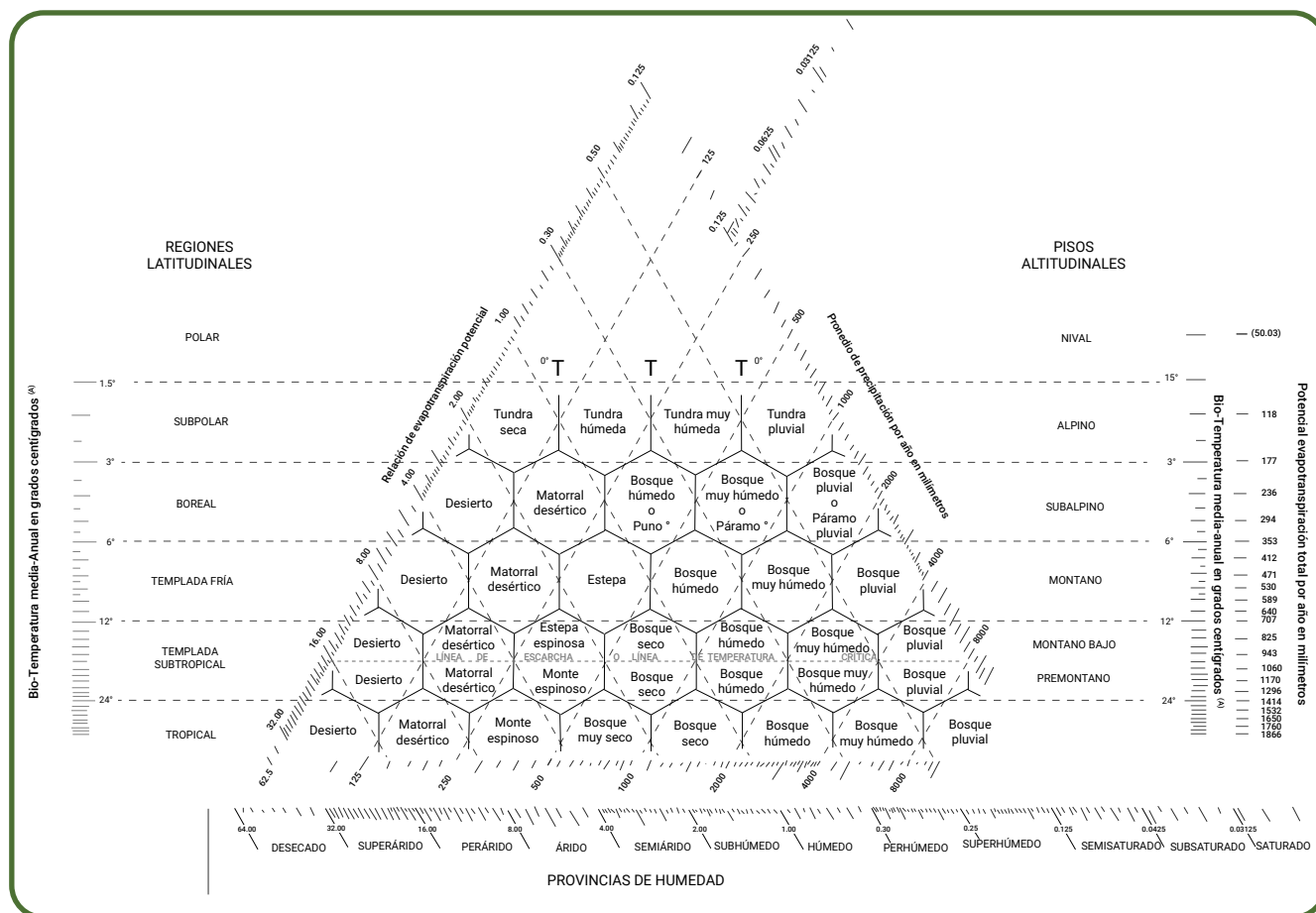
El sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge se fundamenta en la delimitación de formaciones vegetales con fisionomía florística distintiva a partir de datos climáticos. Es un sistema versátil susceptible de ajustes, en aras de la mayor precisión, en la medida que los datos así lo permitan (Iarna, 2018).

Su síntesis metodológica está representada por medio de un diagrama de clasificación dentro del cual los valores anuales de precipitación pluvial y temperatura (calor), acotados por rangos altitudinales y latitudinales, conducen a la designación de las zonas de vida correspondientes (**Figura 2**) (Holdridge, 2000).



13

Figura 2. Diagrama modificado de la clasificación de zonas de vida de Holdridge para Guatemala



Nota: En el lado izquierdo se muestran las regiones latitudinales, mientras que del lado derecho los pisos altitudinales. En ambos casos, la variable que las caracteriza es la biotemperatura. En la parte baja del diagrama se ubican los valores promedio de la precipitación pluvial anual, que aumentan de izquierda a derecha. También se incorporan los valores de evapotranspiración potencial, cuya escala se incrementa de derecha a izquierda. Las líneas guía de la relación de la evapotranspiración potencial, al cruzarse con las de precipitación y temperatura, determinan los puntos medios de los lados de los hexágonos de la zona de vida. Las bandas regionales, demarcadas por pared y líneas guía de evapotranspiración potencial, son las provincias de humedad, y sus nombres aparecen en la parte inferior del diagrama.

Fuente: Iarna (2018) con base en Holdridge (2000) y Yakes et al. (2000).

Con miras a obtener una clasificación actualizada de las zonas de vida de Guatemala, utilizando el sistema de clasificación de Holdridge, se recurrió a las bases de datos más recientes sobre el clima (Iarna, 2018). Para el efecto, se utilizó la base de datos *WorldClim* (Hijmans et al., 2005) para temperatura media y precipitación pluvial. Sobre esta base, se codificaron las zonas de vida según los valores de las posibles combinaciones de biotemperatura, precipitación y relación de evapotranspiración potencial.

Finalmente, se realizó una exhaustiva verificación de campo que permitió rectificar leves inconsistencias del modelo y hacer la asignación final de las denominaciones de las zonas de vida. En síntesis, este proceso culminó con la identificación de trece zonas de vida o ecosistemas, ubicadas en seis pisos altitudinales, siete provincias de precipitación y nueve provincias de humedad.

Durante el proceso académico que condujo a la obtención de los hallazgos indicados, se pudo verificar que el sistema de clasificación de ecosistemas basado en zonas de vida, ofrece las siguientes ventajas (Iarna, 2011):

- a) La posibilidad de georreferenciar hallazgos, cuestión que facilita acciones territorialmente diferenciadas.
- b) La posibilidad de mejorar dinámicamente la clasificación en la medida en que se disponga de nuevos datos climáticos.
- c) El sistema de clasificación permite analizar vinculaciones entre el componente vegetal de los ecosistemas y ciertas condiciones ambientales y recursos, tales como el clima y el suelo, así como la influencia de la geomorfología y otros factores bióticos.
- d) La clasificación lograda se constituye en una línea basal útil para el análisis de escenarios futuros frente a distintos factores naturales, sociales o su combinación. Los escenarios derivados de las proyecciones ligadas al cambio climático adquieren especial relevancia.
- e) Permite la inclusión de nuevos datos para mejorar los resultados.

4.2 Estructura del SCAE y de la Cuenta de Ecosistemas (CEG)

El SCAE se integra o configura a partir de una estructura de temas y una de cuentas. La estructura temática incluye: bosque, agua, subsuelo, energía y emisiones, tierra y ecosistemas, recursos pesqueros y acuícolas, residuos y, gastos y transacciones ambientales.

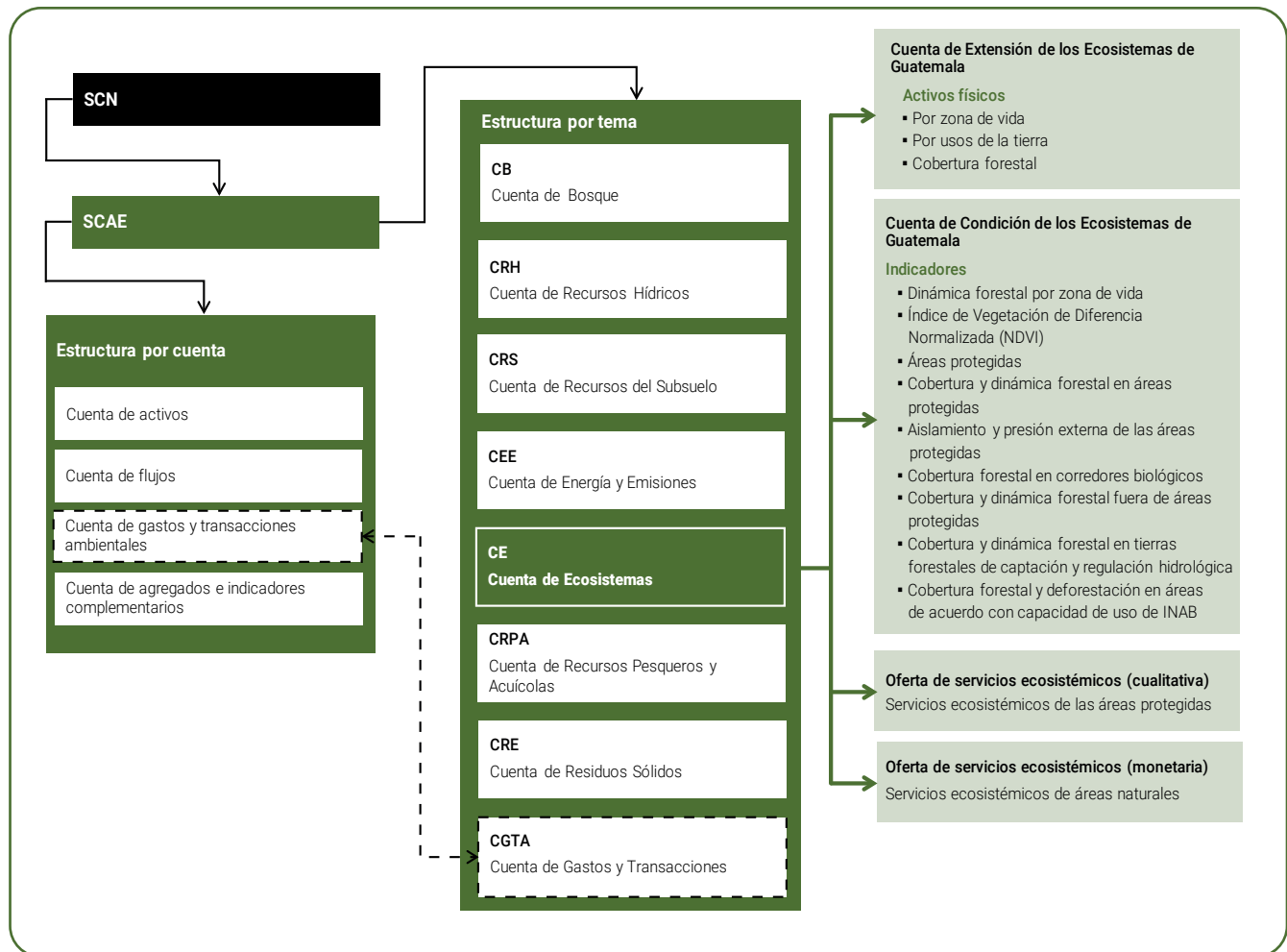
Cada tema se desarrolla y presenta por separado, pero mantienen relación y se complementan entre sí. En el caso de la CEG, nótese su ubicación en el marco del SCAE y su despliegue a través de los indicadores clave seleccionados, ordenados según la estructura de cuentas (**Figura 3**).

Respecto a la estructura por cuenta, la Cuenta Experimental de Ecosistemas emitida por Naciones Unidas en 2012 como parte del SCAE, propone una división de cinco cuentas centrales como se indica en la **Figura 4**.

De estas, tres se presentan en términos físicos: de extensión, de condición, y de oferta y utilización de los servicios ecosistémicos (físicos); y las otras dos se presentan en términos monetarios: de oferta y utilización de los servicios ecosistémicos (monetaria) y de activos del ecosistema.

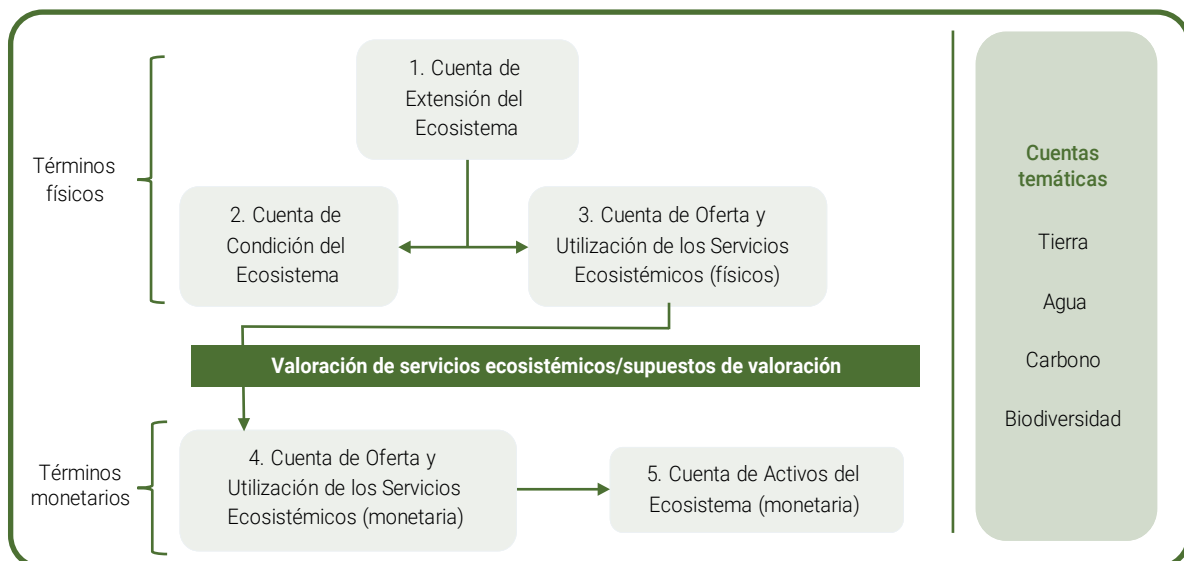
Adicionalmente, se incluye la posibilidad de desarrollar una estructura de cuentas temáticas: de tierra, de agua, de carbono o de biodiversidad.

Figura 3. Estructura del marco contable del SCAE y detalle de la Cuenta de Ecosistemas



Fuente: elaboración propia.

Figura 4. Relación entre cuentas de ecosistemas



Fuente: Elaboración propia basada en *United Nations* [UN] (2019).

Atendiendo a la estructura de cuentas, la **cuenta de extensión de ecosistemas** es el punto de partida para la compilación de la CEE, y se basa en la integración de datos relacionados con unidades espaciales diferenciadas, siendo estas: i) activos de los ecosistemas, que se refiere a la superficie cubierta por un tipo de ecosistema específico; ii) tipos de ecosistemas, que hace énfasis en la superficie que representan los ecosistemas individuales; y iii) superficie contable del ecosistema, que se refiere a la agregación geográfica para la cual se desarrolla la cuenta (nacional o subnacional) siguiendo, por ejemplo, criterios administrativos o de cuencas (UN, 2019).

Esta cuenta presenta información sobre el tamaño de los ecosistemas usando la lógica de las cuentas de activos, es decir, señalando claramente la extensión de apertura, la extensión de cierre y las adiciones o reducciones de cada ecosistema.

Con base en la cuenta de extensión de los ecosistemas se genera la **cuenta de condición**, cuyo objetivo es reflejar la calidad general de los ecosistemas (estructura, composición), reportar cambios (estructura, composición) y analizar el comportamiento dinámico de la oferta de servicios ecosistémicos (función).

Para atender estos objetivos de la CEE, se deben seleccionar y analizar los indicadores más pertinentes, es decir, aquellos que logran informar dinámicamente sobre la estructura, la composición y la función de todos los componentes de estos (vegetación, agua, suelo, diversidad, riqueza, otros), así como sobre las presiones e impulsores del cambio en los ecosistemas (UN, 2019).

Uno de los principales resultados de los ejercicios de contabilidad de ecosistemas es la **cuenta de oferta de servicios ecosistémicos** y su utilización por parte de las unidades económicas (incluyendo a los hogares), que considera flujos físicos o monetarios.

Esta cuenta informa sobre los flujos entre los activos de los ecosistemas y la actividad humana en un periodo contable, registrando una serie de servicios ecosistémicos finales, que pueden ser de provisión, regulación o culturales. Luego de tener la medición de los flujos físicos, se puede recurrir a métodos de valoración económica para estimar los flujos monetarios (UN, 2019).

Finalmente, la **cuenta de activos** registra información de los *stocks* y los cambios (adiciones y reducciones) de los componentes de los ecosistemas. Para contabilizar los activos de los ecosistemas en términos monetarios se requiere, en principio, identificar la canasta de servicios ecosistémicos físicos que provee el activo, estimar los flujos esperados y aplicarles los precios apropiados, así como descontarlos al periodo de tiempo actual (UN, 2019).

En el caso de los hallazgos de la CEG incluidos en esta publicación, se presentan las cuentas de extensión, condición y una variante



cualitativa de la cuenta de oferta de los servicios ecosistémicos (físicos); así como algunos estudios de caso puntuales que dan una idea inicial de la oferta de servicios ecosistémicos en términos monetarios.

4.3 Metodología

La base conceptual y metodológica de la CEG es el *Manual para la Cuenta Experimental de Ecosistemas* de 2012 (UN et al., 2014). Esta cuenta ha sido desarrollada en sintonía con los preceptos contenidos, tanto en el SCAE, como en el SCN, que son los grandes marcos establecidos por Naciones Unidas para estos ejercicios de contabilidad. A continuación, se detallan los aspectos metodológicos utilizados para su construcción.

Cuenta de extensión

Esta cuenta requiere de la identificación de los tipos de ecosistemas (TE) y de los activos de los ecosistemas (AE). En el primer caso, se recurrió a la clasificación de ecosistemas basado en el sistema de zonas de vida (**Cuadro 1**). En el segundo caso, se obtuvo una aproximación a los activos de los ecosistemas analizando la cobertura y el uso de la tierra en cada uno de los tipos, para lo cual se utilizó el mapa de cobertura y uso de la tierra 2012 y el mapa de zonas de vida 2018 (**Mapa 1**, sección 5.1).

La estructura básica de la cuenta de extensión refleja la lógica de las cuentas de activos del marco central del SCAE, con una extensión de apertura y otra de cierre en el periodo de análisis, así como las adiciones y reducciones por tipo de ecosistema.

El análisis de extensión (incluidas las pérdidas y ganancias), se limitó a la cobertura forestal, dada la información disponible.

Cuenta de condición

La condición del ecosistema refleja la funcionalidad del todo y de sus partes constitutivas. El análisis de la condición a nivel de sus componentes y de la totalidad permite una aproximación a la funcionalidad reflejada en el estado y el dinamismo de la estructura, la composición y la función. Una de

Cuadro 1. Clave de ecosistemas por zonas de vida de Guatemala

No.	Sigla	Nombre
1	bms-T	Bosque muy seco tropical
2	bs-T	Bosque seco tropical
3	bs-PMT	Bosque seco premontano tropical
4	bh-T	Bosque húmedo tropical
5	bh-PMT	Bosque húmedo premontano tropical
6	bh-MBT	Bosque húmedo montano bajo tropical
7	bmh-T	Bosque muy húmedo tropical
8	bmh-PMT	Bosque muy húmedo premontano tropical
9	bmh-MBT	Bosque muy húmedo montano bajo tropical
10	bmh-MT	Bosque muy húmedo montano tropical
11	bp-PMT	Bosque pluvial premontano tropical
12	bp-MT	Bosque pluvial montano tropical
13	bp-SAT	Bosque pluvial subandino tropical

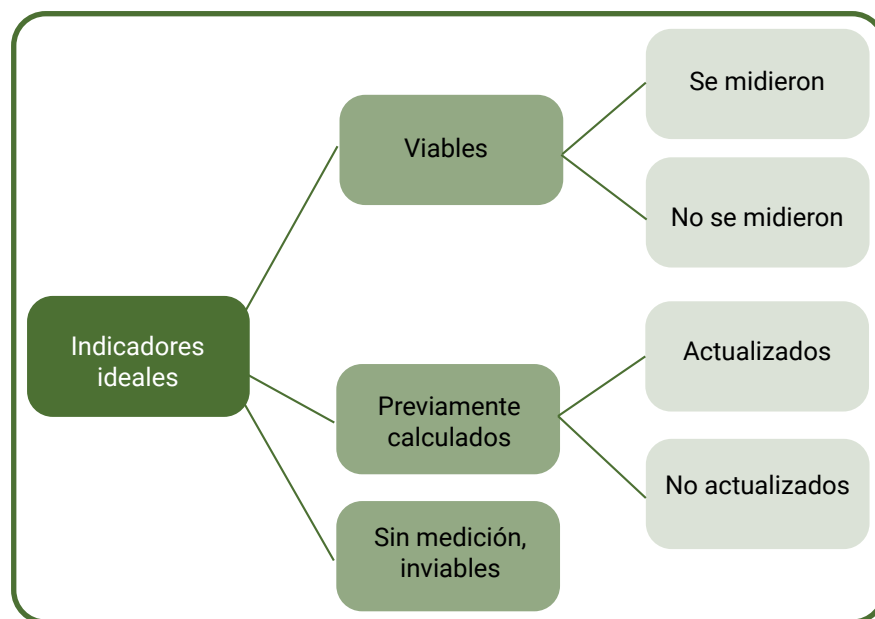
Fuente: Iarna (2018).

esas funciones esenciales para la vida en general es la provisión de servicios ecosistémicos.

Para la selección de los indicadores de esta cuenta, se hizo énfasis en aquellos que informan sobre la estructura, composición y función de los ecosistemas y su capacidad para ofertar servicios ecosistémicos y sus tendencias relevantes. Para ello, se siguieron las indicaciones de UN (2019) y del quinto informe de *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services* de 2018 (Maes et al., 2018).

Los indicadores ideales fueron categorizados siguiendo la lógica de la **Figura 5**, conforme a la disponibilidad y calidad de información. Dicha categorización se desarrolla a detalle en el **Cuadro 2** y el **Anexo 2** presenta un compendio de indicadores y su ámbito de aplicación.

Figura 5. Clasificación de indicadores para la cuenta de condición de la CEE de Guatemala



Fuente: elaboración propia.

Cuadro 2. Viabilidad de indicadores propuestos para la cuenta de condición

Tipo de indicador	Viables		Previamente calculados		No viables
	Se midieron	No se midieron	Actualizados	No actualizados	Sin medición
Presión	• Cambio en la cobertura forestal dentro y fuera de áreas protegidas (ha/año) • Cambio de cobertura forestal en tierras forestales de captación y regulación hidrológica (ha/año) • Cambio de cobertura forestal en tierras de acuerdo con su capacidad de uso (ha/año) • Cambio de cobertura forestal en cinturones de 1 y 10 km alrededor de categorías I, II y VI del Sigap (ha/año) • Cambio de cobertura forestal en corredores biológicos (ha/año)	• Cambio de uso de la tierra para construcciones (m² o ha/año)* • Impermeabilización del suelo (ha/año)* • Extracción de agua (total o por sector) (m³/año)** • Captura de peces (t/año)** • Eutrofización (índice)	• Cambio en extensión del ecosistema (%/año) • Cambio en cobertura forestal del ecosistema (ha/año)	• Erosión del suelo (t/ha/año) • Conversión de cobertura natural a cobertura artificial (ha/año) • Cambio de uso de la tierra (%/año)	• Consumo de fertilizantes (kg/ha/año)* • Uso de pesticidas (kg de ingrediente activo/ha/año)* • Daños al bosque por eventos de clima extremos (ha/año o m³/año) • Cambio de temperatura en cuerpos de agua dulce (°C/año)* • Proporción de recolección y tratamiento de aguas residuales (%) o descarga de aguas residuales urbanas (m³/año)* • Especies invasoras o no nativas introducidas (número/año) • Acidificación del océano (proporción/ año) • Incremento de temperatura del océano(°C/año)*

Continúa...



