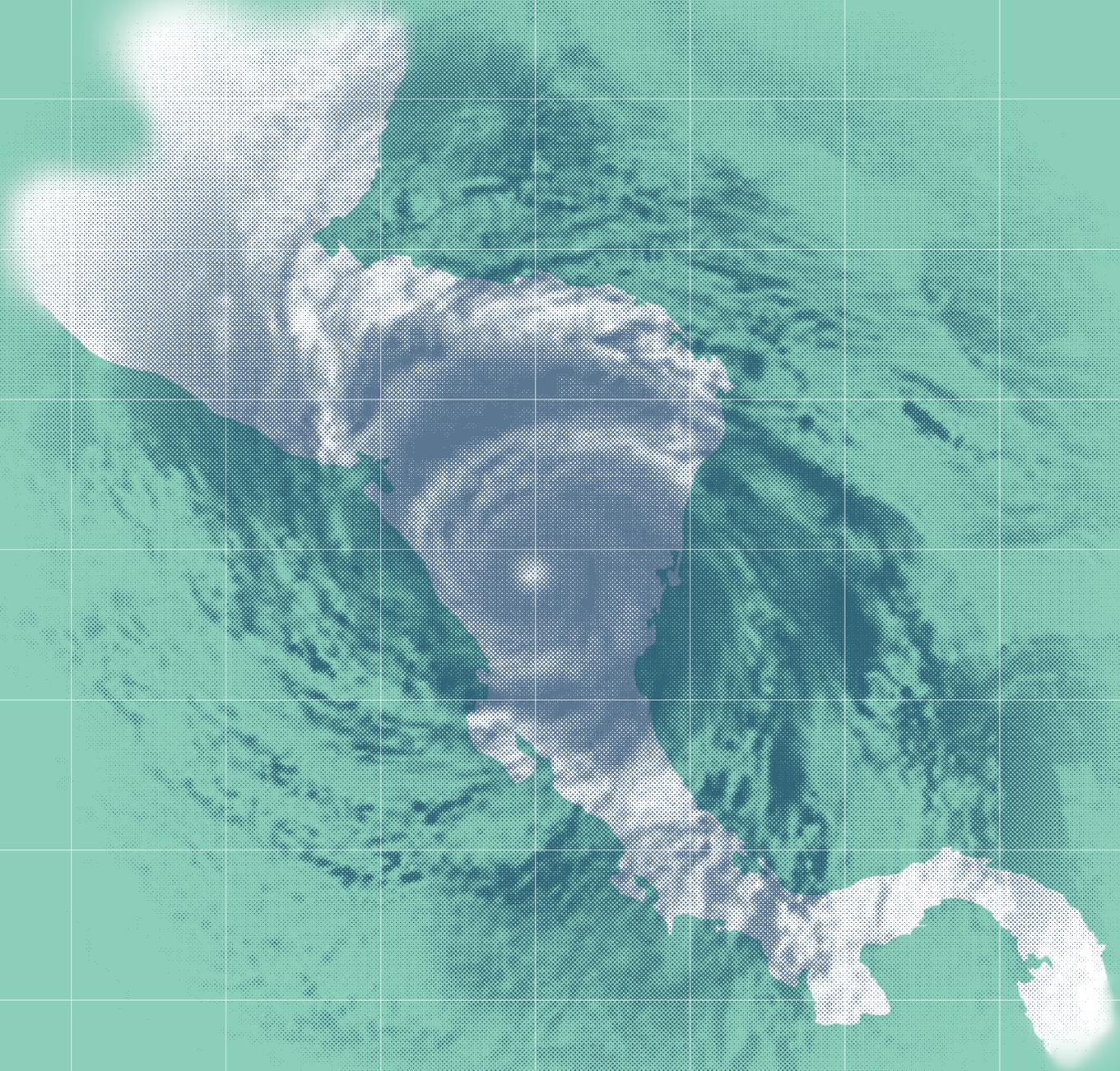


# La economía del cambio climático en Centroamérica

Serie  
técnica 2012

Impactos potenciales  
en los ecosistemas





La economía del cambio climático en Centroamérica:  
Impactos potenciales en los ecosistemas

Serie técnica  
2012

**Alicia Bárcena**  
Secretaria Ejecutiva  
**Antonio Prado**  
Secretario Ejecutivo Adjunto  
**Hugo E. Beteta**  
Director  
Sede Subregional de la CEPAL en México  
**Joseluis Samaniego**  
Director  
División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos  
y Punto focal de cambio climático de la CEPAL  
**Luis Miguel Galindo**  
Jefe de la Unidad de Cambio Climático  
División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos  
**Julie Lennox**  
Punto focal de cambio climático y Jefe de la Unidad de Desarrollo Agrícola  
Sede Subregional de la CEPAL en México

Esta publicación fue realizada en el marco del Convenio entre el Programa de asistencia del Ministerio para el Desarrollo Internacional del Gobierno Británico (UKAID), y la Sede Subregional en México de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), y del Convenio entre la Agencia de Cooperación para el Desarrollo de Dinamarca (DANIDA) y la CEPAL dentro de la iniciativa “La economía del cambio climático en Centroamérica”.

Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad de los autores y pueden no coincidir con las de la CEPAL y de las instituciones socias del proyecto.

Los límites y los nombres que figuran en los mapas de este documento no implican su apoyo o aceptación oficial por las Naciones Unidas.

El término “dólares” se refiere a la moneda de Estados Unidos de América.

---

LC/MEX/L.1077

Copyright © Naciones Unidas, octubre de 2012. Todos los derechos reservados.

Los Estados miembros y sus instituciones gubernamentales pueden reproducir esta obra sin autorización previa. Solo se les solicita que mencionen la fuente e informen a las Naciones Unidas de tal reproducción.

Diseño de portada: José Luis Lugo.

El interior de esta publicación fue impreso en papel “Recicla 100” (100% reciclado).

Impresión: Maule Ediciones.

---

# La economía del cambio climático en Centroamérica

Serie  
técnica 2012

Impactos potenciales  
en los ecosistemas



## COMITÉ DIRECTOR

### Ministros/as de Ambiente:

Liselle Alamilla, Ministra del Ministerio de Recursos Naturales y Medio Ambiente de Belice (MNREI); Juana Argeñal, Ministra del Ministerio de Recursos Naturales y Ambiente de Nicaragua (MARENA); René Castro Ministro del Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones de Costa Rica (MINAET); Lucía Chandeck, Administradora General de la Autoridad Nacional del Ambiente de Panamá (ANAM); Rigoberto Cuellar, Secretario de Estado para la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente de Honduras (SERNA); Herman Rosa, Ministro del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador (MARN); y Roxana Sobenes, Ministra del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala (MARN).  
Autoridades anteriores: Javier Arias, Ligia Castro, Teófilo De la Torre, Roberto Dobles, Luis Alberto Ferraté, Carlos Guerrero, Jorge Rodríguez, Tomás Vaquero y Gaspar Vega.

### Ministros/as de Hacienda o Finanzas:

Iván Acosta, Ministro del Ministerio de Hacienda y Crédito Público de Nicaragua (MHCP); Edgar Ayales, Ministro del Ministerio de Hacienda de Costa Rica (MH); Carlos E. Cáceres, Ministro del Ministerio de Hacienda de El Salvador (MH); Santiago Castillo, Ministro del Ministerio de Finanzas de Belice (MOF), Pavel Centeno, Ministro de Ministerio de Finanzas Públicas de Guatemala (MINFIN); Frank De Lima, Ministro del Ministerio de Economía y Finanzas de Panamá (MEF) y Wilfredo Cerrato, Secretario de Estado para la Secretaría de Finanzas de Honduras (SEFIN).  
Autoridades anteriores: Edgar Alfredo Balsells, Dean O. Barrow, William Chong Wong, Alfredo Rolando del Cid, Juan Alberto Fuentes, Alberto José Guevara, Héctor Guillermo Guillén, Fernando Herrero, Jenny Phillips, Rebeca Patricia Santos, Alberto Vallarino y Guillermo Zúñiga.

## COMITÉ TÉCNICO REGIONAL (CTR)

### Delegados/as de los Ministerios de

**Ambiente:** Sonia Baires, MARN El Salvador; Ana Rita Chacón, MINAET Costa Rica; Luis Fiallos, MARENA Nicaragua; Manuel López, SERNA Honduras; Carlos Mansilla, MARN Guatemala; Javier Morales, ANAM Panamá y Safira Vásquez, MNREI Belice.

### Delegados/as de los Ministerios de

**Hacienda o Finanzas:** Rogelio Alvarado, MEF Panamá; Rina Castellanos, MHCP El Salvador; Juan Manuel de la Cruz, MINFIN Guatemala; Manuel Deshon, MHCP

Nicaragua y Lourdes González, SEFIN Honduras.

**Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD-SICA):** Nelson Trejo, Secretario Ejecutivo; Raúl Artiga, delegado en el CTR.

**Consejo de Ministros de Hacienda o Finanzas de Centroamérica, Panamá y República Dominicana (COSEFIN):** Martín O. Portillo, Secretario Ejecutivo y delegado en el CTR.

**Secretaría de Integración Económica Centroamérica (SIECA):** Ernesto Torres, Secretario General; Oscar Morales, delegado en el CTR. Autoridad anterior: Yolanda Mayora de Gavidia.

### Delegados/as anteriores del CTR:

Gherda Barreto, Guillermo Barquero, Juan Sebastián Blas, Cecilia Carranza, Edgar Chamorro, Cynthia Deville, Paul Flowers, Ramón Frutos, Aristides Hernández, Leonel Lee, Darysbeth Martínez, José Francisco Rodríguez, Roberto Rodríguez, Bernardo Torres.