Tipo de indicador	Viables		Previamente calculados		No viables
	Se midieron	No se midieron	Actualizados	No actualizados	Sin medición
Calidad ambiental	Proporción de bosques legalmente protegidos (%)	- Temperatura urbana (°C) - Proporción de bosques con planes de manejo o instrumentos equivalentes (%)** - Proporción de población conectada a alcantarillado y plantas de tratamiento de aguas residuales (%)* - Proporción de tierra con arbustos protegida (%) - Estado químico del agua dulce (indicador compuesto)*			- Proporción de población expuesta a niveles de contaminación del aire por encima de los estándares (%)* - Concentración de metales pesados en el suelo (mg/kg) - Estado químico del océano (indicador compuesto) - Oxígeno disuelto al fondo de la columna de agua (mg/l) - Concentración, cantidad y distribución espacial de basura (elementos/km²) - Concentración de contaminantes en el agua y sedimentos (µg/l or µg/kg)* - Alteración del flujo (%) (p. ej. días en que el caudal ecológico no es respetado en un año) - Calidad del agua (ICA)* - Concentración de pesticidas, metales, contaminantes orgánicos en el agua

Continúa...

Tipo de indicador	Viables		Previamente calculados		No viables
	Se midieron	No se midieron	Actualizados	No actualizados	Sin medición
Atributos de los ecosistemas	Fotosíntesis (NDVI)	- Proporción de área verde urbana (%) - Conectividad de áreas verdes urbanas (%) - Disponibilidad de agua (m³/ha/año)** - Tipos de bosques (tipología)** - Densidad de cobertura arbórea (%) - Área marina protegida (%) - Densidad de elementos semi-naturales (%/ha) - Riqueza y abundancia de especies (número/ha) - Conectividad de humedales (<10 km de otro humedal/>10 km de otro humedal)	- Superficie de bosque (ha) - Superficie de área legalmente protegida (%) - Superficie con cobertura vegetal (ha)	- Secuestro de carbono (t/ha/año) - Fragmentación y conectividad (índice)	- Riqueza y abundancia de especies de aves (número, número/ha) - Densidad de ganado (cabezas/ha)* - Polinizadores silvestres (riqueza de especies)* - Elementos de calidad ecológica (p.ej. composición o abundancia de flora acuática, invertebrados, peces, fitoplancton) - Productividad de plantas (NPP) (t/ha/año) - Diversidad, riqueza y abundancia de especies, riqueza (índices, número y abundancia de especies)* - Riqueza y abundancia de poblaciones (número de individuos/especie o t/especie) - Caudal hídrico (m³/s)*

Notas: *Solo se tiene información parcial para algunas regiones o un dato general a nivel país que no puede adjudicarse a un ecosistema particular. **La información se calcula y se presenta en otra cuenta ambiental del SCAE de Guatemala.

Abreviaturas: ha = hectárea, kg = kilogramo, l = litro, m² = metro cuadrado, m³ = metro cúbico, mg = miligramo, s = segundo, t = tonelada, % = porcentaje, °C = grado centígrado, µg = microgramo.

Fuente: elaboración propia con base en Maes *et al.* (2018).

Adicionalmente, se realizó un análisis de los indicadores que mejor exponen la provisión de servicios ecosistémicos de relevancia nacional, el cual se presenta en el **Cuadro 3**.

Cuadro 3. Indicadores relacionados con servicios ecosistémicos de interés

Servicio ecosistémico		Indicador asociado
Provisión	Alimentos	Extensión de cultivos (uso de la tierra)
		Producción (volumen)
	Agua (beber o energía)	Disponibilidad hídrica
		Áreas de regulación y captación
Regulación	Regulación de flujo de agua	Área de bosque y arbustales
		Densidad de cobertura
		Áreas de regulación y captación
	Polinización	Densidad de cobertura
		Conectividad/fragmentación
		Área de bosque y arbustales
Cultural	Recreación/turismo y belleza escénica	%/ área protegida
		Número de visitantes

Nota: indicadores con el mismo color son comunes a varios servicios ecosistémicos
Fuente: elaboración propia.

Finalmente, se eligió un conjunto de indicadores relacionados con la dinámica de la cobertura forestal. La condición de este activo refleja una buena aproximación a la condición de los ecosistemas, pues de su estabilidad depende, significativamente, la de los otros componentes (suelo, agua, ciclos biogeoquímicos) y el flujo de servicios ecosistémicos.

La elección de indicadores también se ve influenciada por varios elementos de orden operativo, priorizando en este caso, la disponibilidad, la confiabilidad, la escala (nacional, regional), el alcance territorial, el alcance temporal (series de tiempo) y la frecuencia en los procesos de actualización, entre los más relevantes. Así, los indicadores seleccionados son:

1. Dinámica de la cobertura forestal nacional. Se evaluó a nivel de ecosistema para los periodos 1991-2001, 2001-2006, 2006-2010 y 2010-2014.
2. Índice diferencial normalizado de vegetación (NDVI), como aproximación a la integridad ecológica de las áreas forestales. La evaluación se hizo para el año 2019.
3. Superficie nacional de áreas legalmente protegidas. Se analizó la variación de la extensión del sistema de áreas protegidas para los años 2000, 2009 y 2019.

4. Dinámica de la cobertura forestal dentro de áreas legalmente protegidas. Se determinó la dinámica de la cobertura forestal para cada área protegida y categoría dentro de los diferentes ecosistemas para el periodo 2001-2014.
5. Aislamiento y presión externa de las áreas legalmente protegidas. Se analizó la situación de la cobertura forestal y la deforestación en cinturones de 1 km (como proxy para evaluar presión) y 10 km (como proxy para evaluar aislamiento) alrededor de 37 áreas protegidas de las categorías I, II y VI. Se trata de las categorías más restrictivas dentro del sistema.
6. Dinámica de la cobertura forestal en corredores biológicos. Se evaluó la cobertura forestal en 2001 y 2014 de los 13 corredores propuestos por Godoy y Cardona (1996). Este análisis complementa el análisis de aislamiento de áreas legalmente protegidas y otros espacios de interés para la conservación de la biodiversidad.
7. Dinámica de la cobertura forestal fuera de áreas legalmente protegidas. Se analizó por ecosistema para el periodo 1991-2014.
8. Dinámica de la cobertura forestal en tierras de captación y regulación hidrológica. Se analizó la dinámica de la cobertura forestal en las áreas de muy alta, alta y media importancia para la captación y regulación hidrológica por ecosistema para el periodo 1991-2014.
9. Dinámica de la cobertura forestal de acuerdo a las diferentes categorías de capacidad de uso de la tierra por ecosistema, para el periodo 2001-2014. Las categorías de capacidad consideradas son: agrícola sin limitaciones, agrícola con mejoras, agroforestería con cultivos anuales, sistemas silvopastoriles, agroforestería con cultivos permanentes, tierras forestales para producción y tierras forestales para protección.

Cuenta de oferta de servicios ecosistémicos (análisis cualitativo)

Respecto de esta cuenta, el manual del SCAE-CEE de Naciones Unidas, privilegia la cuantificación de los servicios en términos físicos y el flujo de los mismos hacia las actividades económicas. En este ejercicio relativo a la CEG, no se realiza aún este nivel de análisis. Sin embargo, se presenta un análisis cualitativo de los servicios como una vía para la aproximación a la cuenta de servicios ecosistémicos. Se parte de la información disponible sobre los servicios asociados a los objetivos de establecimiento y gestión de las áreas legalmente protegidas del Sigap.

Para ello, se realizó un análisis exhaustivo de la documentación legal (instrumento de creación) y técnica (especialmente los planes maestros o equivalentes) de cada área, considerando cada categoría de manejo. El análisis incluyó 186 áreas protegidas, de las 339 registradas en el Sigap (**Cuadro 4**).

Cuadro 4. Distribución de las áreas protegidas (por categoría de manejo) que fueron incluidas en el análisis de provisión de servicios ecosistémicos

Tipo de categoría	Áreas protegidas con información disponible (N)	Superficie de las áreas protegidas de la categoría de manejo con información (%)	Descripción general de la categoría
Categoría especial: Zona de veda definitiva	3	3 %	Se incluyen las zonas de veda definitiva de los volcanes, Santa Rosalía y Bahía de Santo Tomás. Se destinan a la protección y el manejo sostenido de los ecosistemas. En total hay 30 áreas protegidas en esta categoría.
Tipo I Parques nacionales y reservas biológicas	15	100 %	Son áreas relativamente extensas que contienen ecosistemas, rasgos o especies de valor científico y escenarios de interés nacional o internacional. Tienen poca intervención humana. En total hay 22 áreas protegidas en esta categoría.
Tipo II Biotopo protegido, monumento natural, monumento cultural y parque histórico	9	63 %	Son áreas que contienen uno o pocos rasgos naturales sobresalientes, vestigios arqueológicos, históricos u otros rasgos de importancia. En total hay 10 áreas protegidas en esta categoría.
Tipo III Área de uso múltiple, manantial, reserva forestal y refugio de vida silvestre	13	96 %	Son áreas relativamente grandes, generalmente cubiertas de bosque, y pueden contener zonas para la producción sostenible de productos forestales, agua, forraje, y flora y fauna silvestre. En total hay 16 áreas protegidas en esta categoría.
Tipo IV Área recreativa natural, parque regional y rutas y vías escénicas	22	63 %	Son áreas que contienen rasgos naturales, comunidades bióticas y/o especies silvestres. Su énfasis son fines educativos y recreativos. En total hay 74 áreas protegidas en esta categoría.
Tipo V Reserva natural privada	119	70 %	Son áreas de propiedad privada que voluntariamente se destinan a la conservación y protección de hábitats. En total hay 182 áreas protegidas en esta categoría.
Tipo VI Reservas de biósfera	5	100 %	Son áreas de importancia mundial en términos de sus bienes naturales y culturales. Son de reconocimiento mundial ante el Comité Internacional de Coordinación del <i>Programa sobre el Hombre y la Biósfera</i> de Unesco. En total hay 5 áreas protegidas en esta categoría.
Total de las áreas protegidas	186	95 %	En total, 339 áreas legalmente protegidas integran el Sigap de Guatemala.

Fuente: elaboración propia con base en Conap (2019a) y Acuerdo Gubernativo 759-90 (1990).

Los servicios ecosistémicos fueron ordenados siguiendo la Clasificación Internacional Común de Servicios Ecosistémicos (Cices) de Haines-Young y Potschin (2018), que considera tres categorías de servicios: (i) de provisión, (ii) de regulación y mantenimiento, y (iii) culturales.

Siguiendo estas categorías, se elaboró una base de datos que adjudicaba los servicios reportados para cada área legalmente protegida incluida en el análisis.

De manera adicional, se estableció una relación entre ámbitos de interés de las políticas públicas y la manera en la que los ecosistemas podrían atender esas expectativas. Estas relaciones indicativas pueden ser útiles para las futuras evaluaciones de los servicios ecosistémicos en términos físicos y se presentan en el **Cuadro 5**.

Cuadro 5. Relación entre los ámbitos de interés de la política pública y los servicios ecosistémicos

Ámbitos de política pública	Servicios de los ecosistemas
Agua	Provisión 1. Agua para beber y agua para otros usos 2. Agua para generación de energía (y marina)
	Regulación 3. Purificación de agua y tratamiento de agua (filtración de desechos) 4. Regulación del flujo del agua (control de inundaciones y protección costera) 5. Calidad química del agua
	Culturales 6. Recreación/turismo
Seguridad alimentaria	Provisión 1. Alimentos (plantas cultivadas o silvestres, hongos cultivados o silvestres, animales criados o silvestres) 2. Material/recursos genéticos
	Regulación 3. Polinización 4. Dispersión de semillas 5. Control de plagas y enfermedades y de especies invasoras 6. Formación de suelo, mantenimiento de fertilidad, calidad de suelo
	Culturales 7. Valores espirituales/culturales de algunas especies
Cambio climático	Regulación 1. Regulación del clima (calidad del aire) 2. Secuestro de carbono/almacenamiento de carbono 3. Barreras físicas ante flujos (masa y líquidos) 4. Estabilización de laderas y control de inundaciones

Fuente: elaboración propia.

Al respecto, Ahlroth (2014) sugiere que estas evaluaciones deben elegir servicios que sean medibles con métodos aceptables, que cuenten con información disponible y actualizada periódicamente, que posean importancia económica y social, que tengan el potencial de retroalimentar políticas públicas, que sean sensibles a presiones sobre el ambiente y que se trate de un servicio final antes que de uno intermedio.

Cuenta de oferta de servicios ecosistémicos (análisis monetario)

Para lograr una aproximación a la oferta de servicios ecosistémicos en términos monetarios se recurrió a la sistematización⁴ y análisis de 21 estudios de valoración económica de servicios de los ecosistemas que se han realizado en el país desde el año 1992, tanto dentro como fuera de áreas legalmente protegidas. La superficie estudiada equivale a un 8 % del país.

La totalidad de los estudios abordan una gama de 32 servicios ecosistémicos, cuya información monetaria fue proyectada a precios corrientes 2019, buscando así, la comparabilidad de los mismos. La información se resume en el **Anexo 3**.

4.4 Fuentes de información utilizadas

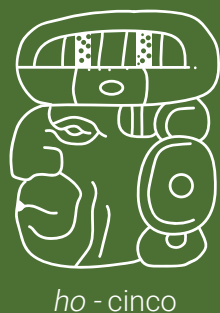
Las fuentes de información utilizadas para la construcción de la CEG son amplias y se detallan en la sección correspondiente. No obstante, es relevante destacar las fuentes más especializadas e imprescindibles y que dependen de la capacidad de instalar y mantener procesos nacionales de generación de información sistemática y rigurosa. En este contexto, se desea destacar la relevancia de las siguientes fuentes de información:

- Mapa de ecosistemas de Guatemala conforme al sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge (Iarna, 2018).
- Mapa de cobertura y uso de la tierra 2012 (Gimbut, 2014).
- Mapas de dinámica de cobertura forestal 1991, 2001, 2006, 2010 y 2014 (UVG *et al.*, 2005; UVG *et al.*, 2011; INAB *et al.*, 2012 y Gimbut, 2018).
- Mapa de cobertura forestal de Guatemala 2010, categorías de tierras forestales de captación y regulación hidrológica (INAB *et al.*, 2012).
- Mapa de áreas protegidas de la República de Guatemala año 2000, 2009 y 2019 (Conap 2001, 2010 y 2019b).

⁴ Durante el proceso de sistematización de los estudios se prestó especial atención a la calidad de los datos, procurando que los hallazgos de los mismos se apeguen a las normas internacionales de contabilidad, descartándose de esa manera, posibles traslapes, doble contabilidad u otra anomalía de potencial ocurrencia en estos ejercicios. Es importante hacer notar que los valores anuales de provisión de los servicios analizados son estrictamente referenciales para el tipo de ecosistema en cuestión. No se considera la pérdida de los servicios derivados de la pérdida de los ecosistemas mismos, ya sea de manera progresiva o violenta.

- Mapa de capacidad de uso de la tierra con la metodología propuesta por el INAB (Unidad de Información Estratégica para la Investigación y Proyección [UIE] y Iarna, 2016).
- Mapa de corredores biológicos (Godoy y Cardona, 1996).
- Imágenes *Landsat 8* 2017-2019 (*United States Geological Survey*, 2020).





Resultados

5.1 Cuenta de extensión

En el país existen 13 ecosistemas conforme al sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge. Su distribución se consigna en el **Mapa 1** y la lista correspondiente se puede consultar en el **Cuadro 1**.

5.1.1 Extensión de los ecosistemas

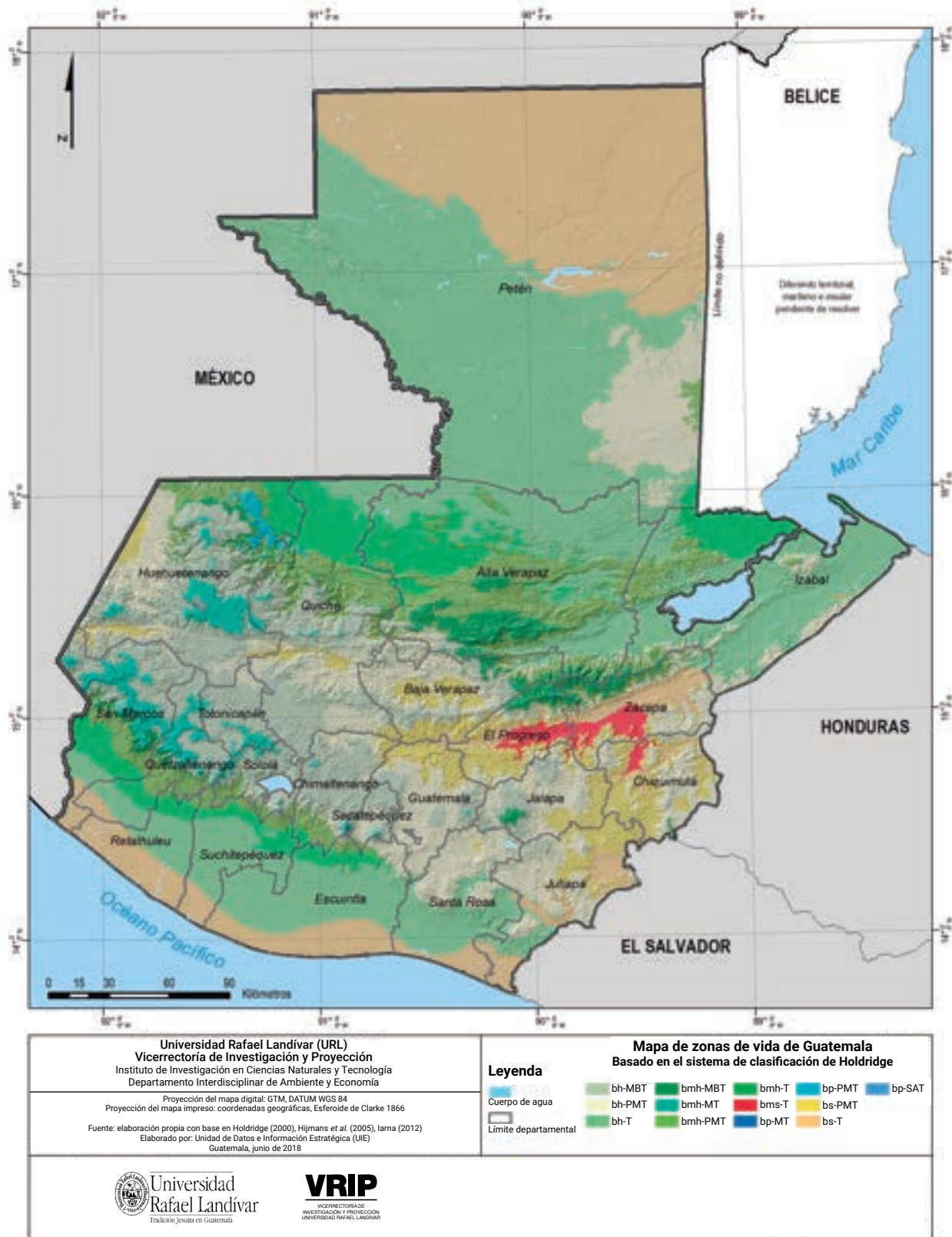
Los ecosistemas con mayor extensión del país en 2018 correspondieron a las provincias de precipitación húmedas (que representan el 58 % de la extensión total del país), seguidas por las provincias de precipitación secas (24 %). En conjunto, estos ecosistemas representan el 82 % de la extensión total del país.

Por otro lado, las zonas con menor extensión en el país corresponden a las provincias pluviales, con el 0.33 % de la extensión total, y la provincia muy seca, con el 0.76 %.

El análisis de extensión de los ecosistemas se resume en la **Figura 6**.



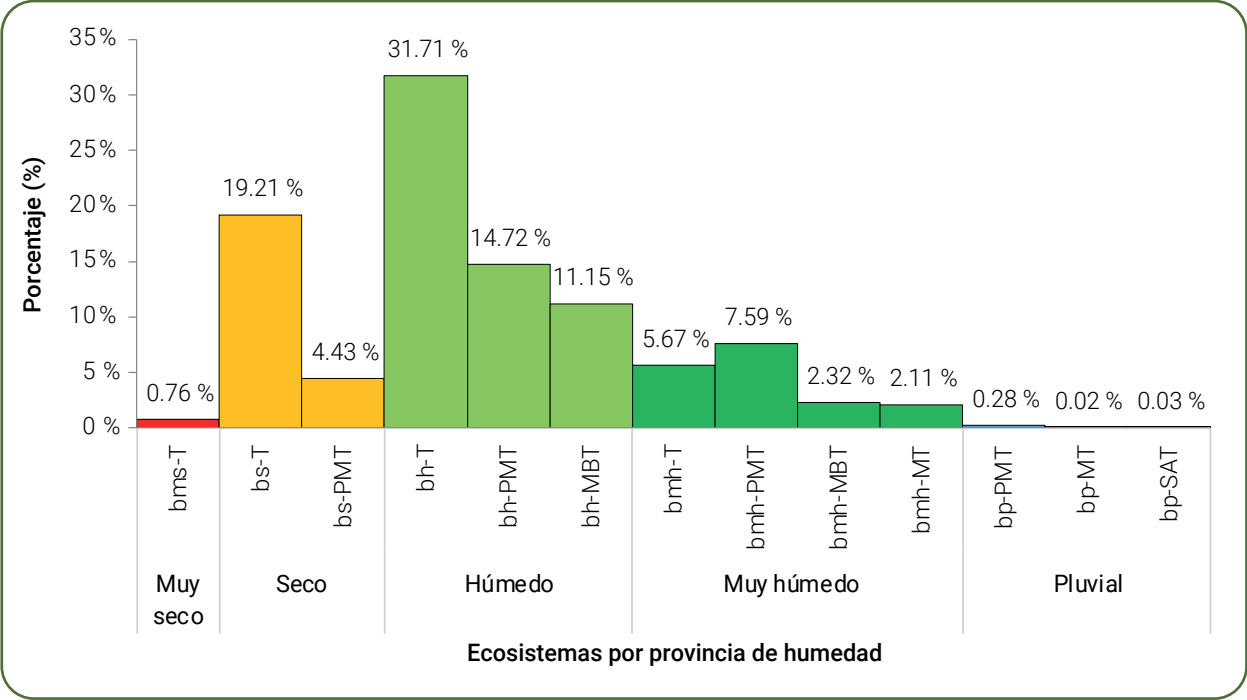
Mapa 1. Ecosistemas de Guatemala conforme al sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge



Referencias: bms-T: bosque muy seco tropical, bs-T: bosque seco tropical, bs-PMT: bosque seco premontano tropical, bh-PMT: bosque húmedo premontano tropical, bh-T: bosque húmedo tropical, bh-MBT: bosque húmedo montano bajo tropical, bmh-PMT: bosque muy húmedo premontano tropical, bmh-T: bosque muy húmedo 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: Iarna (2018).

Figura 6. Extensión de los ecosistemas de Guatemala por provincias de humedad (año 2018)



Fuente: elaboración propia con base en Iarna (2018).

A nivel de ecosistemas independientes, el bosque húmedo tropical tiene la mayor extensión, representando casi el 32 % del territorio nacional, seguido del bosque seco tropical con un 19 %. En conjunto, representan casi el 51 % del territorio nacional. Sin embargo, ambos han sido afectados por procesos de agotamiento, degradación y contaminación en más de dos terceras partes de la cobertura vegetal original (Iarna, 2018).

Adicionalmente, los ecosistemas de bosque húmedo pre montano tropical y bosque húmedo montano bajo tropical representan, en conjunto, el 26 % de la extensión total del país, con proporciones de 15 % y 11 % del territorio nacional, respectivamente. Junto a los dos anteriores, alcanzan el 77 % de la extensión total del país.

Los nueve ecosistemas restantes ocupan el 23 % del territorio nacional. Como se podrá concluir, algunos ocupan superficies muy pequeñas, tal como ocurre con los tres ecosistemas de las provincias de humedad pluviales (Iarna, 2018).

5.1.2 Cobertura y uso de la tierra de los ecosistemas en términos de extensión

Esta sección se enfoca en el análisis de la extensión de la cobertura vegetal y los diferentes usos de la tierra de cada ecosistema. Una primera parte del análisis consiste en hacer una agrupación de lo que se considera cobertura natural en el sentido que, aun con algunos grados de intervención, se trata de la cobertura propia de los ecosistemas bajo análisis.

Por otro lado, se agrupan los usos de la tierra que han sustituido a la cobertura natural y que, bajo la lógica de la CEG, se consideran usos artificiales. Esta agrupación se presenta en el **Cuadro 6**.

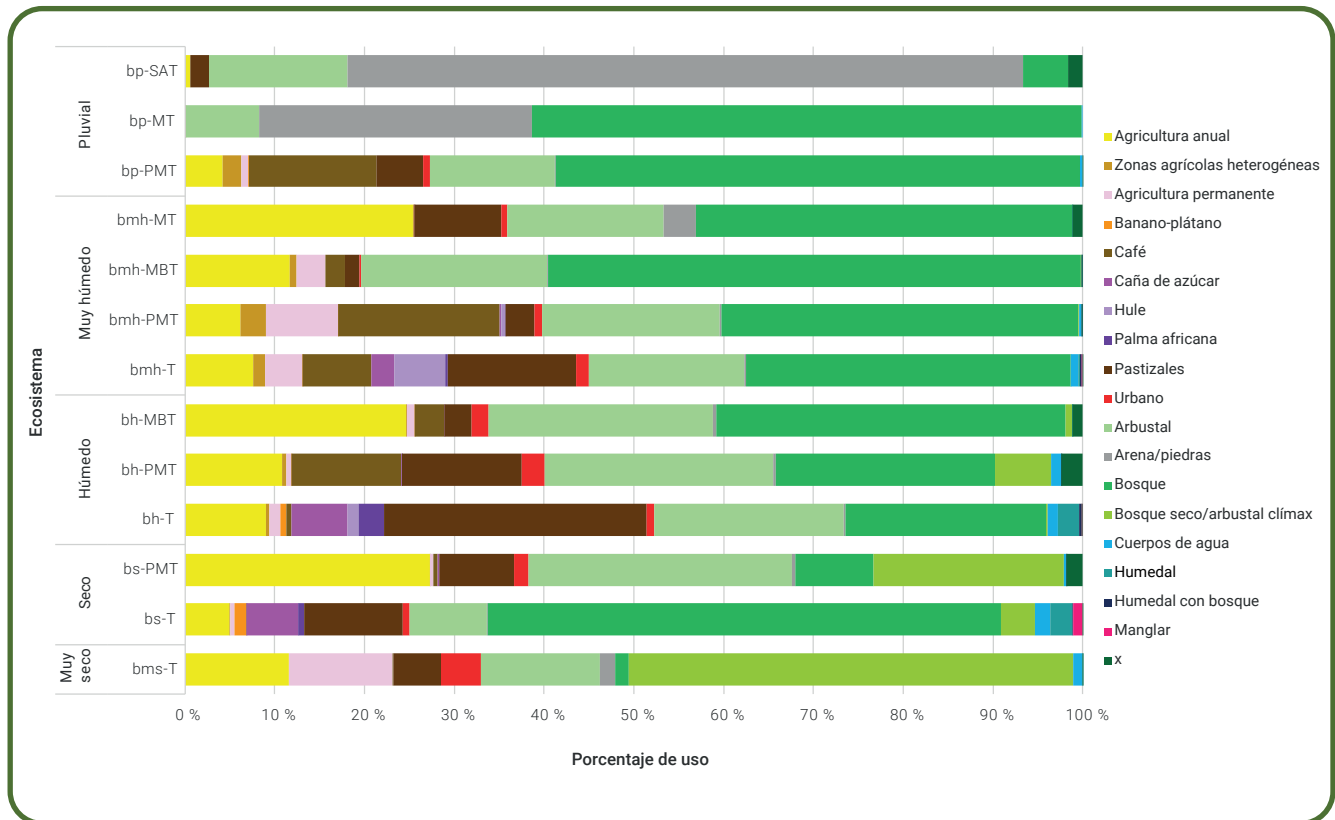
Cuadro 6. Agrupación de cobertura y uso de la tierra conforme al estado de intervención

Estado	Uso	Tipo de uso
Artificial	Agricultura anual	Agricultura anual
		Zonas agrícolas heterogéneas
	Agricultura permanente	Agricultura permanente
	Monocultivo agrícola	Banano-plátano
		Café
		Caña de azúcar
		Hule
		Palma africana
	Pastizales	Pastizales
Natural	Urbano	Urbano
	Arbustal	Vegetación arbustiva baja
	Arena/piedras	Espacios abiertos sin o con poca vegetación
	Bosque	Bosque
	Bosque seco/arbustal clímax	Bosque seco
	Cuerpos de agua	Cuerpos de agua
	Humedal	Humedal
	Humedal con bosque	Humedal con bosque
	Manglar	Manglar
	Árboles dispersos	Árboles dispersos

Fuente: elaboración propia con base en Gimbut (2014).

Con base en esta agrupación, se realizó el análisis de la distribución porcentual de los diferentes tipos de cobertura natural y de usos artificiales de la tierra a nivel de ecosistema para el año 2012 (**Figura 7**).

Figura 7. Distribución de tipo de uso de la tierra por ecosistema (año 2012)



Fuente: elaboración propia con base en Gimbut (2014).

En total, se procesaron e identificaron los 18 tipos de usos de la tierra posibles, entre naturales y artificiales. La mayoría de los ecosistemas tienen presencia importante de agricultura, exceptuando el bosque pluvial montano tropical y el bosque pluvial subandino tropical, que tienen menos de 0.05 % de su extensión total dedicada a este tipo de uso.

Por otra parte, todos los ecosistemas tienen cobertura forestal, ya sea del tipo bosque, bosque seco y/o arbustales. Los ecosistemas que presentan menor proporción de bosques naturales densos son el bosque pluvial subandino tropical (que se caracteriza por espacios abiertos con rocas y poca vegetación), y el bosque muy seco tropical (con presencia de matorrales y arbustales espinosos).

Los ecosistemas con mayores extensiones de bosque naturales densos, en proporciones mayores a 50 % del total de su extensión,

son el bosque seco tropical, el bosque muy húmedo montano bajo tropical, el bosque pluvial premontano tropical y el bosque pluvial montano tropical.

El bosque seco o arbustal clímax es característico en ciertos ecosistemas, y alcanza mayor proporción en el bosque muy seco tropical y el bosque seco premontano tropical, con 50 % y 21 % de su superficie total, respectivamente. En otros ecosistemas, este tipo de uso no supera el 4 % de su superficie total.

Los arbustales están presentes en proporciones entre el 20-29 % en seis ecosistemas, siendo estos: el bosque seco premontano tropical, el bosque húmedo tropical, el bosque húmedo premontano tropical, el bosque húmedo montano bajo tropical, el bosque muy húmedo premontano tropical y el bosque muy húmedo montano bajo tropical.

Por último, los manglares están presentes en tres ecosistemas: el bosque seco tropical, el bosque húmedo tropical y el bosque muy húmedo tropical. Sin embargo, la proporción de manglar es menor al 1 % de su extensión total.

5.2 Cuenta de condición

El análisis de condición, conforme a lo señalado en la sección metodológica, se sustenta en indicadores, varios de los cuales se analizan en los siguientes apartados.

5.2.1 Dinámica de la cobertura forestal

Se evaluó la dinámica de la cobertura forestal para todos los ecosistemas del país durante el periodo 1991-2014 (**Cuadro 7**). Once de los trece ecosistemas analizados perdieron bosque en diferentes proporciones durante el periodo de análisis.

Con respecto al cambio neto, hay que recordar que no refleja fielmente la envergadura de la pérdida de bosques naturales, pues el análisis de cierre no discrimina entre bosque natural y plantaciones forestales o de hule.

Tanto en el **Cuadro 7** como en la **Figura 8** se puede observar que las mayores pérdidas se presentaron en el bosque seco premontano tropical, el bosque muy seco tropical y el bosque húmedo tropical, donde la cobertura forestal inicial se redujo en más del 50 % durante el periodo 1991-2014.

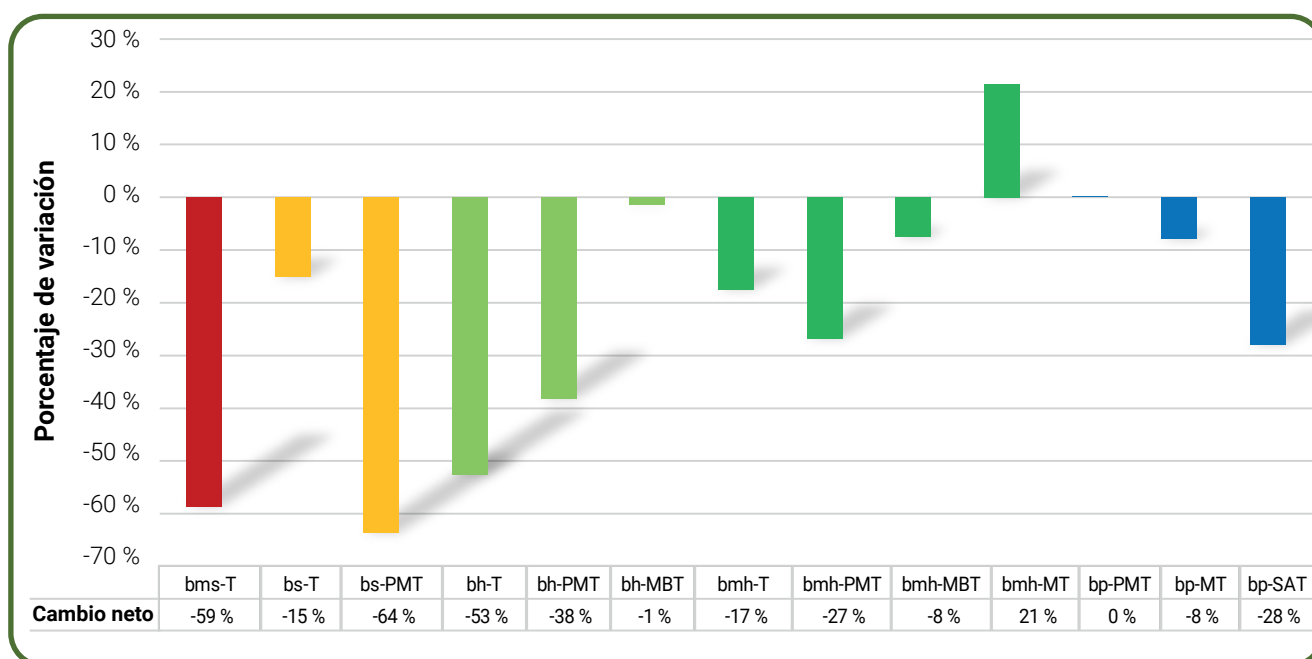
El bosque húmedo tropical es el ecosistema más extenso del país (con casi el 32 % del territorio nacional), y es también el que perdió más cobertura forestal durante el periodo de análisis en términos absolutos. Al año de cierre (2014) poseía un 53 % menos de cobertura forestal que en 1991.

Cuadro 7. Dinámica de la cobertura forestal por ecosistema
(periodo 1991-2014)

Zona de vida		Cobertura forestal de apertura de 1991 (ha)	Cobertura forestal de cierre de 2014 (ha)	Cambio neto (ha)	Cambio neto (%)
Muy seca	bms-T	2538	1051	-1487	-58.6%
Seca	bs-T	1 363 460	1 156 445	-207 015	-15.2%
	bs-PMT	89 788	32 736	-57 052	-63.5%
Húmeda	bh-T	1 500 320	712 119	-788 201	-52.5%
	bh-PMT	646 332	399 814	-246 518	-38.1%
	bh-MBT	507 872	500 503	-7369	-1.5%
Muy húmeda	bmh-T	289 275	238 711	-50 564	-17.5%
	bmh-PMT	445 554	326 472	-119 083	-26.7%
	bmh-MBT	163 097	150 768	-12 329	-7.6%
	bmh-MT	83 241	101 092	17 851	21.4%
Pluvial	bp-PMT	19 052	19 070	19	0.1%
	bp-MT	1820	1675	-145	-7.9%
	bp-SAT	386	279	-108	-27.9%

Fuente: elaboración propia con base en UVG et al. (2006) y Gimbut (2018).

Figura 8. Dinámica de la cobertura forestal por ecosistema (periodo 1991-2014)



Fuente: elaboración propia con datos de UVG et al. (2006) y Gimbut (2018).

El bosque muy seco tropical, por el contrario, es uno de los ecosistemas con menor proporción territorial nacional (0.76 %) y perdió el 59 % de su cobertura forestal durante el periodo de análisis. Este ecosistema alberga especies de distribución espacial restringida y endémicas, por lo que la pérdida masiva de cobertura boscosa compromete la viabilidad de sus poblaciones.

Finalmente, el bosque seco premontano tropical fue el ecosistema que tuvo la mayor reducción de su propia cobertura forestal (64 %) durante el periodo de análisis.

En conjunto, y términos absolutos, estos tres ecosistemas perdieron más de 800 000 ha de bosque durante el periodo de análisis, representando un 58 % de las pérdidas totales de cobertura forestal a nivel nacional.

Si a estas cifras de reducción se suman las pérdidas de cobertura forestal en el bosque húmedo premontano tropical⁵, se alcanza el 74 % de todas las pérdidas de cobertura forestal en el país entre 1991 y 2014.

Por otro lado, los únicos dos ecosistemas que presentaron incrementos en su cobertura forestal durante el periodo 1991-2014 fueron el bosque muy húmedo montano tropical y el bosque pluvial premontano tropical, con proporciones del 21 % y 0.10 %, respectivamente. En términos absolutos, las ganancias de ambos no superan las 20 000 ha.

5.2.2 Índice diferencial normalizado de vegetación (NDVI)

El NDVI es una aproximación de la integridad ecológica de las áreas forestales, especialmente de salud y densidad, cuya inferencia es posible por la alta reflectancia que tienen las plantas de la luz infrarroja y la baja reflectancia de luz visible, ya que es absorbida por la clorofila para la fotosíntesis (El-Gammal *et al.*, 2014). Esa relación entre la luz visible y la luz infrarroja es captada por imágenes satelitales.

El resultado del índice es un valor entre -1 y 1. Se ha establecido que valores inferiores a 0.2, representan a cuerpos de agua y áreas sin vegetación; entre 0.2 y 0.4 indican que existe vegetación dispersa; entre 0.4 y 0.6 se relacionan con vegetación moderadamente densa; y entre 0.6 y 1 se asocian a vegetación densa (Al-doski *et al.*, 2013).

El análisis del NDVI se hizo utilizando imágenes satelitales *Landsat* 8 del periodo 2017-2019, obtenidas del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), las cuales cuentan con una resolución de 30 metros (USGS, 2020).

⁵ El ecosistema con el segundo mayor nivel de pérdidas absolutas (38 % con respecto a su propia cobertura forestal inicial, equivalente a más de 246 518 hectáreas absolutas).

Aunque, como se indicó, los valores superiores a 0.6 muestran una vegetación más densa y potencialmente más sana, este rango superior (0.6-1) fue subdividido para mostrar con más detalle la condición de los bosques de los ecosistemas. Los valores del NDVI derivados de este criterio se muestran en el Cuadro 8 y su aplicación se refleja en el Mapa 2.

Cuadro 8. Escala de aplicación del NDVI para análisis de condición de ecosistemas

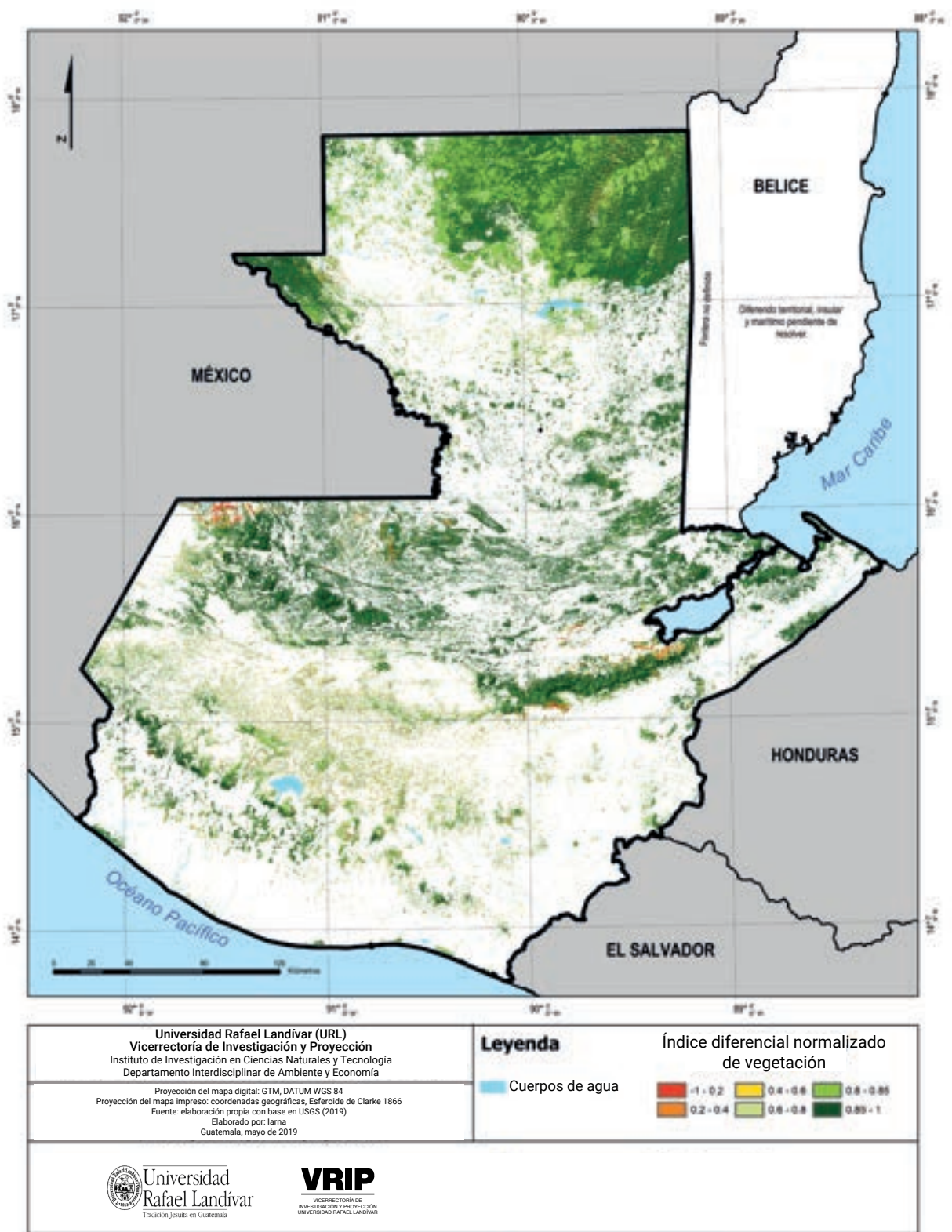
Valor NDVI	Condición
>0.85	Vegetación muy densa
0.8-0.85	Vegetación sana muy densa
0.6-0.8<	Vegetación densa
0.4-0.6<	Vegetación moderada
0.2-0.4<	Vegetación dispersa
<0.2	Área sin vegetación

Fuente: elaboración propia con base en Al-doski et al. (2013).

Los bosques más densos (color verde oscuro) se encuentran en Sierra de las Minas, Sierra de los Cuchumatanes y en áreas del bosque húmedo tropical dentro de las Verapaces; seguidos por el bosque seco tropical. Por otro lado, los bosques menos densos se encuentran al norte de la cordillera volcánica. Las áreas con color rojo dentro del bosque representan zonas con nubes en las imágenes satelitales.



Mapa 2. Índice diferencial normalizado de vegetación (NDVI) por ecosistema (año 2019)



Fuente: elaboración propia con base en USGS (2020).

Hay que hacer notar que los bajos valores de NDVI en el bosque muy seco tropical solo son el reflejo de su cobertura característica (arbustales) y no equivalen, bajo estos criterios, a una condición poco saludable. La verificación de esta condición debe respaldarse por medio otros procedimientos.

5.2.3 Áreas legalmente protegidas

El Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (Sigap) representa el esfuerzo formal del país en materia de conservación *in situ* de la biodiversidad. A inicios del 2019, estaba integrado por 339 áreas protegidas, que ocupaban poco más del 30 % de la extensión total del país.

A pesar de este esfuerzo, las presiones que se ciernen sobre el Sigap son variadas y constantes, y están ligadas a fuerzas impulsoras de orden estructural, algunas de carácter histórico. Así mismo, las capacidades de respuesta suelen estar por debajo de las necesidades de gestión de las áreas legalmente protegidas, cuestión que se revela en los bajos niveles que reportan los estudios técnicos sobre efectividad de manejo (Iarna, 2021).

No es el propósito de este apartado profundizar en tales circunstancias. Más bien, en esta ocasión interesa hacer énfasis en la representatividad de los ecosistemas. Al respecto, hay que señalar que no todos los ecosistemas se encuentran representados equitativamente en el Sigap, e incluso varios están sub-representados o bien ausentes. La carencia de protección legal no garantiza su protección absoluta, pero sí agrega valor a los esfuerzos de conservación.



40

El bosque seco tropical y el bosque húmedo tropical, en conjunto, aglomeran el 77 % del total del territorio legalmente protegido del país. Le siguen el bosque húmedo premontano tropical, el bosque muy húmedo premontano tropical y el bosque húmedo montano bajo tropical que, en conjunto, alcanzan otro 16.6 %.

Respecto a la protección legal a nivel de cada ecosistema sobresalen el bosque pluvial montano tropical y el bosque pluvial subandino tropical, cuyos territorios están legalmente protegidos en 100 % y 98 %, respectivamente. Por otro lado, el bosque muy seco tropical, el bosque seco premontano tropical y el bosque pluvial premontano tropical, cuentan con menos del 1.4 % de su extensión territorial dentro del Sigap.

En cuanto a la representatividad por categorías de manejo del Sigap, las de mayor extensión son la categoría VI (correspondiente a las reservas de biosfera) y la categoría I (principalmente parques nacionales), las cuales superan más de la mitad de la extensión territorial del Sigap.

5.2.4 Dinámica de la cobertura forestal en áreas legalmente protegidas

Una de las principales presiones a las áreas legalmente protegidas es la deforestación. Es entendible que este fenómeno tenga lugar en los espacios donde se concentran los bosques, y mucho más cuando las capacidades institucionales de gestión, como también se indicó antes, no están a la altura de las dinámicas socioeconómicas del país.

A los convencionales e históricos problemas que explican la deforestación, ahora se suman las presiones derivadas del cambio y la variabilidad climática, especialmente en la forma de incendios forestales, hecho que tiende a recrudecerse, tal como lo explican todos los escenarios posibles.