**Colaboradores del CTR:** Luis Alejandro Alejos, William Alpizar, Roberto Araquistain, Jorge Cabrera, Beverly D. Castillo, Carlos Fuller, Carlos Gómez, René López, Leslie Marin, Roberto Motta, Carlos J. Pérez, José Francisco Rodríguez, Martha Ruiz, Bernardo Torres.

## UNIDAD COORDINADORA (UC) EN LA SEDE SUBREGIONAL DE LA CEPAL EN MÉXICO (CEPAL México)

Hugo E. Beteta, Director; Julie Lennox, coordinadora de la iniciativa, punto focal para cambio climático y jefe de la Unidad de desarrollo agrícola (UDA) de la CEPAL México; Jaime Olivares y Allan Beltrán, consultores y asistentes de investigación; Almudena Fernández, asistente de programación y Nohemí Vázquez, asistente administrativo de la iniciativa; Blanca Urrea, asistente de programa y Diana Ramírez, asistente de investigación de la UDA; Ramón Cota, editor; María Eugenia Urzúa, diagramadora. Se agradece el apoyo de los equipos de dirección y administración de la oficina.

**La División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos de la CEPAL** proporcionó asesoría, particularmente Joseluis Samaniego, Director y Luis Miguel Galindo, Jefe de la Unidad de cambio climático.

## UKAID/ GOBIERNO DEL REINO UNIDO

Julie Chappel, Embajador del Reino Unido en Guatemala, Honduras y El Salvador; Ian Hughes, anterior Embajador del Reino Unido en Guatemala, Honduras y El Salvador; Tom Kennedy, anterior Embajador del Reino Unido para Costa Rica y Nicaragua; enlaces con el proyecto. Josceline Wheatley y Su Lin Garbett-Shiels de UKAID.

Se agradece la asesoría de Lord Nicholas Stern, Chris Taylor y Dimitri Zenghelis del Equipo Stern.

## DANIDA/ AGENCIA DE COOPERACIÓN PARA EL DESARROLLO DE DINAMARCA

Søren Vøhtz, Embajador; Thomas Nielsen, Asesor Regional y Bayardo Quintero, Oficial de Programas

## EQUIPO TÉCNICO Y SOCIOS DEL ESTUDIO DE ECOSISTEMAS

Julie Lennox, coordinadora, y Allan Beltrán y Jaime Olivares, consultores, de la UC de la CEPAL México quienes prepararon el documento de publicación en base a los análisis y documentos técnicos preparados por Karina Caballero de la Facultad de Economía de la Universidad Nacional Autónoma de México y Pablo Imbach de CATIE, consultores principales, con el apoyo de Luis Molina de CATIE.

Se agradece el apoyo de los delegados de los Ministerios de Ambiente del CTR por su asesoría en este estudio.

# ÍNDICE

	Página
Resumen Ejecutivo.....	10
Introducción .....	19
1. Zonas de vida de Centroamérica circa 2005 .....	28
2. Simulación de escenario con cambio de uso de tierra sin cambio climático.....	34
3. Simulación de escenarios con cambio de uso de tierra y cambio climático.....	42
4. Valoración económica del impacto del cambio climático en las zonas de vida de Centroamérica .....	66
5. Estimación inicial de pérdidas económicas por cambios en zonas de vida asociados al cambio climático .....	76
6. Conclusiones y recomendaciones .....	82
Bibliografía.....	88
Anexo I: Metanálisis: Revisión bibliográfica de estudios de valoración económica por zona de vida .....	97

## ÍNDICE DE CUADROS

Página

1.	Centroamérica: Revisión de literatura de impactos potenciales del cambio climático en los ecosistemas .....	24
2.	Centroamérica: Superficie de zonas de vida de Holdridge por país, 2005 .....	31
3.	Centroamérica: Superficie de zonas de vida de Holdridge, 2005 y cambio de uso de tierra con cortes a 2100 .....	35
4.	Centroamérica: Proporción de la superficie por zona de vida de Holdridge, 2005 y con cambio de uso de tierra con cortes a 2100 .....	37
5.	Centroamérica: Superficie de zonas de vida de Holdridge con cambio de uso de tierra por país, 2100.....	40
6.	Centroamérica: Superficie de las zonas de vida de Holdridge, 2005 y cambio de uso de tierra y escenario B2, con cortes a 2100.....	44
7.	Centroamérica: Proporción de la superficie por zona de vida de Holdridge, 2005 y cambio de uso de tierra y escenario B2, con cortes a 2100.....	46
8.	Centroamérica: Superficie de zonas de vida de Holdridge con cambio de uso de tierra y escenario B2 por país, 2100.....	48
9.	Centroamérica: Superficie de las zonas de vida de Holdridge, 2005 y cambio de uso de tierra y escenario A2, con cortes a 2100 .....	51
10.	Centroamérica: Proporción de la superficie por zona de vida de Holdridge, 2005 y con cambio de uso de tierra y escenario A2, con cortes a 2100.....	53
11.	Centroamérica: Superficie de zonas de vida de Holdridge con cambio de uso de tierra y escenario A2 por país, 2100 .....	54
12.	Concepto de valor económico total de los bosques.....	67
13.	Valores económicos del bosque tropical .....	68
14.	Principales métodos de valoración económica .....	69
15.	Valor promedio de los servicios ecosistémicos de las zonas de vida en bosques tropicales .....	72
16.	Valor promedio de cuatro tipos de servicios ecosistémicos y su total de las zonas de vida en bosques tropicales .....	72
17.	Centroamérica: Estimación inicial del valor de las zonas de vida de Holdridge, 2005.....	77