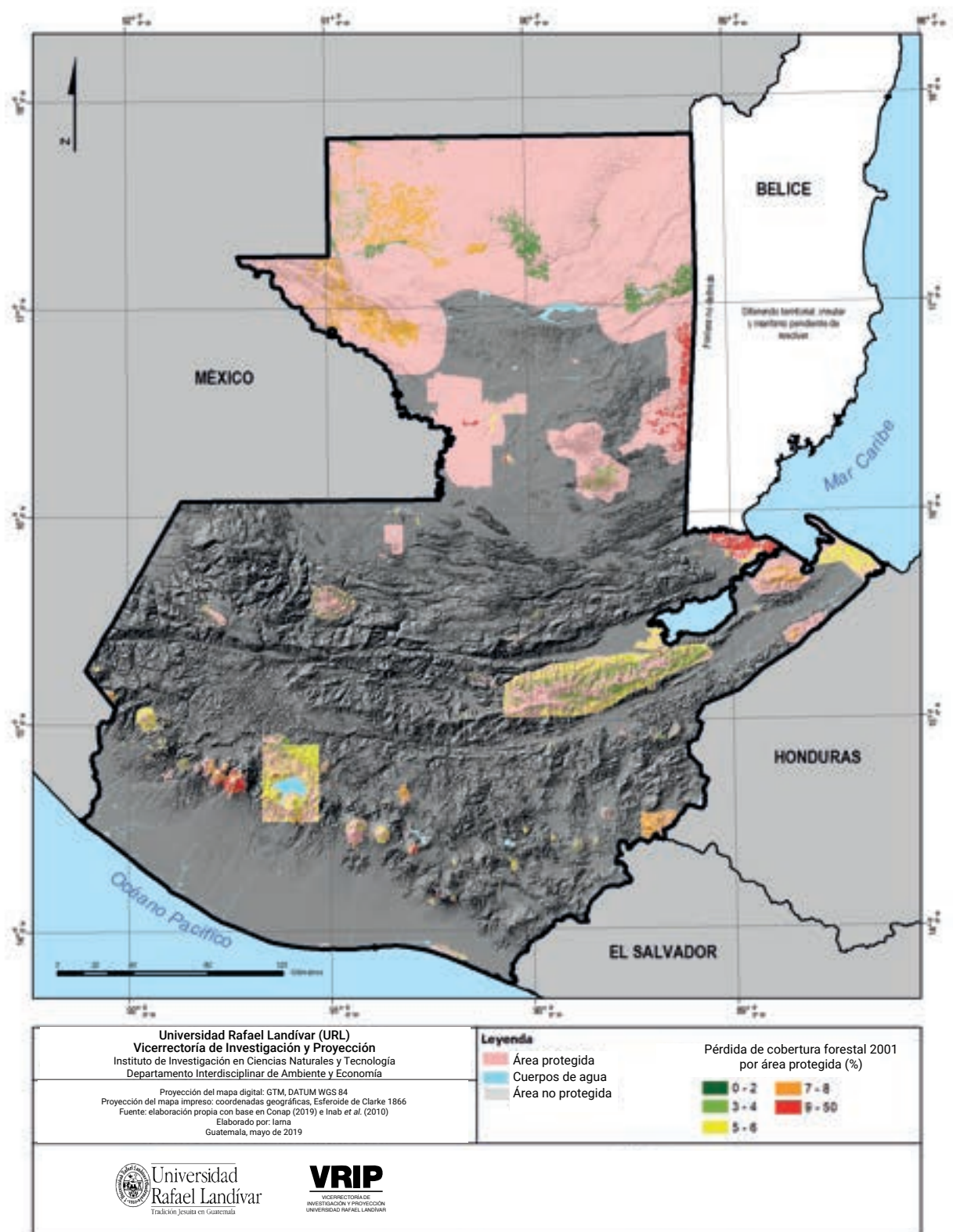
Para 2014, el 34 % del país (3 640 733 ha) estaba cubierto de bosque y, de ese total, el 51 % se encontraba dentro del Sigap (1 852 455 ha). La mayoría de los ecosistemas incluidos en el sistema perdieron parte de su cobertura forestal durante el periodo 2001-2014. En general, para ese periodo se perdieron más de 360 000 ha de bosque dentro de áreas protegidas, cifra que representa el 16 % de la superficie forestal de 2001.

Las mayores pérdidas forestales se registraron en el bosque húmedo tropical (60 %) y el bosque seco tropical (29 %) que, en conjunto, representan un 89 % de las pérdidas totales en el periodo de análisis. En el mismo periodo, el bosque pluvial premontano tropical perdió totalmente su cobertura forestal, a pesar de pertenecer al Sigap. Con cifras considerables, también están el bosque muy seco tropical (que perdió el 40 % de su cobertura inicial de 2001) y los bosques seco premontano tropical y húmedo premontano tropical (con 22 % de pérdida de su cobertura inicial cada uno).

En dirección contraria, algunos ecosistemas dentro del Sigap registran ganancia de cobertura forestal. Este es el caso del bosque muy húmedo montano bajo tropical, el bosque pluvial subandino tropical y el bosque muy húmedo montano tropical. En este último se incrementó la cobertura forestal en más del doble con respecto a la existente en 2001.

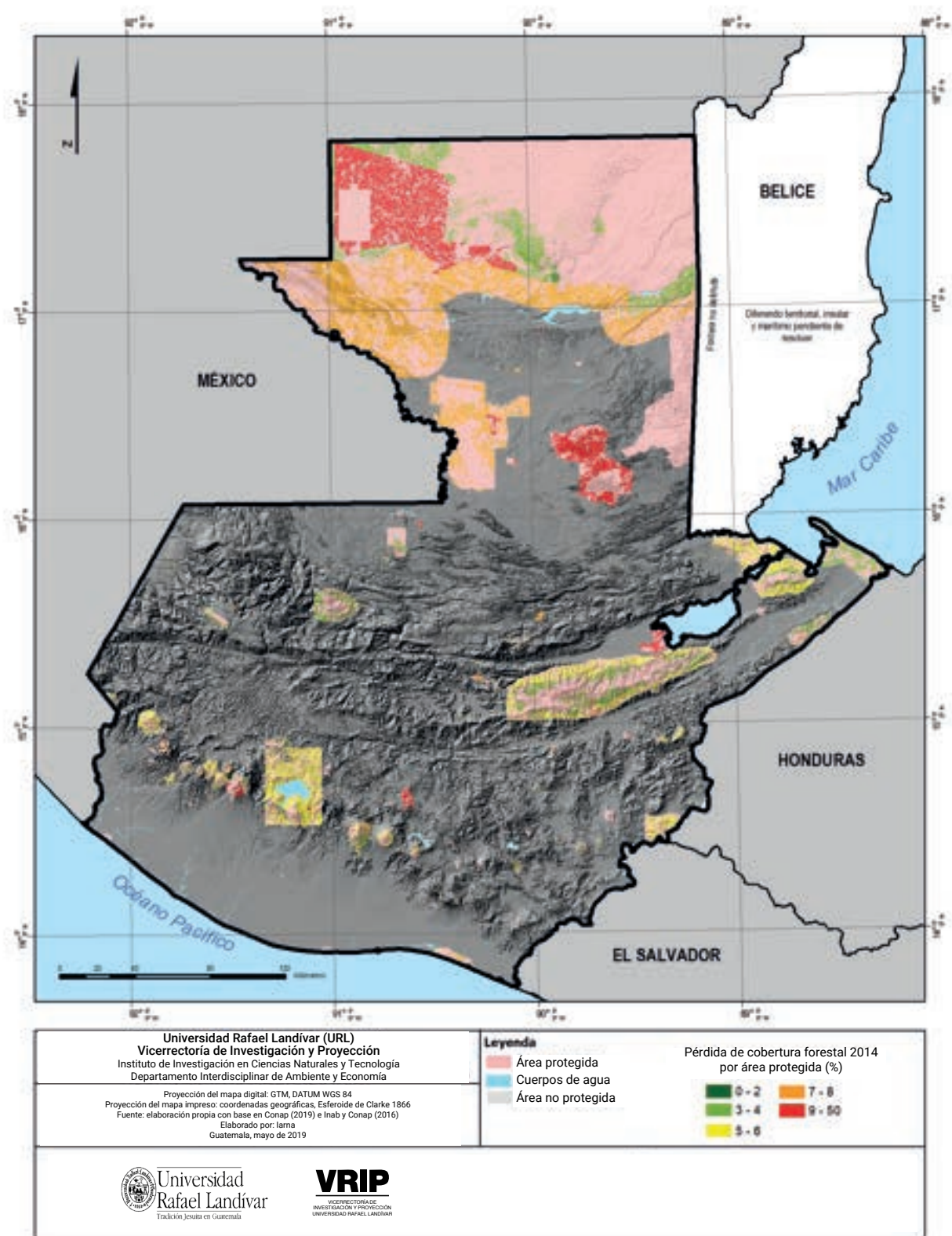
El análisis de dinámica de la cobertura forestal en áreas legalmente protegidas para los periodos 2001-2006 y 2010-2014 se muestra, respectivamente, en los **Mapas 3 y 4**.

Mapa 3. Dinámica de cobertura forestal en áreas legalmente protegidas de Guatemala (período 2001-2006)



Fuente: elaboración propia con base en Conap (2019b), UVG et al. (2006) y UVG et al. (2011).

Mapa 4. Dinámica de cobertura forestal en áreas legalmente protegidas de Guatemala (periodo 2010-2014)



Fuente: elaboración propia con base en Conap (2019b), INAB et al. (2012) y Gimbut (2014).

5.2.5 Presión externa y aislamiento de las áreas legalmente protegidas

El análisis de presión y aislamiento se centró en las categorías I, II y VI del Sigap, que son las más restrictivas en cuanto a los usos permitidos, es decir, privilegian la conservación de la biodiversidad y los valores naturales y culturales. Para el efecto, se analizó la dinámica de la cobertura forestal en cinturones de 1 km y 10 km alrededor de estas áreas protegidas.

Pérdida en los cinturones de 1 km

En total, 14 de las 37 áreas protegidas pertenecientes al tipo I, II y VI perdieron más del 10 % de la cobertura de los cinturones de 1 km durante el periodo 2010-2014. Las mayores pérdidas ocurrieron en los de las áreas protegidas tipo I, principalmente en el Parque Nacional Laguna El Pino (79 % de pérdida entre 2010 y 2014), la Reserva Biológica San Román (59 % de pérdida) y el Parque Nacional El Reformador (49 % de pérdida).

En segundo lugar, se registraron pérdidas en las áreas protegidas tipo II, principalmente alrededor de los monumentos culturales El Ceibal y Aguateca, donde desapareció el 31 % y 30 % de la cobertura en los cinturones, respectivamente. Finalmente, en los que se encuentran alrededor de las áreas protegidas tipo VI, la mayor pérdida de cobertura ocurrió en el cinturón alrededor de las Montañas Mayas Chiquibul (20 % de pérdida).

En total, en estos cinturones se perdieron desde 2010 hasta 2014, poco más de 3450 ha, equivalentes al 3.4 % de la extensión forestal inicial en 2010. Como puede observarse, la presión no solo es profunda, sino constante.

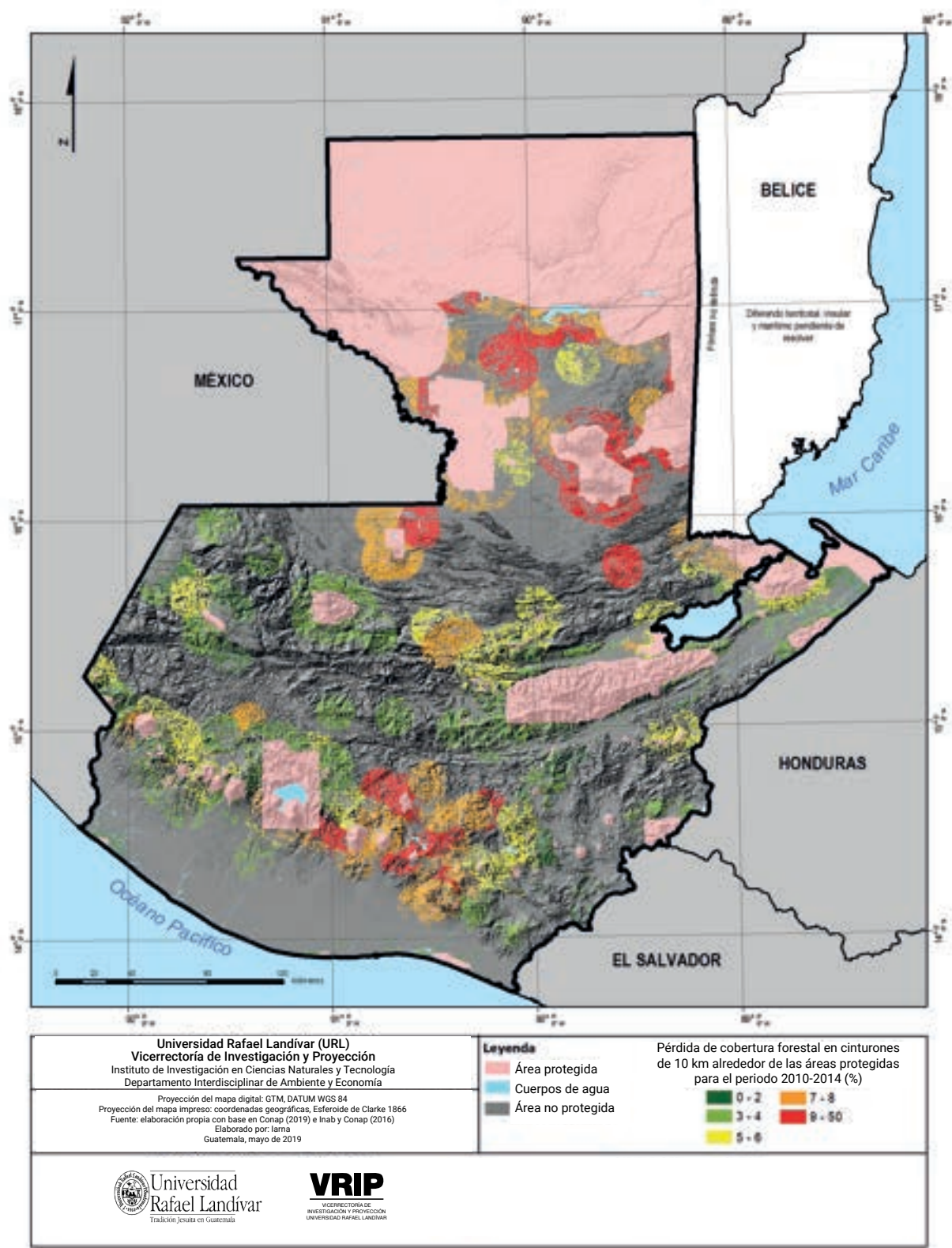
Pérdida en los cinturones de 10 km

Se registró una pérdida de poco más de 32 800 ha en los cinturones de 10 km durante el periodo 2010-2014, lo cual equivale al 4 % de la extensión de bosque inicial de 2010. Los hallazgos de este análisis se resumen en el **Mapa 5**.

Las mayores pérdidas ocurrieron en la laguna El Pino y en el complejo sur de las áreas protegidas de Petén (San Román, Dos Pilas y Chiquibul), cada cinturón con una pérdida del 46 % y 47 % de la cobertura forestal de 2010, respectivamente.

Adicionalmente, otras tres áreas perdieron más del 15 % de su extensión inicial de 2010, las cuales son: conjunto del Parque Nacional Naciones Unidas-Volcán Pacaya-Laguna de Calderas (21 % de pérdida), Los Aposentos (19 %) y El Trifinio (15 %).

Mapa 5. Análisis de aislamiento a través de la dinámica de cobertura forestal en cinturones de 10 km alrededor de áreas protegidas de categorías I, II y IV del Sigap (Periodo 2010-2014)



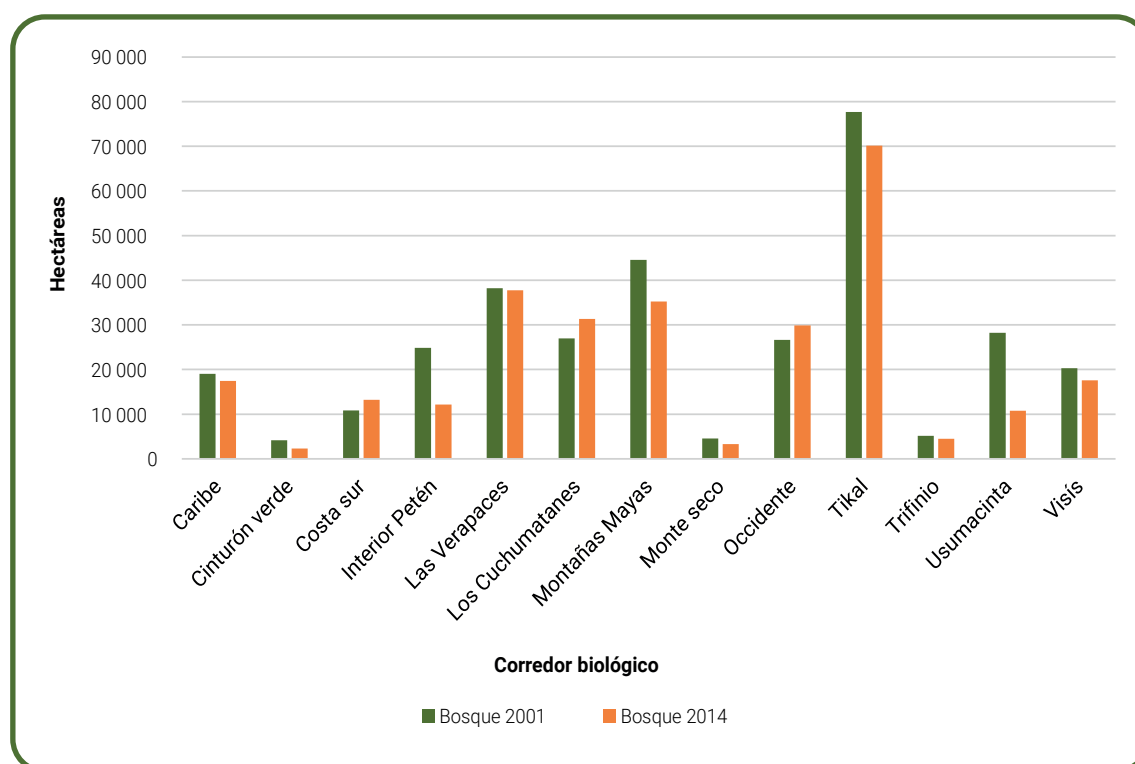
Elaboración propia con base en Conap (2019b), INAB et al. (2012) y Gimbut (2014).

5.2.6 Dinámica de cobertura forestal de corredores biológicos

Para complementar el análisis de presión y aislamiento de las áreas protegidas, también se evaluó la dinámica de la cobertura forestal para el periodo 2001-2014 en los corredores biológicos diseñados para favorecer la conectividad entre éstas. El análisis se realizó para los 13 corredores propuestos por Godoy y Cardona (1996).

Un primer hallazgo es que los corredores biológicos, en conjunto, perdieron un poco más de 55 000 ha de cobertura forestal durante el periodo de análisis (**Figura 10**).

Figura 10. Pérdida de cobertura forestal de los corredores biológicos (periodo 2001-2014)



Fuente: elaboración propia con base en Godoy y Cardona (1996), UVG et al. (2006) y Gimbut (2014).

Un segundo conjunto de hallazgos se refiere a los corredores biológicos independientes. Se determinó que las mayores pérdidas de cobertura forestal durante el periodo de 2001-2014 ocurrieron en el corredor denominado “Usumacinta”, con una proporción del 31 % de las pérdidas totales para el periodo de análisis; así como en el corredor denominado “Interior de Petén” (23 % de las pérdidas totales).

Le siguen las Montañas Mayas y Tikal, con 17 % y 13 % del total de pérdidas, respectivamente. Estos corredores pretenden conectar a la Biosfera Maya; no obstante, están siendo degradados.

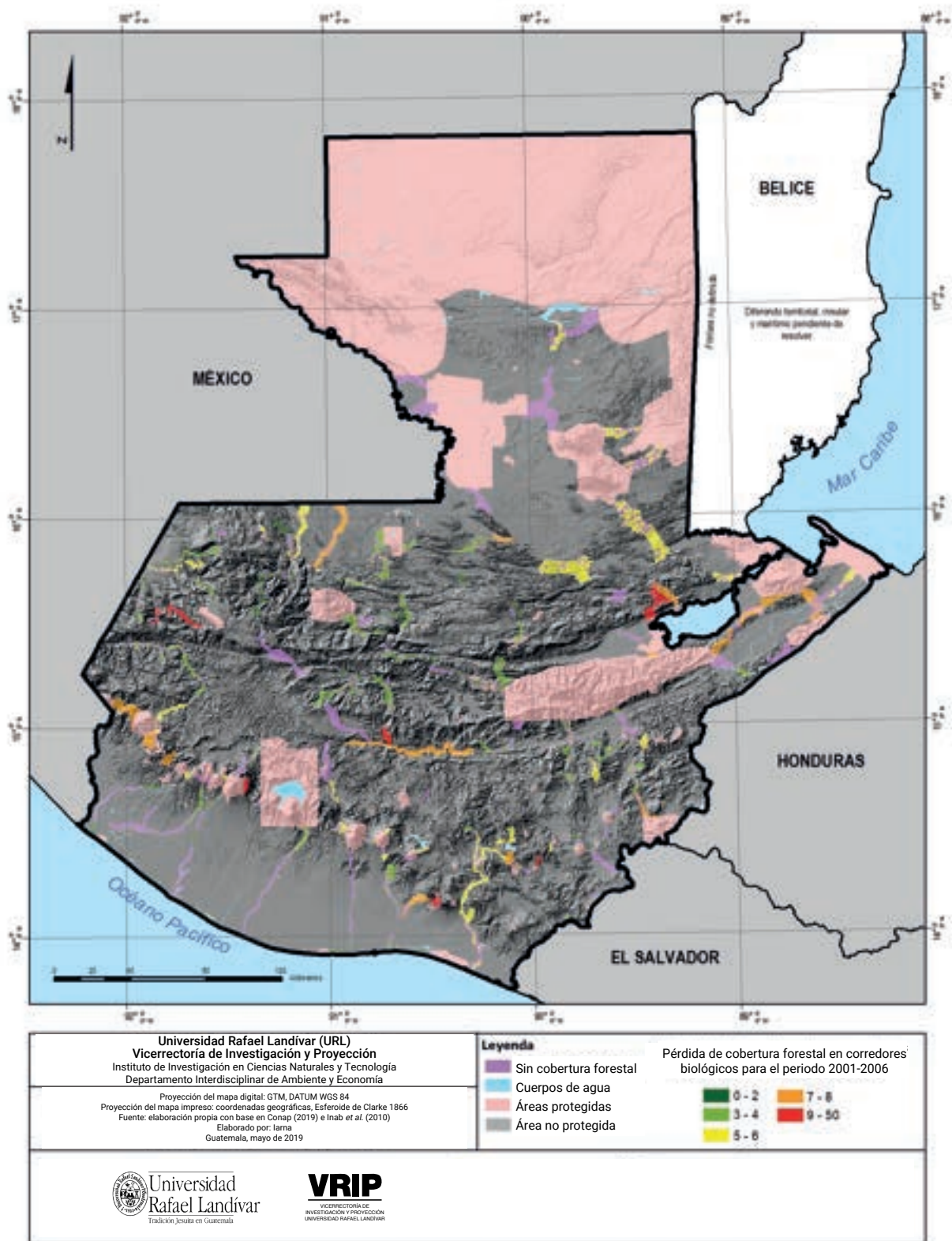
En conjunto, los cuatro corredores ubicados en Petén representan el 84 % de las pérdidas totales de cobertura de todos los corredores biológicos al 2014. Dos de estos perdieron más del 50% de su cobertura en el periodo de 2001-2014, siendo estos “Usumacinta” e “Interior Petén”, donde desapareció el 62% y 51% de sus áreas boscosas, respectivamente.

Por otra parte, tres corredores recuperaron cobertura forestal durante el periodo 2001-2014: “Costa sur” (con un incremento de 22 %), “Los Cuchumatanes” (16 %) y “Occidente” (12 %).

La dinámica de la cobertura forestal para el periodo 2001-2006 se presenta en el **Mapa 6** y la del periodo 2010-2014 en el **Mapa 7**.

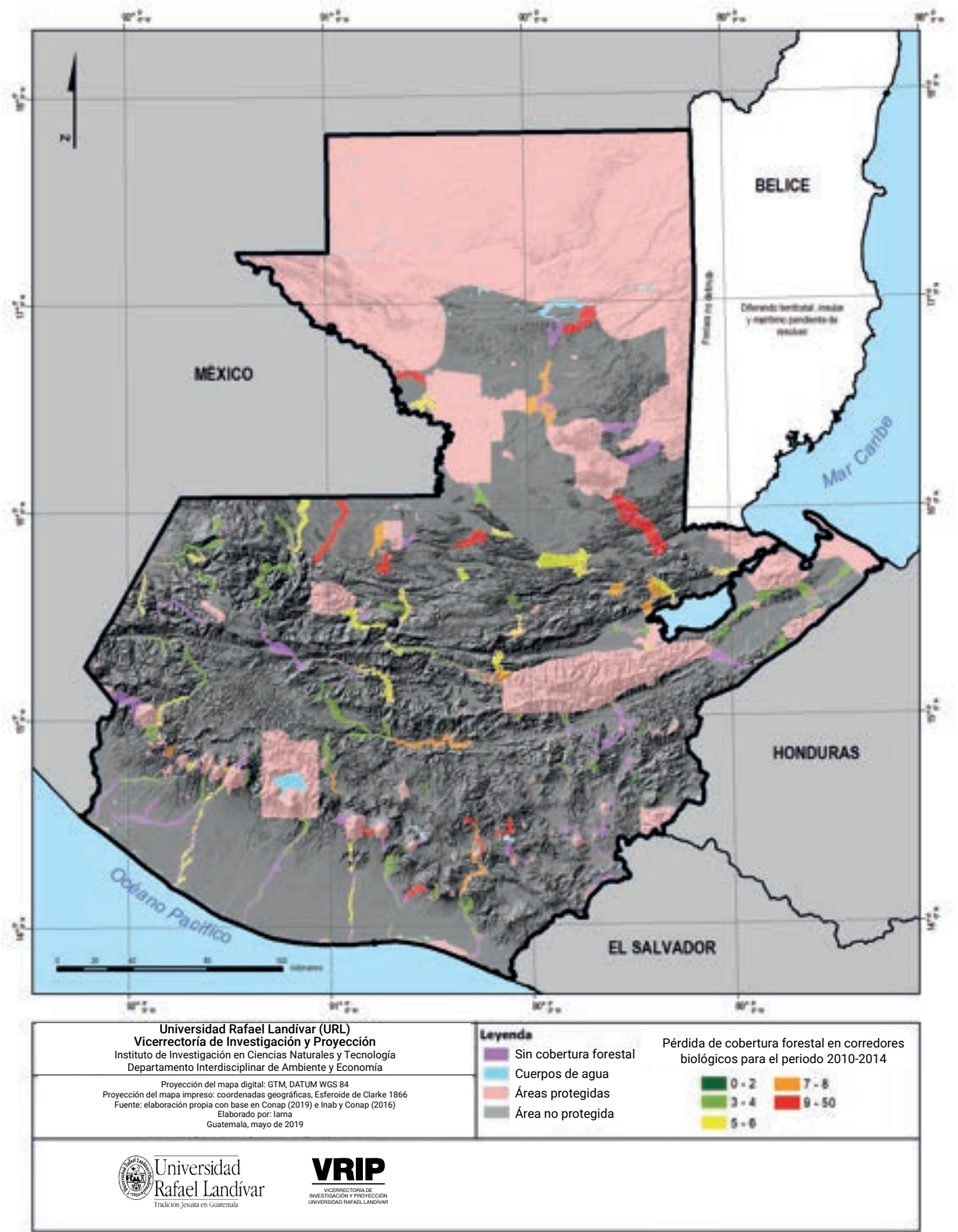


Mapa 6. Dinámica de la cobertura forestal en corredores biológicos (periodo 2001-2006)



Fuente: elaboración propia con base en Godoy y Cardona (1996), UVG et al. (2006 y 2011).

Mapa 7. Dinámica de la cobertura forestal en corredores biológicos (periodo 2010-2014)



Fuente: elaboración propia con base en Godoy y Cardona (1996), INAB et al. (2012) y Gimbut (2014).

5.2.7 Dinámica de la cobertura forestal fuera de áreas protegidas

En esta sección se analiza la deforestación fuera de áreas protegidas. Como primer hallazgo se reporta que en los 23 años que cubre el periodo de análisis (1991-2014) se perdieron poco más 760 000 ha, equivalentes al 30 % de la cobertura inicial (**Cuadro 9**).

Cuadro 9. Dinámica de cobertura forestal por ecosistema, fuera de áreas protegidas (periodo 1991-2014)

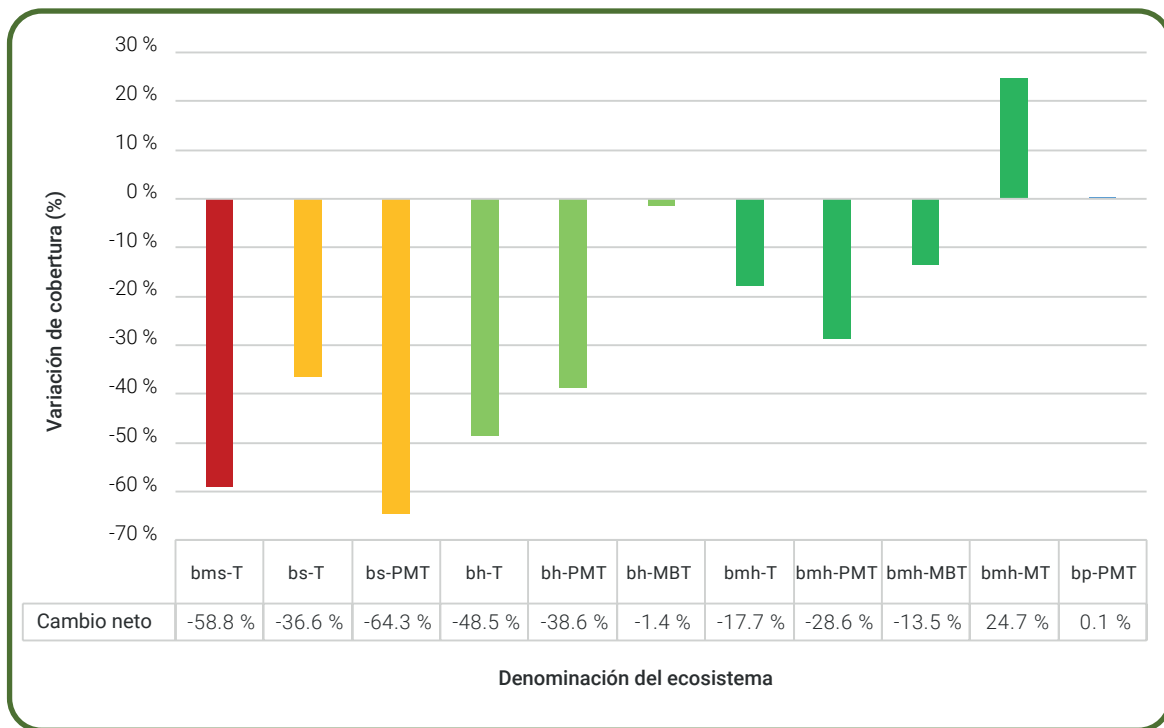
Ecosistema (zona de vida)		Cobertura forestal (ha)				
		1991	2001	2006	2010	2014
Muy seco	bms-T	2504	1503	916	420	1031
Seco	bs-T	59 761	47 551	40 367	29 433	37 875
	bs-PMT	87 914	55 598	44 917	24 096	31 377
Húmedo	bh-T	741 477	536 602	421 670	359 163	381 872
	bh-PMT	461 478	333 637	324 880	256 264	283 322
	bh-MBT	439 103	377 842	391 970	324 113	432 927
Muy húmedo	bmh-T	245 981	193 847	188 633	163 004	202 546
	bmh-PMT	347 143	248 714	255 287	200 952	247 748
	bmh-MBT	81 991	66 671	77 326	55 938	70 907
	bmh-MT	57 903	53 014	57 100	52 089	72 227
Pluvial	bp-PMT	19 038	15 440	16 892	14 696	19 064
	bp-MT					
	bp-SAT					
Total		2 544 292	1 930 419	1 819 956	1 480 166	1 780 895

Fuente: elaboración propia con base en Iarna (2018), UVG *et al.* (2006 y 2011), INAB *et al.* (2012) y Gimbut (2014).

Como segundo hallazgo se determinó que las mayores pérdidas absolutas ocurrieron en los ecosistemas: bosque húmedo tropical y bosque húmedo premontano tropical que, en conjunto, representaron el 70 % de las pérdidas totales durante el periodo de análisis (**Figura 11**).

Con relación a la cobertura inicial de cada ecosistema (área no protegida), las mayores pérdidas ocurrieron en el bosque seco premontano tropical y en el bosque muy seco tropical, donde desapareció el 64 % y 59 % de su cobertura inicial, respectivamente, durante el periodo 1991-2014.

Figura 11. Dinámica de la cobertura forestal por ecosistema, fuera de áreas protegidas (periodo 1991-2014)



Fuente: elaboración propia con base en Iarna (2018), UVG *et al.* (2006 y 2011), INAB *et al.* (2012) y Gimbut (2014).

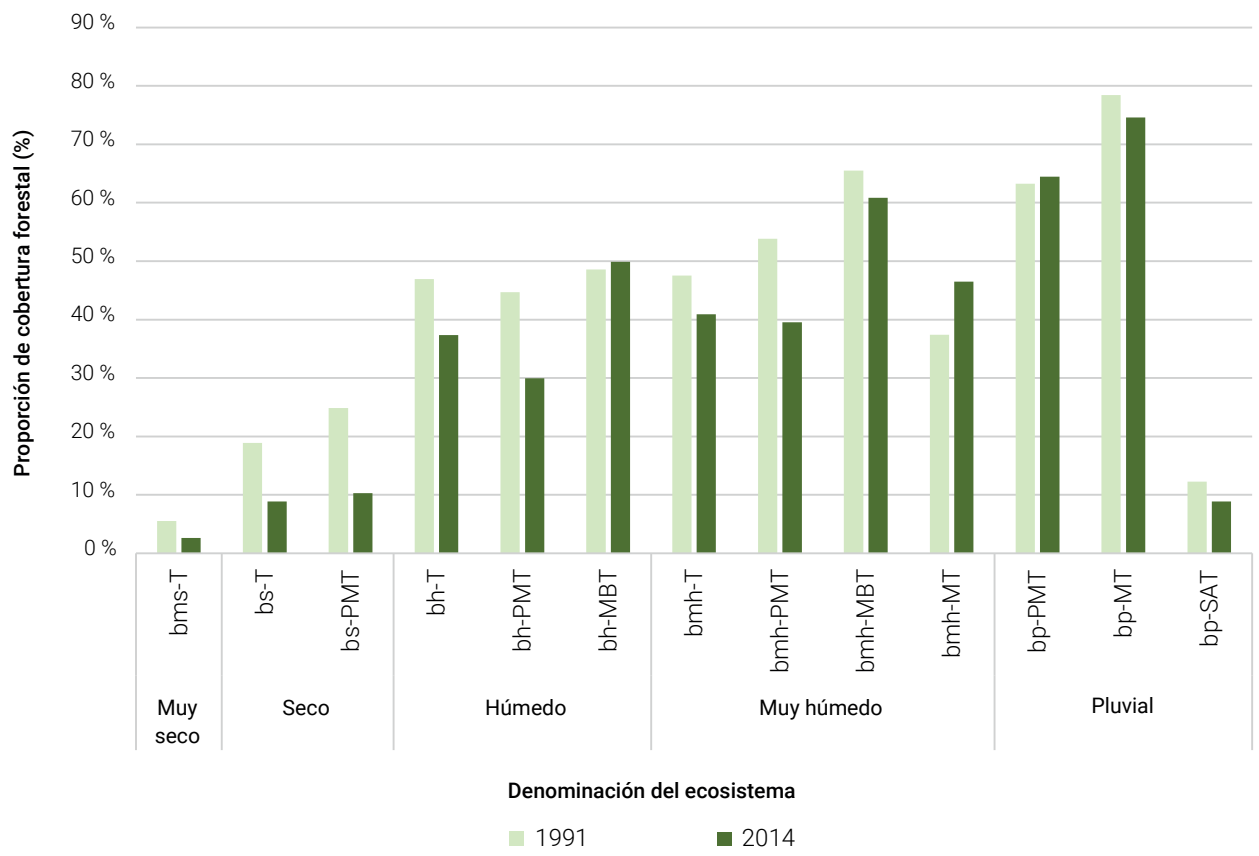
5.2.8 Dinámica de la cobertura forestal en tierras forestales de captación y regulación hidrológica (TFCRH)

El análisis de la dinámica de la cobertura forestal en las TFCRH muestra que los ritmos de deforestación han sido relativamente menores que en otras zonas de interés.

En general, las mayores variaciones durante el periodo 1991-2014 ocurrieron en el bosque húmedo premontano tropical y el bosque seco premontano tropical, con un máximo de 15 %, y un 14 % para el bosque muy húmedo premontano tropical. Las variaciones en el resto de los ecosistemas ocurrieron en el rango de 1 % y 10 %.

No obstante estos ritmos de pérdida, hay que hacer notar que las tierras han estado sujetas a presiones históricas en todos los ecosistemas. En consecuencia, diez de los trece ecosistemas tenían menos del 50 % de cobertura forestal y, de estos, cuatro contaban con menos del 10 % en 2014 (Figura 12).

Figura 12. Proporción de cobertura forestal (%) en tierras de muy alta, alta y media captación y regulación hidrológica por ecosistema (periodo 1991-2014)



Fuente: elaboración propia con base en UVG et al. (2006), UVG et al. (2011), Inab et al. (2012), Gimbut (2014.)

Al analizar detalles, se puede notar que en 1991, solo ocho de los trece ecosistemas mantenían más del 40 % de sus tierras forestales de captación y regulación hidrológica muy alta, alta y media con cobertura forestal. De estos, dos incrementaron su cobertura en 2014 (bosque húmedo montano bajo tropical y bosque pluvial premontano tropical), tres continuaban manteniendo más del 40 % de su cobertura y los otros tres la conservaron arriba del 30 %.

El bosque muy húmedo montano bajo tropical, el bosque pluvial premontano tropical y el bosque pluvial montano tropical, presentaron los mayores porcentajes de cobertura forestal en estas áreas estratégicas, con más del 60 %.

El bosque muy seco tropical, el bosque pluvial subandino tropical, el bosque seco tropical y el bosque seco premontano tropical son los ecosistemas con menos del 10% de cobertura forestal en estas tierras en 2014. Los primeros dos, como ya se ha indicado, tienen una cobertura característica de arbustales y pastizales, respectivamente.

Resulta clara la importancia de conservar y recuperar la cobertura de estos ecosistemas, sobretodo ahora que el cambio y la variabilidad climática se expresan con más crudeza, especialmente en las relaciones hidrológicas de esas zonas, afectado directamente a las poblaciones ahí asentadas.

5.2.9 Dinámica de la cobertura forestal según capacidad de uso de la tierra

Este indicador se centra en el análisis de la dinámica de la cobertura forestal conforme a la clasificación de tierras por capacidad de uso de INAB (2005). Se analizaron las siete categorías de capacidad de uso que, como se sabe, se refieren a la máxima intensidad de uso que un espacio puede soportar atendiendo a sus propiedades físicas, especialmente de pendiente, profundidad efectiva del suelo, pedregosidad y drenaje.

Las categorías ordenadas, en orden decreciente de intensidad, son:

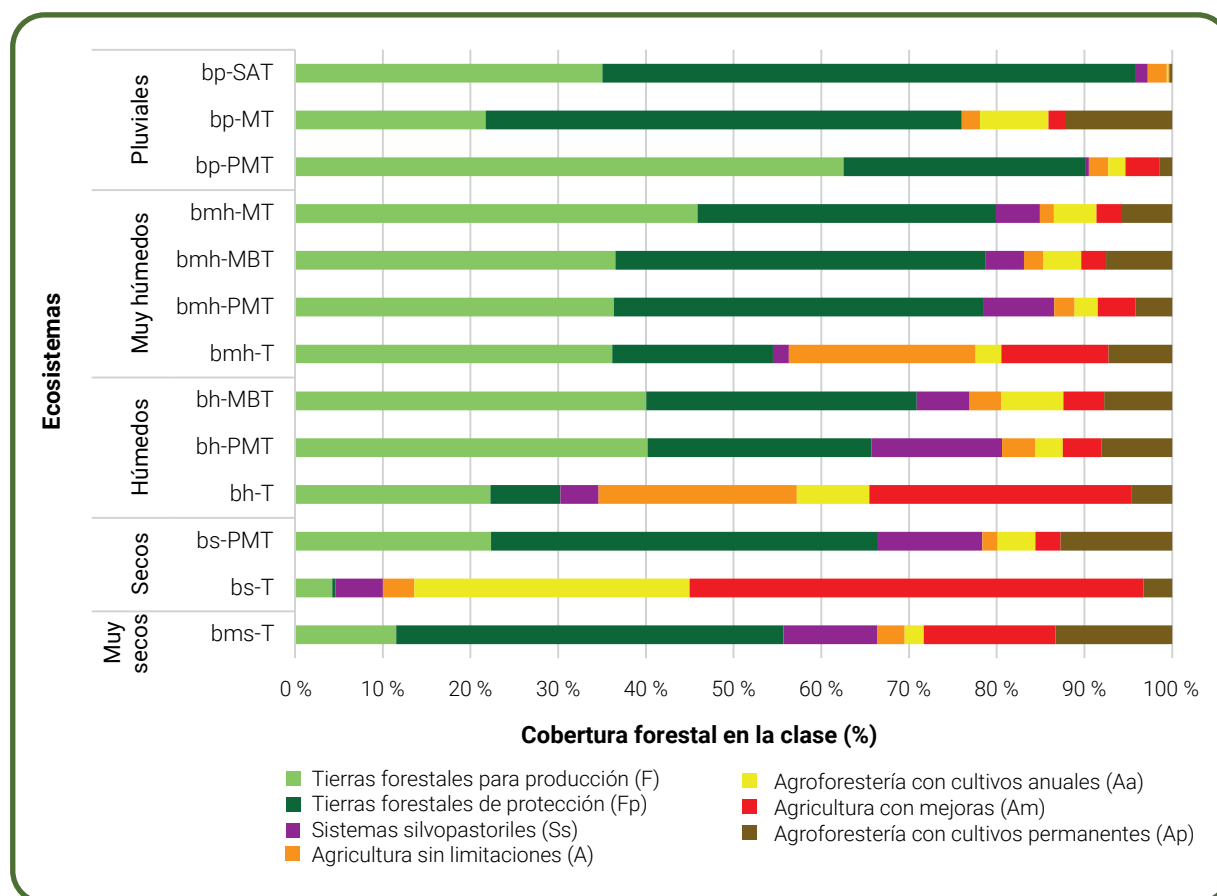
- a) Agricultura sin limitaciones (A)
- b) Agricultura con mejoras (Am)
- c) Agroforestería con cultivos anuales (Aa)
- d) Sistemas silvopastoriles (Ss)
- e) Agroforestería con cultivos permanentes (Ap)
- f) Tierras forestales para producción (F)
- g) Tierras forestales de protección (Fp)

Sobre esta base, se analizó la situación de la cobertura en las distintas categorías de capacidad de los ecosistemas para los años 2001 y 2014. La **Figura 13** muestra los resultados del análisis para el año 2001.

Nótese que en 2001 la mayor proporción de cobertura forestal se ubicó en las categorías de tierras forestales para producción (F) y de protección (Fp) (más del 50%). Solamente en el bosque seco tropical y en el bosque húmedo tropical, dichas categorías de capacidad concentraban menos del 30 % de la cobertura forestal reportada para cada ecosistema.



Figura 13. Distribución de la cobertura forestal del ecosistema en distintas categorías de capacidad de uso del INAB (año 2001)



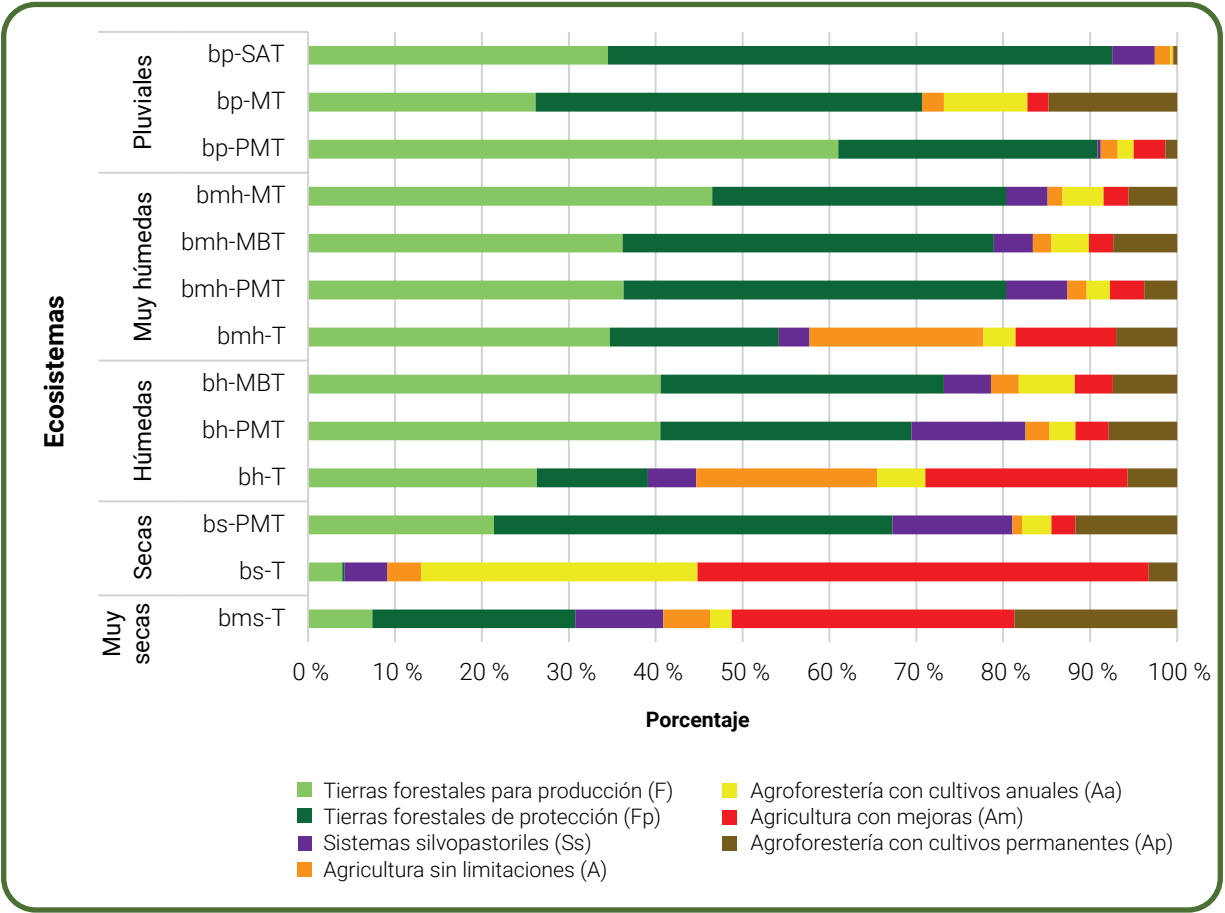
Fuente: elaboración propia con base en Iarna (2018), UIE y Iarna (2016) y UVG et al. (2006).

Los resultados del análisis realizado para el 2014 se presentan en la **Figura 14** y muestran que se mantuvo la misma tendencia del año 2001 respecto a la distribución de la cobertura forestal, que se ubica principalmente en las categorías de bosque de producción y de protección.

Se registraron incrementos leves en esas categorías para los siguientes ecosistemas: bosque muy húmedo montano bajo tropical, bosque muy húmedo montano tropical, bosque seco premontano tropical, bosque pluvial premontano tropical, bosque muy húmedo premontano tropical, bosque húmedo montano bajo tropical, bosque húmedo premontano tropical y bosque húmedo tropical.

Esto significa que en algunas de estas tierras frágiles (con respecto a las otras) están operando mecanismos de repoblación forestal, ya sea por regeneración natural o vía plantaciones. Por el contrario, en el ecosistema de bosque muy seco tropical, la proporción de la cobertura forestal ubicada en las categorías de bosques de protección y de producción, sufrió una merma del 60 % de las existencias de 2001.