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

1.	Centroamérica: Superficie de zonas de vida de Holdridge, 2005 y cambio de uso de tierra con cortes a 2100.....	37
2.	Centroamérica: Superficie de zonas de vida de Holdridge, 2005 y cambio de uso de tierra y escenario B2, con cortes a 2100.....	45

3.	Centroamérica: Superficie de zonas de vida de Holdridge, 2005 y cambio de uso de tierra y escenario A2, con cortes a 2100 .....	52
4.	Centroamérica: Superficie de zonas de vida de Holdridge, 2005 y escenarios, con cortes a 2100 .....	58
5.	Belice: Superficie de zonas de vida de Holdridge, 2005 y escenarios, con cortes a 2100.....	59
6.	Costa Rica: Superficie de zonas de vida de Holdridge, 2005 y escenarios, con cortes a 2100.....	59
7.	El Salvador: Superficie de zonas de vida de Holdridge, 2005 y escenarios, con cortes a 2100.....	60
8.	Guatemala: Superficie de zonas de vida de Holdridge, 2005 y escenarios, con cortes a 2100.....	61
9.	Honduras: Superficie de zonas de vida de Holdridge, 2005 y escenarios, con cortes a 2100 .....	61
10.	Nicaragua: Superficie de zonas de vida de Holdridge, 2005 y escenarios, con cortes a 2100.....	62
11.	Panamá: Superficie de zonas de vida de Holdridge, 2005 y escenarios, con cortes a 2100.....	63
12.	Mundo: Estudios de valoración económica de servicios ecosistémicos del bosque tropical.....	70
13.	Centroamérica: Estimación inicial de las seis principales zonas de vida de Holdridge, 2005 y escenarios, con cortes a 2100.....	78
14.	Centroamérica: Estimación inicial del valor por zona de vida de Holdridge, 2005 y escenarios, con cortes a 2100.....	78
15.	Centroamérica: Estimación inicial de las seis principales zonas de vida de Holdridge, 2005 y escenarios por país, con cortes a 2100 .....	80

## ÍNDICE DE MAPAS

1.	Mundo: Distribución de las zonas de vida de Holdridge de bosques tropicales .....	28
2.	Centroamérica: Superficie de zonas de vida de Holdridge, 2005 .....	32
3.	Centroamérica: Superficie de zonas de vida de Holdridge, 2005 y cambio de uso de tierra con cortes a 2100 .....	39
4.	Centroamérica: Superficie de zonas de vida de Holdridge, 2005 y cambio de uso de tierra y escenario B2, con cortes a 2100.....	49
5.	Centroamérica: Superficie de zonas de vida de Holdridge, 2005 con cambio de uso de tierra y escenario A2, con cortes a 2100 .....	55
6.	Centroamérica: Superficie de zonas de vida de Holdridge, 2005 y escenarios a 2100.....	64

## ÍNDICE DE DIAGRAMAS

1.	Clasificación de zonas de vida de Holdridge.....	30
2.	Tipología de los servicios ecosistémicos .....	66

## ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

CAC	Consejo Agropecuario Centroamericano
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CCA	Centro de Ciencias de la Atmósfera
CCAD	Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo
CCSI	Índice de Severidad del Cambio Climático
CRU	Unidad de Investigación Climática, de la Universidad de Anglia Este (por sus siglas en inglés)
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
COP 15	15ª Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Cambio Climático de las Naciones Unidas en Copenhague 2009
COP 16	16ª Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Cambio Climático de las Naciones Unidas en Cancún 2010
COP 17	17ª Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Cambio Climático de las Naciones Unidas en Durban 2011
COSEFIN	Consejo de Ministros de Hacienda o Finanzas de Centroamérica, Panamá y República Dominicana
COMISCA	Consejos de Ministros de Agricultura y Salud de Centroamérica y República Dominicana
CUT	Cambio de uso de tierra
CTR	Comité Técnico Regional de la iniciativa
DANIDA	Agencia de Cooperación para el Desarrollo de Dinamarca
ECCCA	Iniciativa La economía del cambio climático en Centroamérica
ENOS	El Niño-Oscilación Sur
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura (por sus siglas en inglés)
FONAFIFO	Fondo Nacional de Financiamiento Forestal de Costa Rica
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GFDL	Laboratorio de Dinámica de Fluidos Geofísicos de la Universidad de Princeton (por sus siglas en inglés)
IPCC	Panel Intergubernamental de Cambio Climático (por sus siglas en inglés)
IBP	Índice de Biodiversidad Potencial
IFs	Modelo International Futures
MARENA	Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales de Nicaragua
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador
MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio
MINAET	Ministerio del Ambiente, Energía y Telecomunicaciones de Costa Rica