Figura 14. Distribución de la cobertura forestal del ecosistema en distintas categorías de capacidad de uso del INAB (año 2014)



Fuente: elaboración propia con base en Iarna (2018), UIE y Iarna (2016) y Gimbut (2014).

5.3 Oferta de servicios ecosistémicos (cualitativa)

El Cuadro 10 muestra la sistematización de los servicios ambientales asociados a las categorías de manejo de las áreas legalmente protegidas, de acuerdo a lo siguiente: (i) propósitos generales de creación establecidos en el Acuerdo Gubernativo 759-90, (ii) documentación legal específica (instrumento de creación) y (iii) documentación técnica (especialmente los planes maestros o equivalentes).

De acuerdo a lo señalado en el Cuadro 4, se sistematizó información de 186 áreas legalmente protegidas, que representan el 95 % de la extensión del Sigap. En conjunto, se identificaron 28 servicios ecosistémicos asociados a las distintas categorías de manejo.

Cuadro 10. Síntesis de los servicios ecosistémicos asociados a las categorías de manejo en áreas legalmente protegidas del Sigap

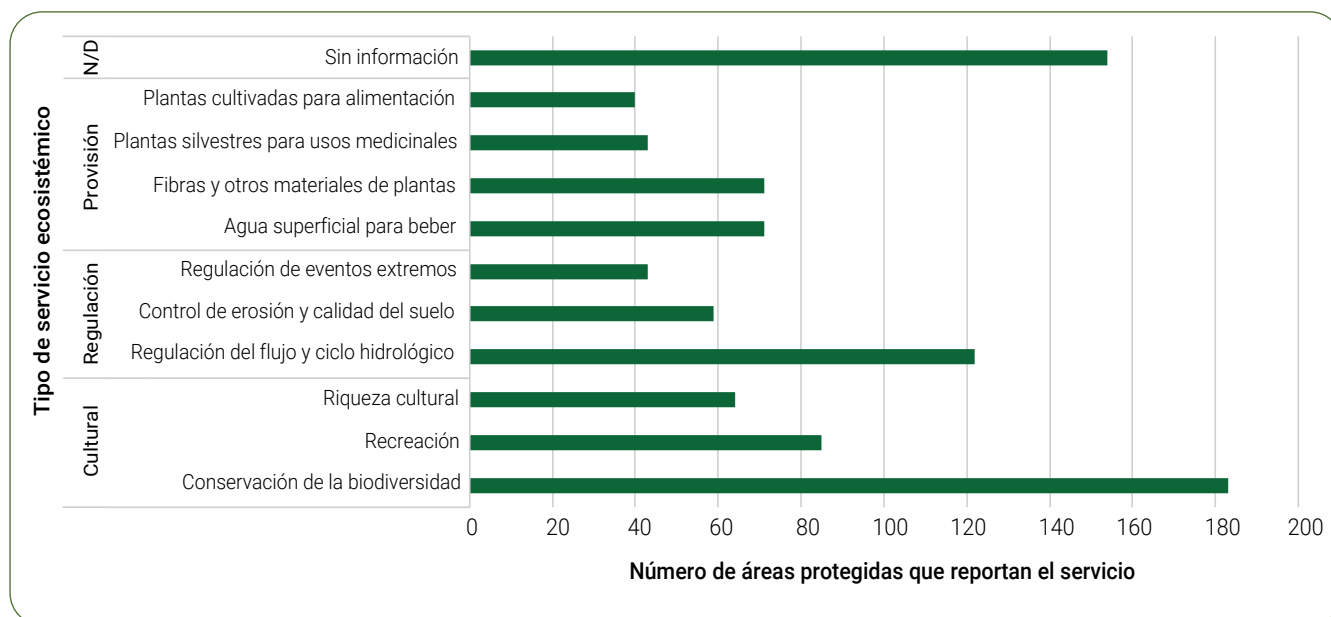
Categoría de manejo de área protegida	Descripción general de servicios
Amortiguamiento y zonas de veda	
Zona de amortiguamiento	Turismo, producción sostenible, provisión de agua y otros bienes maderables y no maderables, procurando reducir presión a las zonas de manejo más restrictivas.
Zona de veda definitiva	Turismo, investigación científica, conservación de biodiversidad, inspiración educacional, cultural y recreacional.
Categoría tipo I	
Parque nacional	Turismo, investigación científica, conservación de biodiversidad, inspiración educacional, cultural y recreacional, conservación de recursos genéticos.
Parque nacional/Biotopo	
Reserva biológica	
Categoría tipo II	
Biotopo protegido	Protección y conservación de los valores naturales y culturales y, dentro de los límites congruentes con lo anterior, proveer de oportunidades de recreo, educación ambiental e investigación científica, turismo controlado y recreación limitada y rústica.
Monumento cultural	
Monumento natural	
Categoría tipo III	
Área de uso múltiple	Provisión de agua, madera, flora y fauna silvestre, pastos y productos marinos, recreación. Énfasis en conservación para ofrecer sostenibilidad a actividades económicas y sociales.
Refugio de vida silvestre	
Reserva forestal protectora de manantiales	
Reserva hídrica y forestal	
Reserva protectora de manantiales	
Categoría tipo IV	
Parque recreativo natural municipal	Recreación y provisión de bienes y servicios.
Parque regional municipal	
Parque regional y área natural recreativa	
Reserva forestal municipal	
Categoría tipo V	
Reserva natural privada	Recreación, protección de la biodiversidad.
Categoría tipo VI	
Reserva de biosfera	Recreación, educación, investigación y conservación.

Fuente: elaboración propia con datos del Acuerdo Gubernativo 759-90 (1990).

En la **Figura 15** se presentan los diez servicios ecosistémicos que más se asocian al grupo de áreas legalmente protegidas analizadas, organizados por tipo. Ciento ochenta y tres áreas se relacionan con el objetivo principal general⁶ de conservación de la biodiversidad⁷, fin primordial de la creación del Sigap.

En segundo lugar, se reporta el servicio de regulación del flujo y ciclo hidrológico (asociado a 122 áreas), seguido del uso del ambiente para actividades de recreación (turismo), el cual es un servicio cultural (asociado a 85 áreas). También tienen relevancia la provisión de agua superficial para beber, la provisión de fibras y otros materiales de plantas silvestres, y el control de erosión y conservación de la calidad del suelo.

Figura 15. Clasificación y frecuencia de servicios ecosistémicos asociados a las áreas protegidas que conforman el Sigap



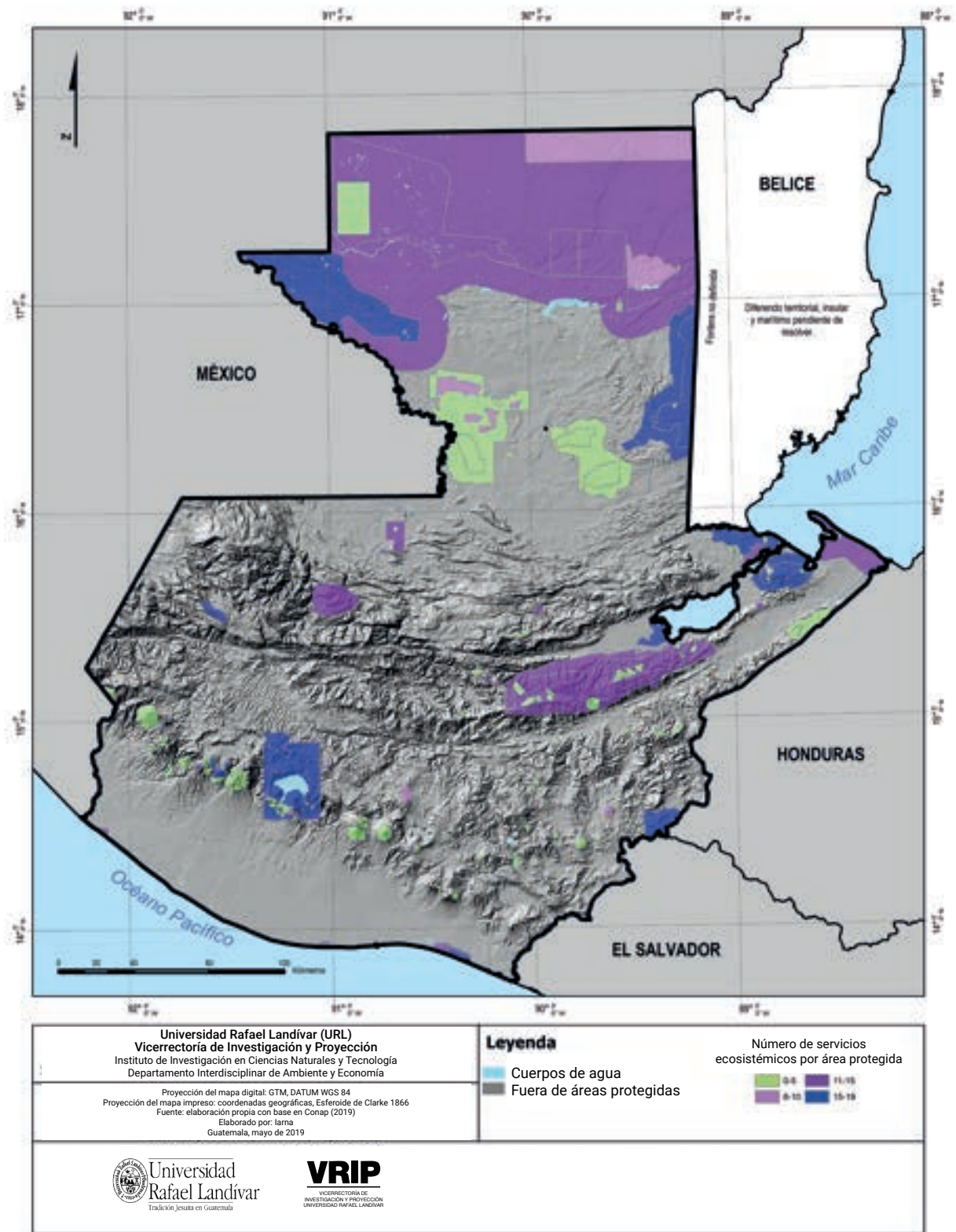
Fuente: elaboración propia.

En el **Mapa 8** se esquematiza la frecuencia de servicios independientes por áreas legalmente protegidas. En este caso, las categorías de reserva de biosfera, parque nacional y parques regionales municipales registran una mayor cantidad de servicios ecosistémicos distintos (igual o mayor a 15).

⁶ Y servicio en este análisis.

⁷ Es importante mencionar que aún existe una discusión en el seno del Comité de Expertos de las Naciones Unidas en Contabilidad Ambiental y Económica (Unccea, por sus siglas en inglés) respecto al tratamiento que se le puede dar a la biodiversidad en diferentes cuentas. En el presente caso se analiza como servicio ecosistémico en su conjunto.

Mapa 8. Frecuencia de servicios ecosistémicos en las áreas legalmente protegidas



Fuente: elaboración propia.

En el **Mapa 9** se presenta la distribución geográfica de los servicios ecosistémicos dentro de las áreas protegidas que fueron mencionados con mayor frecuencia. Puede observarse que los tres servicios principales son: conservación de biodiversidad, regulación de flujo y ciclo hidrológico, y uso del ambiente para actividades de recreación (turismo).

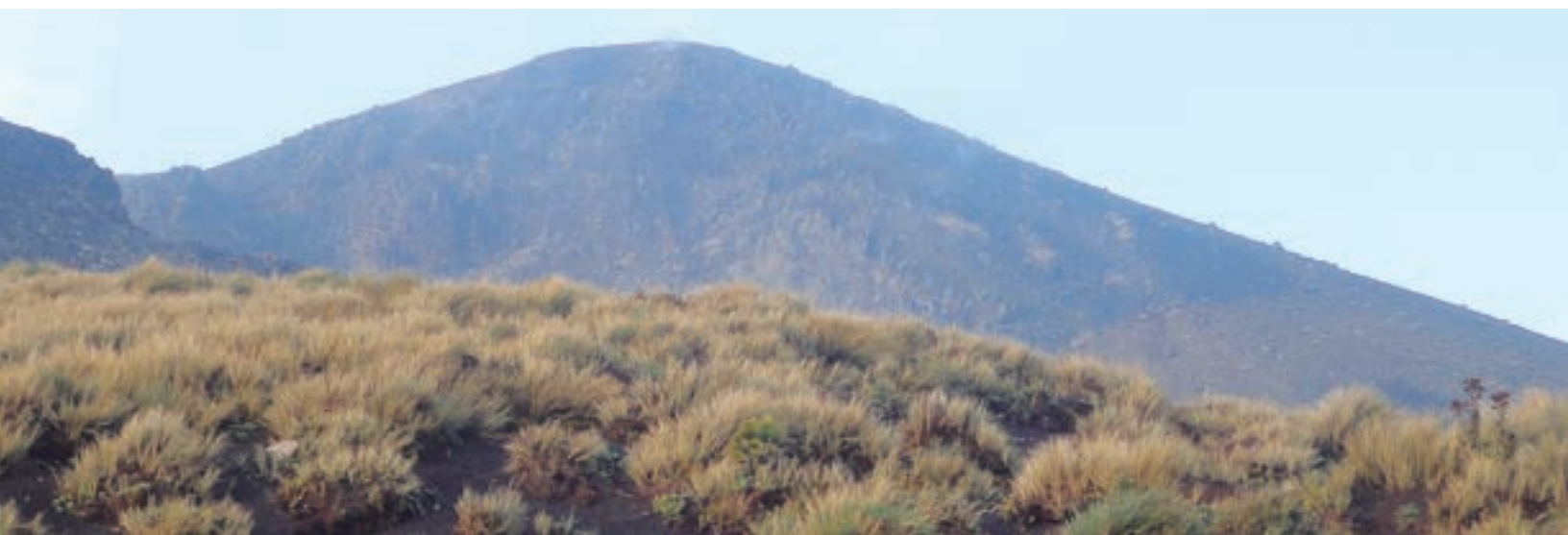
La cantidad de servicios reportados en cada área legalmente protegida permite tener una idea de la variedad de estructuras y funciones de los ecosistemas presentes. A una mayor cantidad de servicios ecosistémicos, se puede inferir más diversidad de estructuras y funciones ecológicas que se encuentran en buenas condiciones.

Las áreas que reportan la mayor cantidad de servicios ecosistémicos (entre 17 y 19) son, en orden de mayor a menor: Reserva de la Biósfera Trifinio, Parque Nacional Sierra del Lacandón, Reserva de la Biósfera Montañas Mayas Chiquibul, Área de Uso Múltiple Cuenca del Lago Atitlán, Refugio de Vida Silvestre Bocas del Polochic, Reserva Protectora de Manantiales Cerro San Gil, Parque Regional Municipal K'ojlab'l Tze' te Thom Todos Santos Cuchumatán y Área de Uso Múltiple Río Sarstún.

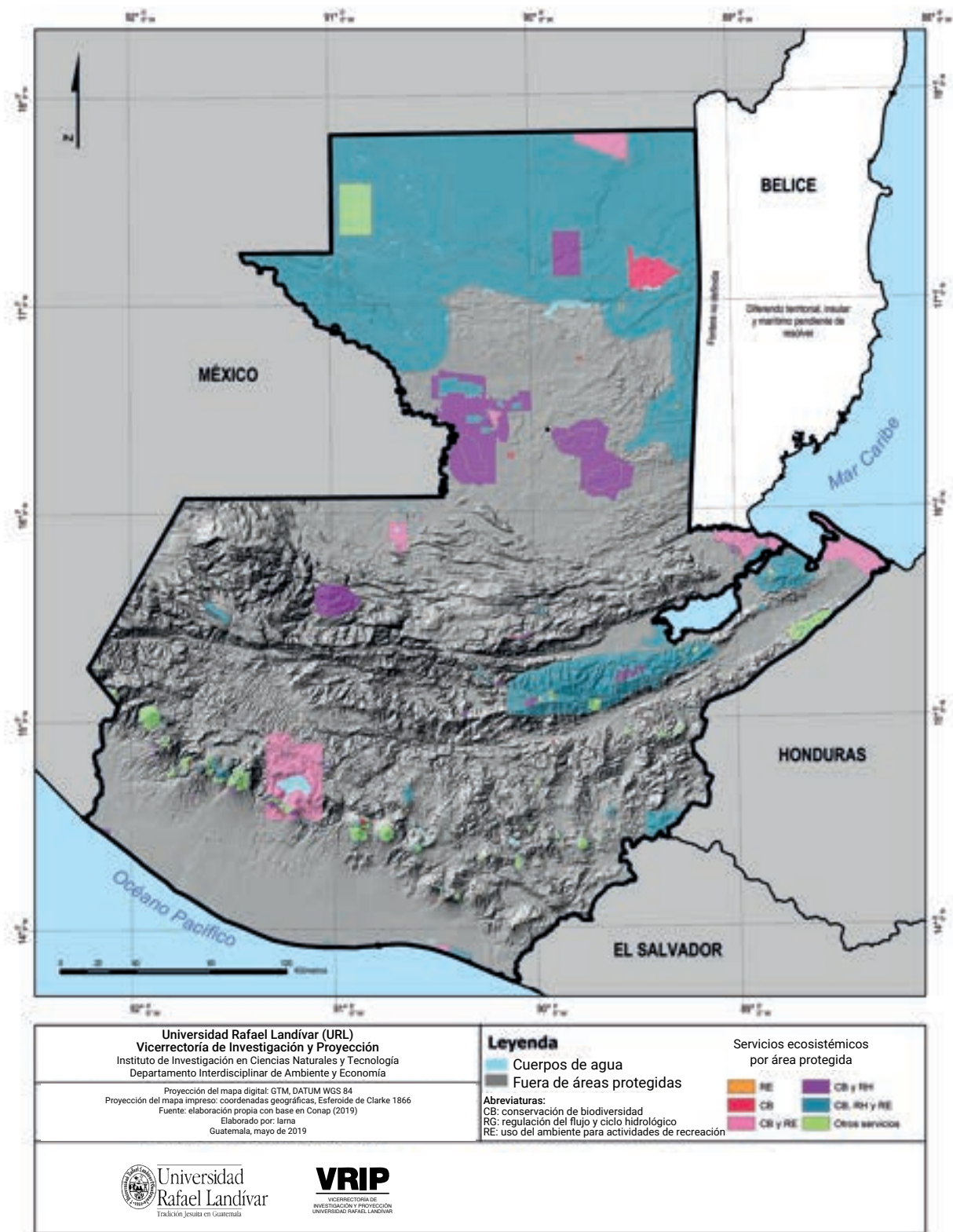
También, es importante mencionar algunas de las áreas que tienen mayor extensión. La Reserva de la Biosfera Maya reporta 13 servicios ecosistémicos. Dentro de sus objetivos de constitución, se incluye la conservación de biodiversidad y servicios culturales, así como la provisión de bienes maderables y no maderables.

En el caso de Sierra de las Minas se reportan 15 servicios ecosistémicos, y también tiene dentro de sus objetivos la conservación de biodiversidad, además de la regulación del ciclo hidrológico y la provisión de agua, entre otros.

Las áreas protegidas de menor extensión, como las pertenecientes a la categoría de reservas naturales privadas, se enfocan en servicios de provisión vinculados a alimentos, así como en los servicios de regulación relacionados con turismo y agua, principalmente. Sin embargo, vale la pena mencionar que más del 60 % de estas reservas también reporta como objetivo la conservación de la biodiversidad.



Mapa 9. Distribución de los tipos de servicios ecosistémicos por área legalmente protegida



Fuente: elaboración propia.

5.4 Oferta de servicios ecosistémicos en términos monetarios

Con base en la sistematización de información de los estudios de valoración económica analizados, se determinó que se abordan 32 servicios ecosistémicos, de los cuales 44 % pertenecen a la categoría de provisión, 38 % a la de regulación, y el restante 18 % a servicios culturales.

Los servicios valorados con mayor frecuencia fueron: provisión de agua (para consumo humano, riego y la industria), provisión de alimentos (pesca, productos agrícolas), regulación de flujo y ciclo hidrológico, y turismo.

Los métodos de valoración más utilizados fueron los precios de mercado y la valoración contingente. La síntesis indica que el valor económico del flujo anual de servicios para el área que cubren los estudios, asciende a GTQ 21 207 millones en quetzales corrientes del 2019 (**Cuadro 11**). Este dato aplica para una superficie de 9403 km² de áreas naturales (dentro y fuera del Sigap), equivalente a un 8 % del territorio total del país.

Considerando que el valor del conjunto de servicios analizados es el reflejo de la totalidad de la superficie, no así de una unidad de área en particular, los valores promedio no siempre relejan el rango de posibilidades. Bajo esta premisa, el valor promedio solamente es un indicativo del flujo posible para una combinación de servicios de provisión, regulación y culturales. El valor promedio obtenido en este ejercicio es de GTQ 22 553.00/ha/año.

Este dato es indicativo de la envergadura de los servicios que otorgan los ecosistemas, aunque frecuentemente son poco perceptibles y, paradójicamente, son la base del bienestar material y espiritual de amplios conglomerados sociales en todo el territorio nacional. Como referencia, este valor de flujo, siendo conservador, representa entre un 25 y 30 % de los presupuestos públicos del país del último lustro. También representa un 3.6 % del PIB del año 2019.

●●●
●
61

Cuadro 11. Síntesis del valor económico del flujo anual de servicio ecosistémico (quetzales de 2019)

Tipo de servicio	Total (Q/año)
Servicios de provisión	12 770 100 837
Agua para consumo humano	73 939 864
Agua para fines domésticos	52 285 141
Agua utilizada para agricultura	343 345
Agua utilizada para industria	23 820 967

Continúa...

Tipo de servicio	Total (Q/año)
Comercio	43 261 408
Fuente de energía	11 785 800 189
Materia prima (especies arbóreas)	1 209 456
Provisión de alimentos (agricultura)	275 436 554
Provisión de alimentos (maíz mejorado)	88 202
Provisión de alimentos (maíz)	3 038 673
Provisión de alimentos (pesca)	5 791 447
Provisión de xate	7 713 528
Suministro de agua	23 132 192
Transporte acuático	474 239 871
Servicios de regulación	3 475 718 410
Ciclaje de nutrientes	2 950 416 077
Control de erosión	17 739 866
Control de inundaciones	6 609 852
Control de malezas	77 596
Degradación de desechos	37 785 063
Estabilización del suelo	93 801 073
Fijación de nitrógeno	2475
Filtración del agua	14 771 902
Polinización	131 330
Regulación hídrica	307 519 276
Retención de tóxicos y sedimentos	2 073 976
Secuestro de carbono	44 789 924
Servicios culturales	4 960 877 662
Actividades sociales, religiosas, académicas y culturales	13 016
Belleza escénica	30 663 009
Características biofísicas	4 301 574 888
Conservación de biodiversidad	780 081
Recuperación de salud	143 659
Turismo	627 703 010
Total (quetzales nominales 2019)	21 206 696 910

Fuente: elaboración propia con base en Argueta (2005), Fernández (2016), Gobierno de la República de Guatemala (2011), Godoy (2004), Hernández *et al.* (2002), Iarna (2010), Jerez *et al.* (2009), Martínez y Dimas (2007), Morales (2011), Muñoz (2017), Oliveira (1996), Pape e Ixcot (1998), Ramírez (2013), Ramos (2017), Rodríguez (2013), Romero (2009), Sención (2002), Sención *et al.* (1992), Villagrán (2017).

5.5 Síntesis de indicadores

En el **Cuadro 12** se presenta una síntesis del conjunto de indicadores utilizados para la construcción de la CEG. Se puede afirmar, en primera instancia, que los ecosistemas de Guatemala mostraron un proceso sostenido de degradación durante el periodo de análisis, a juzgar por la dinámica de la cobertura forestal (1991-2014). Esa tendencia no muestra indicios de cambios en el corto plazo.

Hacia 2014, la cobertura forestal de cinco ecosistemas no superaba el 25 % de su superficie total (valor inferior al promedio nacional de cobertura forestal, que es de 34 %). Estos ecosistemas son el bosque muy seco tropical, el bosque seco premontano tropical, el bosque húmedo tropical, el bosque húmedo premontano tropical y el bosque pluvial subandino tropical. Adicionalmente, como muestran los datos, solamente cuatro ecosistemas superaban el 50 % de su extensión total con cobertura forestal.