MSA	Abundancia Media de Especies
OPS	Organización Panamericana de la Salud
PACT	Fondo para la Consevación de Áreas Protegidas de Belice (por sus siglas en inglés)
PINEP	Programa de Inventivos para Pequeños Poseedores de Tierras de Vocación Forestal o Agroforestal de Guatemala
PINFOR	Programa de Incentivos Forestales de Guatemala
PNUMA	Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente
SICA	Sistema de Integración Centroamericana
SIECA	Sistema de Integración Económica Centroamericana
UKAID	Programa de Asistencia del Ministerio para el Desarrollo Internacional del Gobierno Británico (por sus siglas en inglés)
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
VET	Valor Económico Total
UNDAF	Marco de Cooperación de las Naciones Unidas para el Desarrollo (por sus siglas en inglés)
UNDG	Grupo de Desarrollo de las Naciones Unidas (por sus siglas en inglés)
ZVH	Zonas de Vida de Holdridge

## RESUMEN EJECUTIVO

Aunque se estima que Centroamérica seguirá emitiendo niveles mínimos de gases de efecto invernadero (GEI), ya es una de las regiones más expuestas a sus consecuencias. Sus vulnerabilidades socioeconómicas históricas están siendo amplificadas por sus características de istmo estrecho entre dos continentes y dos sistemas oceánicos, el Pacífico y el Atlántico. La región siempre ha sido gravemente afectada por patrones de sequía, ciclones y el fenómeno de El Niño-Oscilación Sur (ENOS). El cambio climático está magnificando estas vulnerabilidades históricas e incidirá cada vez más en la evolución económica y ambiental de la región, pues los factores climatológicos son significativos en agricultura, generación hidroeléctrica y muchas otras actividades.

En respuesta a esta amenaza, los Presidentes del Sistema de Integración Centroamericana (SICA) acordaron un conjunto de mandatos para sus instituciones nacionales y regionales en la cumbre de mayo de 2008. Estos mandatos han sido ampliados en sus cumbres de junio 2010, noviembre 2011 y junio 2012. En este marco, los Ministros de Ambiente y Hacienda o Finanzas, con sus instancias regionales, la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD) y el Consejo de Ministros de Hacienda o Finanzas de Centroamérica, Panamá y República Dominicana (COSEFIN), la Secretaría de Integración Económica de Centroamérica (SIECA) y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) emprendieron la iniciativa “La economía del cambio climático en Centroamérica” (ECCCA), con financiamiento del Programa de Asistencia del Ministerio para el Desarrollo Internacional del Gobierno Británico (UKAID) y la Agencia de Cooperación para el Desarrollo de Dinamarca (DANIDA). Dicha iniciativa está generando evidencia de la vulnerabilidad de la región al cambio climático, los impactos y costos potenciales en diferentes sectores, y propiciando el diálogo sobre opciones de políticas y acciones nacionales y regionales. En este marco, los temas de cambio de uso de tierra, ecosistemas y biodiversidad son de alta importancia.

Centroamérica tiene gran diversidad de ecosistemas, incluyendo sus bosques tropicales. En 2005, éstos cubrían aproximadamente 45% del territorio de la región y contenían alrededor de 7% de la biodiversidad del planeta (CEPAL/CCAD/SICA/UKAID/DANIDA, 2011; INBio, 2004). Los bosques tropicales son los más ricos en biodiversidad y biomasa porque la energía del sol ecuatorial hace proliferar la vida en medio de abundantes nutrientes. Centroamérica cuenta con este activo, un verdadero tesoro, el cual proporciona múltiples productos y servicios, compensa hasta cierto punto el limitado acceso vía el mercado de la población de bajos ingresos a bienes básicos y proporciona protección ante desastres como inundaciones y oleadas. En muchas zonas existe una relación estrecha entre los bosques y los pueblos indígenas, no sólo en sus actividades productivas, sino en su identidad, cultura e historia.

Por desgracia, estos bosques son muy frágiles. Se han degradado y deforestado debido a múltiples presiones humanas, incluyendo la explotación forestal, la contaminación del agua y el suelo, los incendios y la sobreexplotación de especies silvestres. Aún sin cambio climático, estas presiones probablemente aumentarán por lo menos hasta que la población humana se establezca

alrededor de 2070 y hasta transitar a una economía más eficiente en el uso de los recursos naturales y menos contaminantes. Al mismo tiempo, el aumento de eventos extremos registrados en las últimas décadas, especialmente los hidrometeorológicos como las sequías, los huracanes y las inundaciones, a menudo empeora la destrucción de los ecosistemas en las zonas afectadas. Por ejemplo, el huracán Félix afectó una extensa zona boscosa en la Región Autónoma del Atlántico Norte de Nicaragua en 2007 (CEPAL/CCAD/SICA/UKAID/DANIDA, 2011).

En este contexto, el cambio climático emerge como un gran riesgo adicional al aumentar la temperatura, modificar los patrones de precipitación y probablemente reducir su volumen a mediano plazo. Es probable también que la humedad se reduzca y que el alza de temperatura de la superficie marina aumente la destructividad de huracanes y tormentas tropicales. Los potenciales impactos en los ecosistemas no solo vendrían directamente del cambio climático, sino también de la reacción de la población humana a él. Por ejemplo, si los rendimientos de granos básicos y otros productos disminuyen, la presión para expandir la superficie agrícola a costa de los bosques aumentará. Las medidas de los actores económicos deberían orientarse a reducir estas presiones y facilitar la adaptación de los ecosistemas al cambio climático, pero es difícil suponer que lo harán sin antes establecer políticas públicas, incentivos económicos y acuerdos multisectoriales orientados a la sostenibilidad.

En las negociaciones internacionales de cambio climático, los bosques están en el centro de varios debates técnicos y políticos, no solamente por la deforestación y degradación, su relación con las emisiones de gases de efectos invernaderos (GEI) y su efecto sumidero de carbono, sino por su gran importancia en los medios de vida y culturas de poblaciones rurales y comunidades indígenas y en esfuerzos de mejorar la sostenibilidad de actividades económicas, como la agricultura y la generación hidroeléctrica. Por lo mismo, es importante avanzar en el análisis de los impactos del cambio climático sobre ellos, sus necesidades de adaptación y su vital papel en la adaptación de las sociedades.

Además de las amenazas de la deforestación, la degradación y el cambio climático, los esfuerzos de proteger los bosques enfrentan un tercer reto. El incuestionable valor económico de los bosques como proveedores de bienes y servicios para la sociedad no se refleja en los precios de mercado y en muchos casos no se refleja en absoluto. Cuando un actor económico destruye o contamina un ecosistema, se genera una externalidad negativa que no se contabiliza como pérdida económica. Dada esta situación, no se puede esperar que estos servicios sean incorporados al mercado a tiempo para incentivar decisiones correctas de uso y preservación. Las señales de la productividad agrícola, disponibilidad de agua y otras llegarán cuando los activos se hayan agotado, lo que ocurrirá aún sin cambio climático.

En las últimas décadas ha habido importantes esfuerzos por mejorar nuestra comprensión del aporte de los ecosistemas y estimar su valor económico. Varios países de la región han establecido sistemas de pago por servicios ambientales y las Áreas Naturales Protegidas suman más de 550. Se han desarrollado estudios importantes sobre los riesgos del cambio climático, en particular sobre los bosques y su biodiversidad. Se ha progresado con métodos para estimar las pérdidas ambientales por impactos de eventos extremos. Estos costos han sido estimados en catorce evaluaciones de eventos mayores en Centroamérica en las últimas décadas. En 2011, los Ministros de Ambiente acordaron robustecer la metodología de estas evaluaciones.

También es importante valorizar los ecosistemas en forma extramercado, considerando los conocimientos científicos y los valores culturales relacionados. Esta forma de valoración también

contribuye a motivar medidas precautorias ante el hecho de que el mercado no envía las señales correctas. Los análisis de valoración económica son útiles pero tienen limitaciones porque no siempre es fácil asignar valor monetario a determinados servicios, especialmente los valores intrínsecos invaluable, como los culturales y de regulación y existencia. El reto de una apropiada valoración de los ecosistemas, en un sentido amplio, se vuelve más urgente por la amenaza de cambio climático.

En el marco de estos tres retos, el presente estudio tiene el objetivo de desarrollar escenarios de la distribución geográfica potencial de los ecosistemas boscosos de Centroamérica en el futuro. En primera instancia, se estima la pérdida de área disponible a estos ecosistemas provocada por la presión humana sin el cambio climático, utilizando un escenario de cambio de uso de tierra a 2100 preparado por expertos del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) para la iniciativa La economía de cambio climático en Centroamérica. (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011). Este escenario estima que la superficie dedicada a actividades agrícolas aumentaría en aproximadamente 30% durante este siglo, afectando a la extensión de bosques y pastizales, sabanas y arbustales con reducciones de 33% y 83% respectivamente. Estos cambios ocurrirían principalmente en las próximas cuatro décadas.

En el trabajo también se evalúa y contrasta el impacto potencial de dos escenarios de cambio climático en las condiciones que favorece diferentes tipos de bosques, considerando su extensión y ubicación geográfica. Las estimaciones tienen diferentes cortes temporales con un escenario de cambio climático menos pesimista (B2) y otro más pesimista (A2).