Desde el ángulo de los usos no forestales, ocho ecosistemas superan el 30 % de su extensión total con usos artificiales, principalmente pastizales y agricultura en todas sus formas. Estos ecosistemas se concentran sobre todo en las provincias secas y húmedas.

Un dato que sugiere progresos respecto a la gestión formal de los ecosistemas es que la extensión de las áreas protegidas incrementó durante el periodo de 2000 a 2019. En este último año, las 339 áreas del Sigap representaron el 30 % de la extensión total del país.

●●●
●●●
63

Los ecosistemas mejor representados en el Sigap son el bosque pluvial montano tropical y el bosque pluvial subandino tropical con el 100 % y 98 % del área total, respectivamente. Con una representación intermedia están el bosque seco tropical, que cuenta con el 70 % de su extensión total legalmente protegida y el bosque húmedo tropical con el 31.1 %, siendo los dos ecosistemas más extensos del país. Le sigue el bosque muy húmedo montano bajo tropical con el 37 % de su extensión total legalmente protegida.

En el otro extremo están los ecosistemas sub representados en el Sigap, los cuales tienen menos del 2 % de su extensión total legalmente protegida, resaltando el bosque muy seco tropical, el bosque seco premontano tropical y el bosque pluvial premontano tropical.

Los bosques de Guatemala ocupan aproximadamente 34 % del territorio y, en general, exhiben una estructura, composición y densidad que sugiere sanidad y capacidad para proveer servicios esenciales. Hacia 2014, poco más de la mitad (51 %) de estos bosques se ubicaban dentro de las áreas legalmente protegidas, las cuales están siendo amenazadas por la deforestación debido a múltiples presiones directas y fuerzas impulsoras de orden estructural.

Cuadro 12. Síntesis de indicadores de extensión y condición de los ecosistemas de Guatemala (varios años)

Indicadores		Extensión total (ha)	Cobertura forestal (%)		Usos artificiales de la tierra (%)	Superficie legalmente protegida (% ecosistema)		Bosque dentro área legalmente protegida (% ecosistema)		Bosque fuera de área legalmente protegida (% ecosistema)		Bosque en TFCRH muy alta, alta y media (% de las TFCRH muy alta, alta y media)		Bosque en categorías de capacidad de uso forestal de producción y de protección (% de las categorías)		NDVI > 0.60 (% de cobertura forestal)
Ecosistema (zona de vida)		2018	2001	2014	2014	2000	2019	2001	2014	2001	2014	2001	2014	2001	2014	2019
Muy seca	bms-T	81 887	3.1 %	1.3 %	32.9 %	0.8 %	1.8 %	0.0 %	1.8 %	1.8 %	1.3 %	4.3 %	2.7 %	52.2 %	30.1 %	52.0 %
Seca	bs-T	2 079 181	65.6 %	55.6 %	24.7 %	68.1 %	70.3 %	53.7 %	70.3 %	2.3 %	1.8 %	10.7 %	8.9 %	4.6 %	4.2 %	98.0 %
	bs-PMT	479 743	18.7 %	6.8 %	38.2 %	1.2 %	1.4 %	0.3 %	1.4 %	11.6 %	6.5 %	15.6 %	10.3 %	65.3 %	66.7 %	62.0 %
Húmeda	bh-T	3 432 450	43.7 %	20.7 %	51.9 %	29.3 %	31.1 %	9.6 %	31.1 %	15.6 %	11.1 %	37.0 %	37.4 %	30.1 %	38.9 %	95.0 %
	bh-PMT	1 593 266	40.6 %	25.1 %	39.7 %	15.7 %	17.2 %	7.3 %	17.2 %	20.9 %	17.8 %	33.3 %	30.0 %	65.5 %	69.2 %	88.0 %
	bh-MBT	1 207 002	42.1 %	41.5 %	33.9 %	9.6 %	10.5 %	5.6 %	10.5 %	31.3 %	35.9 %	43.3 %	49.9 %	70.7 %	73.0 %	87.0 %
Muy húmeda	bmh-T	614 147	47.1 %	38.9 %	44.7 %	3.0 %	9.9 %	5.8 %	9.9 %	31.6 %	33.0 %	35.8 %	40.9 %	54.2 %	53.9 %	96.0 %
	bmh-PMT	821 973	54.2 %	39.7 %	39.7 %	15.3 %	17.4 %	9.5 %	17.4 %	30.3 %	30.1 %	39.3 %	39.6 %	78.4 %	80.1 %	93.0 %
	bmh-MBT	250 698	65.1 %	60.1 %	19.6 %	32.3 %	36.7 %	31.8 %	36.7 %	26.6 %	28.3 %	58.7 %	60.9 %	78.7 %	78.8 %	93.0 %
	bmh-MT	228 426	36.4 %	44.3 %	35.9 %	14.2 %	17.9 %	12.6 %	17.9 %	23.2 %	31.6 %	36.4 %	46.5 %	79.8 %	80.1 %	95.0 %
Pluvial	bp-PMT	30 329	62.8 %	62.9 %	27.3 %	0.0 %	0.1 %	0.0 %	0.1 %	50.9 %	62.9 %	51.9 %	64.5 %	90.1 %	90.7 %	96.0 %
	bp-MT	2609	69.7 %	64.2 %	0.0 %	81.9 %	100.0 %	64.3 %	100.0 %	-	-	82.0 %	74.6 %	76.0 %	70.6 %	90.0 %
	bp-SAT	3179	12.2 %	8.8 %	2.6 %	9.5 %	97.7 %	8.7 %	97.7 %	-	-	6.5 %	8.9 %	94.9 %	90.6 %	78.0 %
Total		10 824 890														

Fuente: elaboración propia.

La mayoría de los ecosistemas con territorio dentro del Sigap perdieron cobertura forestal durante el periodo 2001-2014, proceso que tiende a mantenerse a juzgar por el comportamiento histórico. Como consecuencia, nueve ecosistemas poseían menos del 34 % de su extensión total con cobertura forestal en 2014. Fuera de áreas legalmente protegidas, dos ecosistemas carecen totalmente de cobertura forestal, siendo estos, el bosque pluvial montano tropical y el bosque pluvial subandino tropical.

En general, espacios naturales de interés estratégico -como las tierras forestales de captación y regulación hidrológica (TFCRH) y las que corresponden a las categorías de capacidad de uso “forestal de protección” y “forestal de producción”, han mantenido su cobertura. No obstante, los niveles de cobertura forestal previos al periodo de análisis ya habían sido considerablemente mermados en algunos ecosistemas.

Por ejemplo, las TFCRH en cuatro ecosistemas ya tenían proporciones de cobertura forestal inferiores al 10 % en 2014, siendo estos: el bosque muy seco tropical, el bosque seco tropical, el bosque seco premontano tropical y el bosque pluvial subandino tropical. En el mismo sentido, pese a la crisis hidrológica ya establecida en los bosques secos, los niveles de protección son débiles, mientras que las amenazas son crecientes.

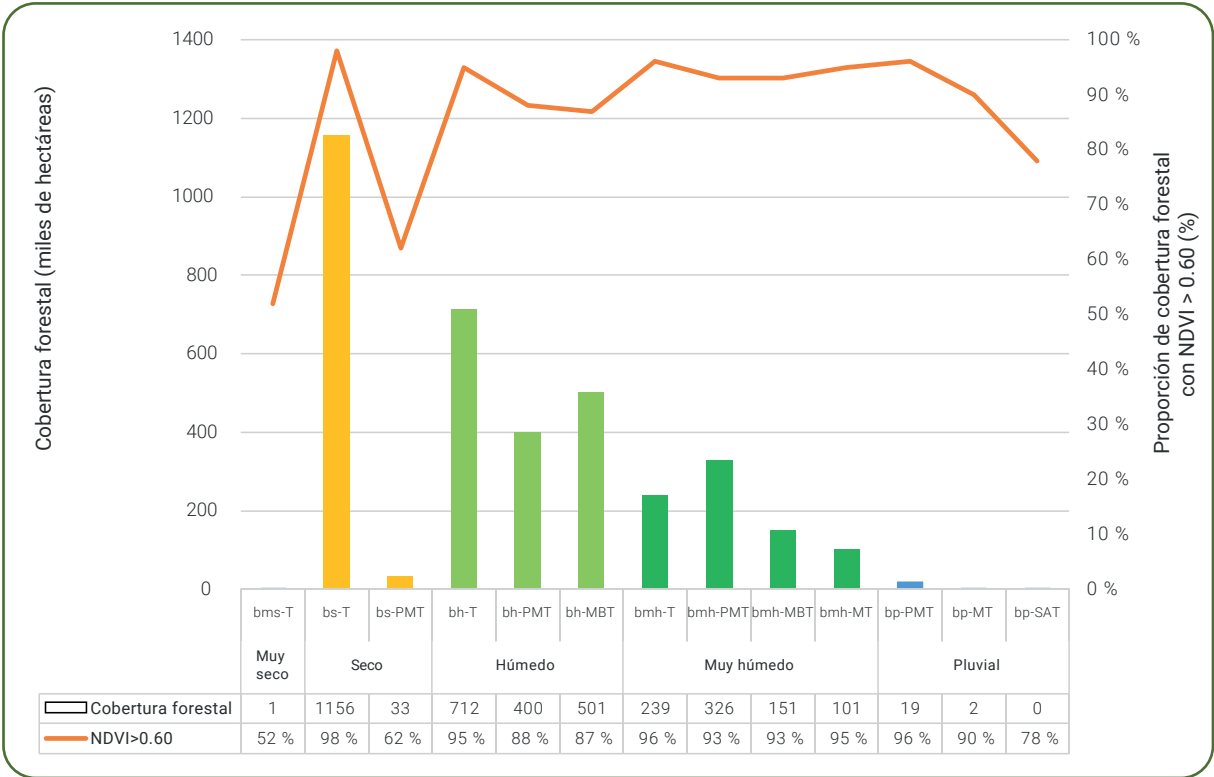
Las categorías de capacidad de uso “forestal de producción” y “forestal de protección” también están bajo presión y sobreuso. Por ejemplo, bajo estas categorías, el bosque seco tropical solamente tenía el 4.2 % de cobertura forestal en 2014; mientras que, en el caso del bosque muy seco tropical, la cobertura forestal varió de 52 % en 2001 a 30 % en 2014.

Utilizando el NDVI como indicador de densidad, se puede afirmar que más del 50 % de la cobertura forestal en todos los ecosistemas tiene valores superiores a 0.60, correlacionando este valor con estructura, composición y funciones favorables. Estos bosques se encuentran principalmente en Sierra de las Minas, Sierra de los Cuchumatanes, el bosque húmedo tropical de las Verapaces y el bosque seco tropical.

Por el contrario, los bosques con los menores valores de NDVI (consecuentemente menos densos), se encuentran al norte de la cordillera volcánica. El hecho de que una buena proporción de bosques aun cuente con una alta densidad, no merma la existencia de presiones sobre estos que, como ya se indicó antes, son constantes y hasta crecientes. Las mayores presiones tienen lugar donde se concentran los bosques más extensos, es decir, dentro de las áreas legalmente protegidas.

Una síntesis de la relación entre la cobertura forestal a nivel de ecosistema y su proporción con valores de NDVI superiores a 0.6 puede apreciarse en la **Figura 16**. Este análisis puede resultar de aplicación inmediata para priorizar esfuerzos de gestión en sitios estratégicos para la conservación y la provisión de servicios ambientales esenciales.

Figura 16. Relación entre cobertura forestal por ecosistema (2014) y proporción de la cobertura con NDVI superior a 0.6 (2019)



Nota: para el cálculo del NDVI al 2019 se utilizaron imágenes satelitales del periodo 2017-2019.
Fuente: elaboración propia con datos de UVG et al. (2006), Gimbut (2018) y USGS (2020).

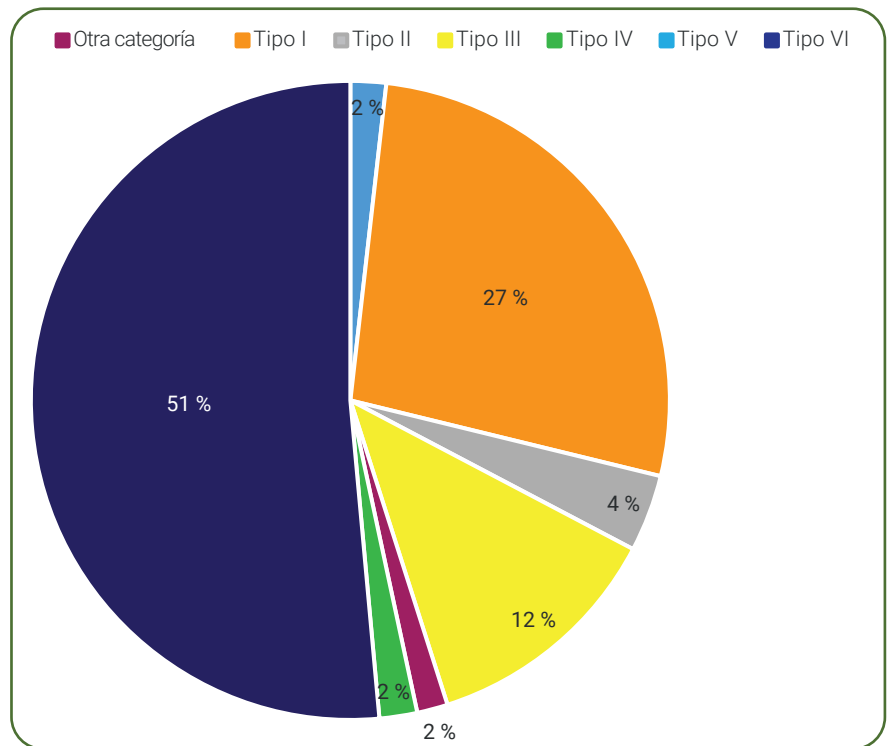
Respecto al análisis de presión y asilamiento de las áreas legalmente protegidas, hay que recordar que 14 de las 37 áreas pertenecientes al tipo I, II y VI perdieron poco más de 3 450 ha (10 % de la superficie inicial de bosques) de cobertura forestal en los cinturones de 1km durante el periodo 2010-2014.

Asimismo, en los cinturones de 10 km se perdieron aproximadamente de 32 800 ha de cobertura forestal en el mismo periodo, equivalente al 4 % de la extensión inicial de 2010.

En el caso de los corredores biológicos, la situación es más crítica. Durante el periodo 2001-2014 se registró una pérdida global del 17 % de la cobertura del año inicial. Los más afectados fueron los corredores asociados a la Reserva de la Biosfera Maya, que representan el 84 % de las pérdidas totales de ese periodo.

Figura 17. Distribución porcentual de la superficie de las categorías de manejo que integran el Sigap (año 2019)

La importancia relativa de estas categorías bajo presión puede apreciarse en la **Figura 17**. Nótese que la categoría VI abarca el 51 % del Sigap, mientras que la categoría I, el 27 %.



Fuente: elaboración propia con base en Conap (2019a).







wak - seis

Limitaciones metodológicas y lecciones aprendidas

6.1 Limitaciones metodológicas

En el proceso de compilación de la CEG se ha procurado exponer los hallazgos de manera accesible para el lector. También se ha pensado en que los mismos ayuden a clarificar ideas y a diseñar acciones oportunas en el ámbito de la gestión de los ecosistemas.

Al mismo tiempo, se ha cuidado el rigor conceptual y el esmero en la gestión de los mejores datos disponibles. Y es precisamente respecto a este último aspecto que resulta útil sistematizar lo que en esta ocasión se consideran limitaciones metodológicas. Las principales han sido:

- i) La escasa información hidrológica en los ámbitos de la disponibilidad, flujo y algunos servicios ecosistémicos asociados (p. ej. provisión de agua subterránea);
- ii) Información escasa o desactualizada acerca del estado, las presiones, las fuerzas impulsoras y los impactos asociados a los ecosistemas, más allá de la información sobre dinámica de la cobertura y el uso de la tierra;
- iii) Las diferencias metodológicas, variedad de escalas y periodicidad en los procesos de generación de información para la mayoría de los indicadores. Este hecho impide los análisis sistemáticos y comparativos, tanto en el espacio, como en el tiempo.
- iv) Escasa información sobre la relación entre los ecosistemas y los medios de vida de los conglomerados sociales, cuestión que impide el establecimiento de relaciones entre oferta y demanda de manera espacial y temporal.
- v) Insuficiente información sobre el nivel de amenaza de diferentes especies y su relación con los cambios en los ecosistemas. Este hecho limita la comprensión del estado de las poblaciones, la relación con los ecosistemas y las dinámicas socioeconómicas asociadas.
- vi) Falta de información dirigida a valorar económicamente ciertos servicios ecosistémicos estratégicos de manera proactiva. Como se ha indicado, la valoración económica aporta puntos de vista útiles para persuadir a decisores políticos acerca de la importancia de los esfuerzos de gestión integral de los ecosistemas.

...

...

69

6.2 Lecciones aprendidas

Una de las lecciones aprendidas es de orden procesual, y está muy relacionada con las limitaciones esbozadas anteriormente. Se refiere al contexto de incertidumbre que rodea los datos necesarios para impulsar este tipo de ejercicios.

Se trata, por un lado, de optimizar la información disponible y agregarle valor durante el proceso de compilación, ordenamiento, depuración y análisis final orientado por propósitos predeterminados. Dicho proceso nutre, por supuesto, otros encaminados a llenar vacíos de información. Esta lógica suele ser usual en países con una débil institucionalidad como en el caso de Guatemala.

No obstante, no se puede claudicar en la obligación de utilizar los recursos disponibles, y con ello arribar a las conclusiones más objetivas que las circunstancias analíticas permitan. Estas ideas han permeado el ejercicio que aquí se presenta.

Por otro lado, una segunda lección está ligada a la utilidad de los hallazgos. Es un hecho de que estos adquieren relevancia en la medida que sean utilizados. En ese sentido, el camino suele allanarse cuando la interacción con la institucionalidad pública se vuelve efectiva en el proceso de compilación de la cuenta.

En este propósito, la relación público-académica en el país ya ha demostrado ser fructífera en el sentido de que las contribuciones académicas han sido constantes y asertivas.

Sigue siendo tarea pendiente, en todo caso, que los hallazgos se utilicen más intensivamente en el diseño de políticas públicas renovadas, sobre todo, ahora que el deterioro natural alcanza los niveles más críticos jamás presenciados. La lección tiene que ver entonces, con la oportunidad de los hallazgos, y remite a pensar en las mejores estrategias y tácticas para promover su utilización razonable.

...

==

70



huk - siete

Consideraciones finales

Como sucede con otros procesos con marcos analíticos rigurosos que generan información y conocimiento estructurado sobre el estado de las cosas, el SCAE tiene el potencial de nutrir diferentes etapas del ciclo de políticas públicas relacionadas con el ambiente, la economía y sus vinculaciones. También es útil para analizar la relación entre las realidades locales y las expectativas que generan los acuerdos globales en materia de bienestar, como en el caso de los objetivos de desarrollo sostenible, promovidos por las Naciones Unidas.

Ya en otras ocasiones, este potencial analítico del SCAE se ha podido aprovechar en diferentes iniciativas que tuvieron desenlaces de utilidad pública, desde la posibilidad de hacer valoraciones más precisas y contundentes sobre la relación entre la economía y el ambiente que han nutrido diferentes procesos de formación formal e informal o proceso de incidencia, hasta documentos oficiales en la forma de estrategias o instrumentos legales.

En el primer caso puede citarse, como ejemplo, la emisión de una *Estrategia Nacional de Producción Sostenible y Uso Eficiente de Leña* (Alianza Mundial para la Contabilidad de la Riqueza y la Valoración de los Servicios de los Ecosistemas, s.f.) y, en el segundo, la emisión de una ley que fomenta una segunda generación del programa de incentivos forestales, denominada *Ley de fomento al establecimiento, recuperación, restauración, manejo, producción y protección de bosques de Guatemala* (Programa Probosques). Ambos instrumentos han sido capitalizados por la institucionalidad del sector forestal a partir de los aportes de la denominada "Cuenta de bosques".

Otros hallazgos han sido utilizados para perfeccionar estrategias en los ámbitos del agua, la gestión de áreas protegidas o simplemente para dar sustento a diferentes documentos técnicos que informan sobre el estado de la cuestión en diferentes ámbitos de interés público.

En el caso de la CEG, es evidente que este marco de análisis se enfoca en los aspectos que son determinantes para entender la evolución y el estado actual de los ecosistemas del país, y para privilegiar medidas (temática y territorialmente hablando) que sean capaces de contener las presiones directas y las fuerzas impulsoras subyacentes que se ciernen sobre sus componentes y amenazan su estabilidad en el largo plazo.

Tales hallazgos resultan oportunos en un momento en el que, de manera reiterada, se están reivindicando las soluciones basadas en

la naturaleza para atender el doble desafío de mitigar y promover la adaptación al cambio climático, por un lado; y por otro, conservar la biodiversidad, bajo el convencimiento de que lo uno no será posible sin lo otro.

Sin duda, estos hallazgos podrán ser inmediatamente capitalizados por la institucionalidad nacional. Por ejemplo, en el caso del Sigap, administrado por el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (Conap), podrían iluminar procesos relativos al establecimiento de nuevas zonas núcleo o el cambio de categoría de algunas áreas, así como la creación y ampliación de corredores biológicos.

Asimismo, podrían influenciar los planes de manejo de las áreas protegidas para mejorar su gestión y asegurar la conservación de los elementos que albergan. Al mismo tiempo, permitirían resaltar la necesidad de un tratamiento especial para los ecosistemas poco representados, y que ya cuentan con una reducida cobertura forestal.

A la luz del conocimiento actual sobre el estado de los ecosistemas y de las proyecciones sobre los balances hidrológicos futuros derivados del cambio climático, la CEG también ofrece elementos útiles para planear, ante la inminencia de tales cambios, las mejores formas de adaptación de las poblaciones y los ajustes a las estrategias y medios de vida dominantes en cada uno de los ecosistemas.

El punto a destacar, como corolario de los enunciados anteriores, es que, tanto el SCAE en general, como la CEG en particular, generan evidencia que permite dar base científica a los múltiples retos que enfrenta la sociedad guatemalteca respecto a uno de sus patrimonios más preciados y más influyentes en la viabilidad del bienestar. Hay importantes vacíos de información que la misma CEG ayuda a identificar, pero el punto de partida para actuar, sin duda, ha sido cualitativamente mejorado con los aportes aquí sistematizados.

Referencias

- Acuerdo Gubernativo 759-90. Reglamento de la Ley de Áreas Protegidas. (22 de agosto de 1990). *Diario de Centroamérica*, 51, tomo 209.
- Ahlroth, S. (2014). *Designing pilots for ecosystem accounts* (Working paper). Global Partnership for Wealth Accounting and Valuation of Ecosystem Services & World Bank Group.
- Al-doski, J., Mansor, S., & Mohd, H. (2013). NDVI differencing and post-classification to detect vegetation. Changes in Halabja City, Iraq. *Journal of Applied Geology and Geophysics*, 1(2), 1-10.
- Alianza Mundial para la Contabilidad de la Riqueza y la Valoración de los Servicios de los Ecosistemas. (s.f.). *Contabilidad del capital natural*. <https://www.wavespartnership.org/es/contabilidad-del-capital-natural>
- Argueta, L. (2005). *Propuesta de valoración económica del servicio ambiental de captación hídrica del bosque, microcuenca del río Riachuelo, Montaña las Granadillas, Zacapa* [Tesis de pregrado, Facultad de Agronomía, Universidad San Carlos de Guatemala].
- Banco de Guatemala. (2019). *Cuadros de oferta y utilización: año de referencia 2013*. <https://www.banguat.gob.gt/es/page/cuadros-estadisticos-detallados>
- Banco de Guatemala e Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. (2009a). *Compendio de cuadros estadísticos del Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica Integrada de Guatemala (SCAEI). Periodo 2001-2006* (Coediciones 24). Universidad Rafael Landívar.
- Banco de Guatemala e Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. (2009b). *Cuenta Integrada de Tierra y Ecosistemas (CITE). Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica Integrada de Guatemala* (Serie divulgativa No.8). Universidad Rafael Landívar.
- Barbier, E. (2007). Valuing ecosystem services as productive inputs. *Economic Policy*, 22(49), 177-229.
- Castañeda, C. (2008). Diversidad de ecosistemas en Guatemala. En C. Azurdia, F. García y M. Ríos (Ed.), *Guatemala y su biodiversidad: un enfoque histórico, cultural, biológico y económico* (pp. 181-229). Consejo Nacional de Áreas Protegidas.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas. (2001). *Mapa de áreas protegidas de la República de Guatemala 2000* [Shape de ArcGis].
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas. (2010). *Mapa de áreas protegidas de la República de Guatemala 2009* [Shape de ArcGis].
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas. (2019a). *Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas* [Base de datos].
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas. (2019b). *Mapa de áreas protegidas de la República de Guatemala 2019* [Shape de ArcGis].
- 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.
- Fernández, S. (2016). *Valoración por dinámica de sistemas del servicio ecosistémico de polinización provisto por abejas* [Tesis de pregrado, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, Universidad Rafael Landívar].