El estudio comienza por representar los ecosistemas de la región con el método de Zonas de Vida de Holdridge (ZVH). Éstas son entendidas como “zonas con condiciones climáticas adecuadas para un ecosistema dado” (Holdridge, 1947 y Locatelli & Imbach, 2010). Una ZVH es un grupo de asociaciones vegetales dentro de una división natural del clima, según sus condiciones edáficas y etapas de sucesión, con fisonomía similar en cualquier parte del mundo. Tales asociaciones definen un ámbito de condiciones ambientales que, junto con los seres vivos, forman un conjunto único de fisonomía vegetal y actividad animal. La clasificación ZVH proporciona una base lógica para definir los ecosistemas locales en un marco comparable. Para especificar las condiciones de clima del año base, 2005, se utilizaron los datos de WorldClim (Hijmans y otros, 2005) correspondientes al promedio mensual de precipitación y temperatura del período 1950 a 2000. Así, en 2005 Centroamérica poseía una cobertura natural aproximada de 28,5 millones de hectáreas. En el escenario de cambio de uso de tierra sin cambio climático se estima que esta superficie se reduciría en 11,5 millones de hectáreas a cerca de 16,3 millones de hectáreas en 2050 y subiría a 16,9 millones de hectáreas en 2100. Este cambio provocado por la presión humana implica que todas las zonas de vida boscosas sufrirían reducciones hacia el año 2050 y posteriormente tendrían leves recuperaciones hasta finales del siglo.

De acuerdo con la clasificación ZVH, la región tiene seis zonas de vida boscosa principales. Tienen en común ser bosques tropicales con diferentes niveles de altitud y humedad. Los más extensos son el bosque húmedo tropical (12,6 millones de hectáreas) y el bosque húmedo montano bajo tropical (5,8 millones de hectáreas). Juntos representan cerca del 65% de la cobertura natural de la región circa 2005. El bosque húmedo tropical se ubica en la costa Atlántico, la costa Pacífico de Costa Rica y El Petén de Guatemala. El bosque montano bajo tropical predomina en la región centro de Honduras, Nicaragua, Belice, el Altiplano Occidental y una pequeña parte del Departamento de El Petén en Guatemala.

En un escenario con cambio de uso de tierra (CUT) sin cambio climático, el bosque húmedo tropical podría reducirse a 7,4 millones de hectáreas a mitad del siglo y recuperarse a 7,8 al final. La estimación de la extensión correspondiente al bosque húmedo montano bajo tropical es de 2,8 millones de hectáreas en 2050 y 2,9 millones de hectáreas en 2100.

Las zonas de bosque seco tropical, bosque muy húmedo montano bajo tropical y bosque muy húmedo tropical representan el 29% de la superficie con cobertura natural de la región. El bosque seco tropical crece principalmente en la costa Pacífico de Nicaragua, El Salvador, Guatemala y la región norte de El Petén en Guatemala y Belice. El bosque muy húmedo montano bajo tropical crece en la región centro de Costa Rica, Panamá y Guatemala. El bosque muy húmedo tropical prolifera principalmente en la Región Autónoma de Atlántico Sur y Río San Juan en Nicaragua, más una pequeña fracción en el Altiplano Occidental Guatemalteco.

El bosque seco tropical podría reducirse de 3,2 millones de hectáreas en 2005 a 1,3 millones de hectáreas a la mitad del siglo, para recuperarse hasta 1,9 millones de hectáreas al final del siglo. Las cifras correspondientes del bosque muy húmedo montano bajo tropical son 2,7 millones de hectáreas en 2005, 2,0 millones de hectáreas en 2050 y 2,1 millones de hectáreas en 2100. El bosque muy húmedo tropical, que cubría 2,4 millones de hectáreas en 2005, podría disminuir a 1,7 millones de hectáreas y 1,8 millones de hectáreas a la mitad y al final del siglo, respectivamente.

Las zonas de vida con menor superficie son el bosque seco montano bajo tropical, el bosque muy húmedo montano tropical, el bosque pluvial montano bajo tropical, el bosque pluvial montano tropical, el bosque muy seco tropical y el bosque húmedo montano tropical. Juntos representaron menos del 6% de la superficie con cobertura natural de Centroamérica en 2005. El bosque seco montano bajo tropical cubría 1,1 millones de hectáreas en 2005 y podría perder 85% de su superficie durante este siglo, la mayor parte en las próximas décadas. Las zonas restantes representaban casi medio millón de hectáreas en 2005 y podrían perder 58% durante este siglo.

En resumen, el escenario con CUT sin cambio climático indica que la superficie de todas las zonas de vida boscosa se reduciría pero las proporciones de las zonas se mantendrían relativamente constantes. Será importante avanzar en las estimaciones de los grados o estados de conservación de los ecosistemas, tarea muy compleja.