Global Partnership for Wealth Accounting and Valuation of Ecosystem Services. (2017). *Guatemala: Country Report FY2016-FY2017*.

Gobierno de la República de Guatemala. (2011). *Valoración económica de los servicios ambientales en tres microcuencas del corredor seco de Guatemala*. Fondo para el Logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio.

Godoy, J. (2004). *Importancia y valoración económica del servicio ambiental de control de inundaciones que proveen los bosques de la cuenca del río Pensativo-alto Guacalate a la ciudad de Antigua Guatemala* [Tesis de pregrado, Universidad Rafael Landívar].

Godoy, J. y Cardona, J. (1996). *Propuesta técnica para desarrollar el Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas y sus corredores ecológicos. Informe de país* (Proyecto Sistema Regional Mesoamericano de Áreas Protegidas, Zonas de Amortiguamiento y Corredores Biológicos, RLA/95/G41). Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra. (2014). Mapa de cobertura forestal de Guatemala 2014 y dinámica de la cobertura forestal 2010-2014 [Ráster de ArcGis].

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. (2018). *Common international classification of ecosystem services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure*. Fabis Consulting. <https://cices.eu/content/uploads/sites/8/2018/01/Guidance-V51-01012018.pdf>

Hernández, O., Cobos, C., Ortiz, A. y Méndez, J. (2002). *Valoración económica de regulación hídrica del lado sur de la Reserva de las Biosfera Sierra de las Minas, Guatemala*. https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/pnacx128.pdf

Hijmans, R., Cameron, S., Parra, J., & Jarvis, P. (2005). *WorldClim - Global Climate*. <https://www.worldclim.org/data/v1.4/worldclim14.html>

Holdridge, L. (2000). *Ecología basada en zonas de vida* (H. Jiménez, Trad). Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. (Trabajo original publicado en 1978).

Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. (2010, 25 de abril). *Laguna del Tigre: la necesidad de respetar y fortalecer su condición de parque nacional* [Boletín 9]. Universidad Rafael Landívar.

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

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 en Ciencias Naturales y Tecnología. (2021). *Biodiversidad. Módulo del Perfil Ambiental de Guatemala* [En prensa]. Universidad Rafael Landívar.

Instituto Nacional de Bosques. (2005). *Clasificación de tierras por capacidad de uso. Aplicación de una metodología para tierras de la República de Guatemala*.

Instituto Nacional de Bosques, Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Universidad Del Valle de Guatemala y Universidad Rafael Landívar. (2012). *Mapa de cobertura forestal de Guatemala 2010 y dinámica de la cobertura forestal 2006-2010*.

Instituto Nacional de Estadística, Banco de Guatemala e Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. (2013a). *Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica de Guatemala 2001-2010: compendio estadístico. SCAE 2001-2010* (Tomo I). Universidad Rafael Landívar.

Instituto Nacional de Estadística, Banco de Guatemala e Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. (2013b). *Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica de Guatemala 2001-2010: compendio estadístico. SCAE 2001-2010* (Tomo II). Universidad Rafael Landívar.

Jerez, M., Hurtarte, M., Arana, N., Tecún, G., Cano, M., Barrientos, O. et al. (2009). *Aplicación de una metodología de valoración contingente en la parte alta de la cuenca del río Guacalate, en jurisdicción del municipio de San Andrés Itzapa, departamento de Chimaltenango, con énfasis en los recursos hídricos, en el marco de la propuesta de un plan de valoración económica ambiental a mediano plazo*. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Maes, J., Teller, A., Erhard, M., Grizzetti, B., Barredo, J., Paracchini, M., Condé, S., Somma, F., Orgiazzi, A., Jones, A., Zulian, A., Vallecillo, S., Petersen, J., Marquardt, D., Kovacevic, V., Abdul, D., Marin, A., Czucz, B., Mauri, A., Loffler, P., Bastrup-Birk, A., Biala, K., Christiansen, T., & Werner, B. (2018). *Mapping and assessment of ecosystems and their services. An analytical framework for mapping and assessment of ecosystem condition in EU* (Technical report-2018-001). European Union.

Martínez, M. y Dimas, L. (2007). *Valoración económica de los servicios hidrológicos: subcuenca del río Teculután. World Wildlife Foundation Centroamérica*. <https://www.forest-trends.org/wp-content/uploads/imported/valoracion-economica-pdf.pdf>

Morales, H. (2011). *Valoración económica de los servicios ambientales del monumento natural Semuc Champey, Lanquín, Alta Verapaz* [Tesis de pregrado, Universidad Rafael Landívar].

Muñoz, C. (2017). *Valoración económica del agua para uso doméstico en la ciudad de Esquipulas, departamento de Chiquimula, 2017* [Tesis de pregrado, Universidad San Carlos de Guatemala].

Oliveira, K. (1996). *Valoración económica de bienes y servicios ambientales en sistemas agrícolas de San Miguel Petén, Guatemala* [Tesis de maestría, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza].

Pape, E. e Ixcot, L. (1998). *Economía ambiental y desarrollo sostenible: valoración económica del lago de Amatitlán*. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2010). *Conferencia de las partes en el Convenio sobre la Diversidad Biológica*.

Ramírez, T. (2013). *Valoración económica del volcán de agua por servicios turísticos: aplicación del método del costo de viaje* [Tesis de maestría, Universidad San Carlos de Guatemala].

Ramos, R. (2017). *Valoración económica de los servicios ambientales del área protegida del Parque Nacional Las Victorias, Cobán, Alta Verapaz* [Tesis de pregrado, Universidad Rafael Landívar].

Rodríguez, C. (2013). *Estimación de la tarifa para el ingreso al Parque Ecológico Senderos de Alux, San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez, Guatemala* [Tesis de maestría, Universidad San Carlos de Guatemala].

Romero, A. (2009). *Valoración económica del lago de Atitlán, Sololá, Guatemala* [Tesis de maestría, Universidad de San Carlos de Guatemala].

Sención, G. (2002). *Valoración económica de un ecosistema: bosque tropical Petén, Guatemala* (Documentos de Trabajo 15/02). Universidad de la República.

Sención, G., Ammour, T. & Solís, H. (1992). *Proyecto evaluación económica de humedales: Petén Guatemala – caso de Petexbatún*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.

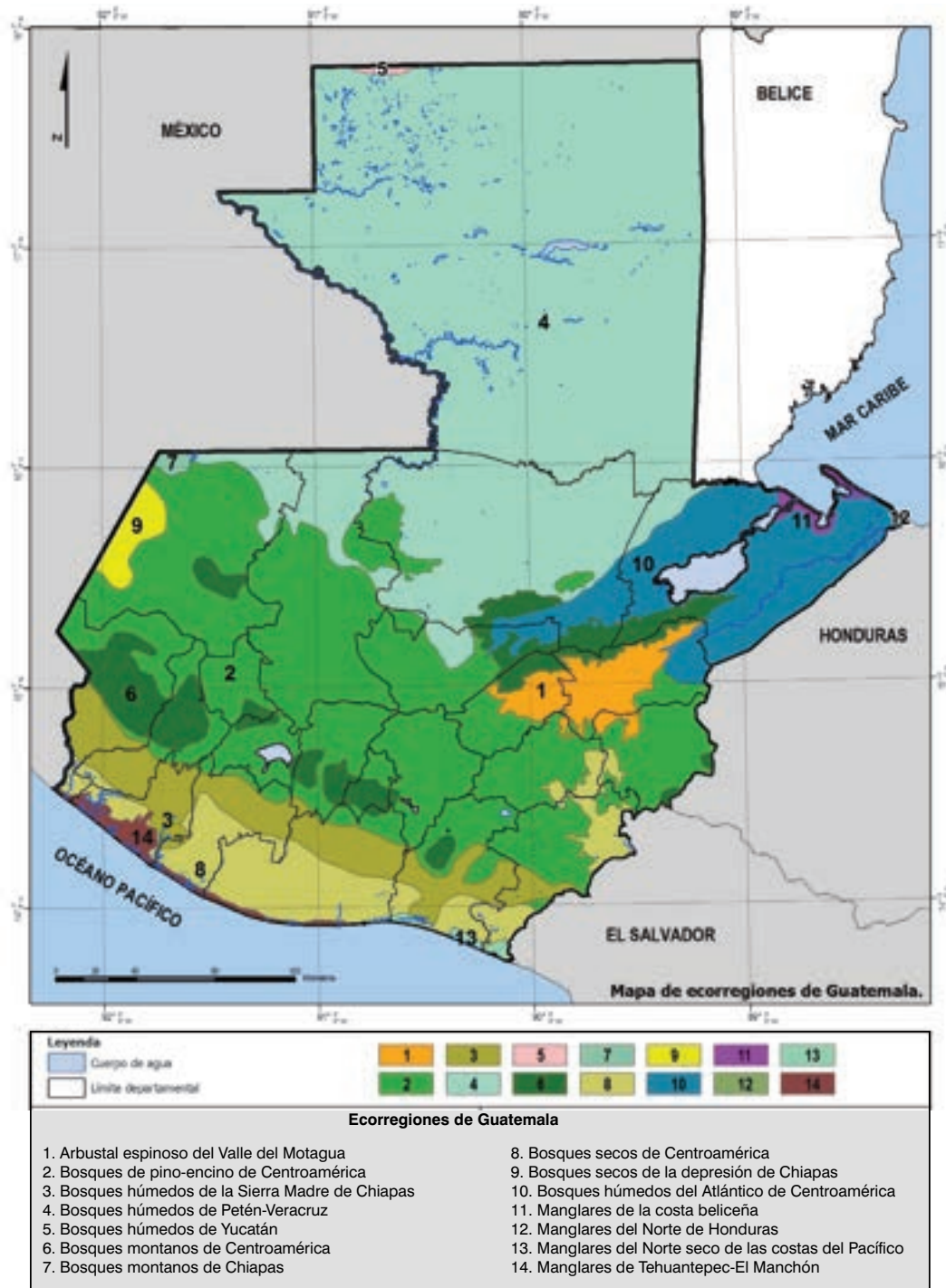
Unidad de Información Estratégica para la Investigación y Proyección e Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad. (2016). *Mapa de capacidad de uso de la tierra de la República de Guatemala Metodología INAB* [Mapa digital]. Universidad Rafael Landívar.

- United Nations. (2019). *Technical recommendations in support of the System of Environmental-Economic Accounting 2012. Experimental Ecosystem Accounting*. Department of Economic and Social Affairs, Statistical Division. https://seea.un.org/sites/seea.un.org/files/technical_recommendations_in_support_of_the_seea_eea_final_white_cover.pdf
- United Nations, European Commission, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Organisation for Economic Co-operation and Development, & World Bank Group. (2014). *System of Environmental-Economic Accounting 2012. Experimental Ecosystem Accounting*. http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seeaRev/eea_final_en.pdf
- United States Geological Survey. (2020, april). *Landsat. Earth observation satellites* (ver. 1.2) (U.S. Geological Survey Fact Sheet 2015–3081). <https://doi.org/10.3133/fs20153081>
- Universidad del Valle de Guatemala, Instituto Nacional de Bosques y Consejo Nacional de Áreas Protegidas. (2005). *Dinámica de la cobertura forestal de Guatemala durante los años 1991, 1996 y 2001 y mapa de cobertura forestal 2001*.
- Universidad del Valle de Guatemala, Instituto Nacional de Bosques, Consejo Nacional de Áreas Protegidas y Universidad Rafael Landívar. (2011). *Mapa de cobertura forestal de Guatemala 2006 y dinámica de la cobertura forestal 2001-2006*.
- Villagrán, O. (2017). *Consultoría para la sistematización y construcción de herramientas para posicionar el valor económico de los servicios ambientales de la Reserva de Biosfera Sierra de las Minas*. Fundación Defensores de la Naturaleza.

- Yakes, D., Kittel, T., & Cannon, R. (2000). Comparing the correlative Holdridge model to mechanistic biogeographical models for assessing vegetation distribution response to climate change. *Climatic Change*, 44, 59-87. <https://doi.org/10.1023/A:1005495908758>

Anexos

Anexo 1. Mapa de ecorregiones de Guatemala



Fuente: Banguat y Iarna (2009b).

Anexo 2. Compendio de indicadores propuestos para la cuenta de condición correspondiente a la CEG

Presiones	Calidad ambiental	Atributos de los ecosistemas
Ecosistemas urbanos		
- Cambio de uso de la tierra para construcciones (m² o ha/año) - Impermeabilización del suelo (ha/año)	- Temperatura urbana (°C) - Porcentaje de población expuesta a niveles de contaminación del aire por encima de los estándares (%) - Porcentaje de población conectada a alcantarillado y plantas de tratamiento de aguas residuales (%)	- Porcentaje de área verde urbana (%) - Conectividad de áreas verdes urbanas (%) - Abundancia de especies de aves (número, número/ha)
Agroecosistemas		
- Cambio en extensión del ecosistema (%/año) - Consumo de fertilizantes (kg/ha/año) - Uso de pesticidas (kg de ingrediente activo/ha/año) - Uso/extracción de agua (millones de m³/año) - Erosión del suelo (t/ha/año)	Concentración de metales pesados en el suelo (mg/kg)	- Densidad de elementos semi-naturales (%/hectárea) - Densidad de ganado (cabezas/ha) - Polinizadores silvestres (riqueza de especies) - Disponibilidad de agua (m³/ha/año)
Bosques		
- Cambio en cobertura forestal y deforestación (ha/año) - Impermeabilización del suelo (ha/año) - Daños al bosque por eventos de clima extremos (ha/año o m³/año) - Erosión del suelo (kg/ha/año)	- Porcentaje de bosques protegidos (%) - Porcentaje de bosques con planes de manejo o instrumentos equivalentes (%)	- Tipos de bosques (tipología) - Densidad de cobertura arbórea (%) - Fragmentación y conectividad (índice) - Área de bosque (ha) - Diversidad de especies, riqueza (número y abundancia de especies, índices) - Fotosíntesis (NDVI) - Productividad de plantas (NPP) (t/ha/año) - Secuestro de carbono (t/ha/año)
Arbustos y tierras con escasa vegetación		
- Cambio de uso de bosque a arbustal (ha/año) - Erosión del suelo (t/ha/año)	Porcentaje de arbustos protegidos (%)	- Fragmentación y conectividad (índice) - Área con cobertura vegetal (ha)

Continúa...



Presiones	Calidad ambiental	Atributos de los ecosistemas
Humedales		
• Cambio de uso del área (%/año) • Eutrofización (Índice)		• Conectividad de humedales (<10 km de otro humedal/>10 km de otro humedal) • Número y abundancia de especies (número/ha) • Porcentaje de área protegida (%)
Ecosistemas de agua dulce		
• Conversión a áreas artificiales (ha/año) • Cambio en temperatura del agua (°C/año) • Proporción de recolección y tratamiento de aguas residuales (%) o descarga de aguas residuales urbanas (m³/año) • Extracción de agua (total o por sector) (m³/año) • Captura de peces (t/año)	• Estado químico (indicador compuesto) • Concentración de pesticidas, metales, contaminantes orgánicos • Alteración del flujo (%) (p. ej. días en que el caudal ecológico no es respetado en un año) • Calidad del agua (ICA)	• Elementos de calidad ecológica (p. ej. composición o abundancia de flora acuática, invertebrados, peces, fitoplancton) • Caudal (m³/s)
Ecosistemas marinos		
• Acidificación (proporción, por año) • Incremento de temperatura (°C/año) • Captura de peces (t/año) • Especies invasoras o no nativas introducidas (número/año)	• Estado químico (indicador compuesto) • Oxígeno disuelto al fondo de la columna de agua (mg/l) • Concentración, cantidad y distribución espacial de basura (elementos/km²) • Concentración de contaminantes en el agua y sedimentos (µg/l o µg/kg)	• Abundancia de poblaciones (número de individuos/especie o t/especie) • Elementos de calidad ecológica (p. ej. composición o abundancia de flora acuática, invertebrados, peces, fitoplancton) • Área marina protegida (%)

Abreviaturas: ha = hectárea, kg = kilogramo, km² = kilómetro cuadrado, m² = metro cuadrado, mg = miligramo, s = segundo, t = tonelada, °C = grados centígrados, % = porcentaje, µg/l = microgramo por litro, µg/kg = microgramo por kilogramo

Fuente: elaboración propia con base en Maes et al. (2018).

Anexo 3. Síntesis de los estudios de valoración económica de servicios ecosistémicos realizados en Guatemala entre 1992-2017

Área evaluada/ ubicación	Año	Extensión (ha)	Servicio ecosistémico analizado	Método de valoración	Valor (Quetzales)	Fuente
Petexbatún, Petén	1992	44 129	Provisión de alimentos (pesca)	Precios de mercado	1 422 039.07	Sención <i>et al.</i> (1992)
			Suministro de agua	Costos de reposición o de reemplazo	15 606 878.81	
			Transporte acuático		42 512 196.62	
			Filtración del agua		12 188 906.33	
			Turismo	Costo de viaje	6 769 075.27	
			Retención de tóxicos y sedimentos	Costos evitados	2 073 976.27	
			Provisión de alimentos (pesca)	Precios de mercado	1 073 300.92	
			Regulación hídrica	Cambios en producción	16 663 013.68	
Sistemas agrícolas de barbecho mejorado en San Miguel Petén	1996	567	Provisión de alimentos (maíz mejorado)	Precios de mercado	88 202.08	Oliveira (1996)
			Control de erosión	Costos de reposición o de reemplazo	61 722.64	
			Secuestro de carbono	Precios de mercado	232 923.96	
			Fijación de nitrógeno		2475.23	
			Control de malezas	Costos evitados	77 595.54	

Continúa...

Área evaluada/ ubicación	Año	Extensión (ha)	Servicio ecosistémico analizado	Método de valoración	Valor (Quetzales)	Fuente
Lago de Amatitlán	1998	1520	Agua utilizada para agricultura	Valoración contingente	343 344.51	Pape e Ixcot (1998)
			Recuperación de salud		143 658.78	
			Turismo		9 995 445.30	
			Agua para consumo humano		40 367 700.42	
			Agua utilizada para la industria		23 820 967.25	
			Provisión de alimentos (pesca)		3 296 107.27	
			Comercio		43 261 407.93	
			Degradación de desechos		37 785 063.04	
			Fuente de energía		5 321 839.86	
			Características biofísicas (valor de existencia)		29 269 844.58	
			Características biofísicas (valor de opción)		80 117 655.41	
Bosque tropical, San Miguel, Petén	2002	6451	Materia prima (especies arbóreas)	Precios de mercado	1 209 456.32	Sención (2002)
			Secuestro de carbono		55.62	
			Ciclaje de nutrientes		1 219 055.03	
			Control de erosión	Costos de reposición o de reemplazo	17 348.71	
			Conservación de biodiversidad	Precios de mercado	780 080.96	
Sierra de las Minas	2003	131 890	Regulación hídrica	Costos de reposición o de reemplazo	286 640 349.53	Hernández <i>et al.</i> (2002)
Cuenca río Pensativo-Alto Guacalate, Antigua Guatemala	2004	39 351	Control de inundaciones	Valoración contingente	6 609 852.45	Godoy (2004)

Continúa...

Área evaluada/ ubicación	Año	Extensión (ha)	Servicio ecosistémico analizado	Método de valoración	Valor (Quetzales)	Fuente
Microcuenca río Riachuelo, Zacapa	2005	6438	Regulación hídrica	Costo de oportunidad / Precio de mercado	2 412 353.69	Argueta (2005)
			Suministro de agua	Costo de oportunidad / Precio de mercado	6 606 968.03	
Subcuenca Teculután, cuenca del Polochic, Izabal	2007	2287	Regulación hídrica	Valoración contingente	1 803 559.18	Martínez y Dimas (2007)
Parte alta de la cuenca del río Guacalate	2009	919	Suministro de agua	Valoración contingente	918 345.21	Jerez <i>et al.</i> (2009)
Cuenca del Lago Atitlán, Sololá	2009	41 100	Agua para fines domésticos	Valoración contingente	43 910 619.80	Romero (2009)
			Belleza escénica		30 663 009.08	
			Características biofísicas		4 138 017.73	
Laguna del Tigre	2010	2898	Provisión de alimentos (agricultura)	Precios de mercado	275 436 554.11	Iarna (2010)
			Provisión de alimentos (pesca)		363 757 022.04	
			Agua para consumo humano		33 572 163.64	
			Provisión de xate		7 713 527.55	
			Turismo		25 597 251.33	
			Transporte acuático		431 727 674.34	
			Filtración del agua		2 582 995.75	
			Estabilización del suelo		93 801 072.57	
			Secuestro de carbono		30 586 418.95	
			Control de erosión		17 660 794.50	
			Ciclaje de nutrientes		2 949 197 022.19	
			Características biofísicas	Valoración contingente	4 188 049 369.97	
Semuc Champey, Alta Verapaz	2011	919	Turismo	Valoración contingente	536 448 126.54	Morales (2011)

Continúa...

Área evaluada/ ubicación	Año	Extensión (ha)	Servicio ecosistémico analizado	Método de valoración	Valor (Quetzales)	Fuente
Microcuenca Tacó, Chiquimula	2011	263 200	Agua para fines domésticos	Valoración contingente	2 857 446.09	Gobierno de la República de Guatemala (2011)
			Provisión de alimentos (maíz)	Costos evitados	476 787.00	
Microcuenca Cachil, Baja Verapaz	2011	77 600	Provisión de alimentos (maíz)	Costos evitados	1 806 116.18	Gobierno de la República de Guatemala (2011)
			Agua para fines domésticos	Valoración contingente	792 811.09	
Microcuenca Xesiguan, Baja Verapaz	2011	1862	Provisión de alimentos (maíz)	Costos evitados	755 770.03	Gobierno de la República de Guatemala (2011)
			Agua para fines domésticos	Valoración contingente	758 351.45	
Senderos de Alux	2013	5372	Turismo	Costo de viaje	43 100 661.57	Rodríguez (2013)
Volcán de Agua	2013	12 600	Turismo	Costo de viaje	3 197 378.45	Ramírez (2013)
Laguna Lachuá	2016	14 500	Polinización	Costos de reposición o de reemplazo	131 330.14	Fernández (2016)
Sierra de las Minas	2017	240 803	Secuestro de carbono	Precios de mercado	13 970 525.15	Villagrán (2017)
			Turismo	Otros métodos (proyección)	2 548 762.38	
			Provisión de recursos forestales	Precios de mercado	22 210 481.26	
			Productos agrícolas		24 712 522.24	
			Fuente de energía	Otros métodos (proyección)	11 780 478 349.58	
Ciudad de Esquipulas	2017	53 200	Agua para fines domésticos	Valoración contingente	3 965 912.19	Muñoz (2017)
Las Victorias, Alta Verapaz	2017	82	Turismo	Valoración contingente	46 309.08	Ramos (2017)
			Actividades sociales, religiosas, académicas y culturales		13 015.90	

Fuente: elaboración propia.