Para estimar el potencial impacto del cambio climático en los ecosistemas, este estudio utiliza dos escenarios de emisiones de GEI, el escenario menos pesimista (B2) y el más pesimista (A2), establecidos por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) y la estimación de sus implicaciones para temperatura y precipitación de la iniciativa ECCCA (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011), en particular los promedios de las rejillas de los modelos HADCM3, GFDL R30 y ECHAM4 para B2 y HADGEM1, GFDL CM2.0 y ECHAM5 para A2. A fin de identificar las tendencias con mayor claridad se establecieron períodos de diez años para cada año de corte: 2020 (promedio 2016 a 2025), 2030 (promedio 2026 a 2035), 2050 (promedio 2046 a 2055), 2070 (promedio 2066 a 2075) y 2100 (promedio 2091 a 2100).

Este análisis estima cómo los posibles cambios de temperatura y precipitación podrían alterar la distribución de las zonas de vida boscosas dentro de la superficie natural dejada por el CUT. No estima cómo el cambio climático podría afectar las actividades humanas y la consecuente tasa de destrucción de la superficie natural, análisis que requiere estudios sobre potenciales reacciones de las sociedades al fenómeno.

El escenario menos pesimista (B2) prevé una disminución promedio de la lluvia en la mayor parte de la región de 4% y 11% en los cortes de 2050 y 2100, respectivamente y un incremento de la temperatura promedio de 1,3 °C y 2,5 °C en los mismos cortes. Los supuestos básicos son la emergencia de un modelo de desarrollo orientado a soluciones económicas, sociales y ambientales locales, un crecimiento de la población mundial menor que en otros escenarios y un desarrollo económico moderado. La materialización de este escenario probablemente dependería de acuerdos y acciones internacionales para reducir sustancialmente las emisiones globales de GEI a corto plazo.

Con respecto a los cambios potenciales en las mayores seis zonas de vida boscosas de Centroamérica bajo este escenario, se estima que el bosque húmedo tropical seguirá predominando. Su superficie fluctuaría entre aproximadamente 10 millones de hectáreas y 14 millones de hectáreas durante el siglo, terminando en aproximadamente 12 millones de hectáreas en 2100. Su proporción del total aumentaría de 44% en 2005 a poco más de 70% en 2100. La extensión del bosque muy húmedo tropical aumentaría de 2,4 millones de hectáreas a 2,9 millones de hectáreas en el corte de 2030, y después se reduciría a 1.8 millones de hectáreas al final del siglo. Seguiría siendo la segunda ZVH más representativa con el 11% del total. La superficie del bosque muy húmedo montano bajo tropical se reduciría de 2,7 millones de hectáreas a 1,3 millones de hectáreas, pero su proporción quedaría en casi 8% al final del siglo. La superficie del bosque húmedo montano bajo tropical se reduciría de 5,8 millones de hectáreas a menos de un millón hacia finales del siglo. Su proporción respecto del total disminuiría de 21% a 6%. La reducción de las ZVH secas sería proporcionalmente mayor: el bosque tropical seco, que representaba 11% del total en 2005, se reduciría a menos de 2% en 2050 y a menos de 4% en 2100. El bosque seco montano bajo tropical, que representaba 4% en 2005 se extinguiría en las próximas décadas. En resumen, este escenario estima que el bosque húmedo tropical predominaría, mientras que el resto de las ZVH, especialmente las secas, disminuirían.

El escenario más pesimista (A2) proyecta un aumento continuo de las emisiones globales de GEI, resultando en un mayor incremento promedio de la temperatura de 1,7 °C y 4,2 °C a 2050 y 2100 respectivamente y una disminución sustancial de la lluvia promedio de 14% en 2050 y 28% en 2100. Los supuestos básicos de este escenario son una población mundial creciente, convergencia lenta de los patrones de fertilidad humana, desarrollo económico enfocado a lo regional y evolución lenta y desigual del crecimiento económico *per cápita* y el cambio tecnológico. Este escenario en el cual no se logre reducir la trayectoria incremental de emisiones de GEI a nivel global, advierte altos riesgos para la región.

En este escenario, la superficie del bosque húmedo tropical aumentaría ligeramente desde los 12,6 millones de hectáreas en 2005 hasta el corte 2020, pero en el resto del siglo se reduciría hasta terminar en 7,5 millones de hectáreas en 2100, representando 44% del total de la superficie natural, proporción similar a la de 2005. El mayor aumento de superficie sería la del bosque seco tropical, de 3,2 millones de hectáreas en 2005 a 6,6 millones de hectáreas en 2100; su proporción del total aumentaría de 11% a 39%. Estas dos ZVH representarían casi 84% de la superficie natural total. El resto de zonas de vida húmedas sufriría reducciones significativas: el bosque húmedo montano bajo tropical, el bosque muy húmedo montano bajo tropical y el bosque muy húmedo tropical bajarían de 21%, 10% y 9% del total en 2005 a 5%, 3% y 4% al final del siglo. En resumen, en este escenario el bosque húmedo tropical reduciría su extensión, mientras que la del bosque seco tropical aumentaría.

Ambos escenarios demuestran patrones diferenciados de ZVH con el tiempo, uno hacia zonas más secas (en A2) y otro hacia zonas más húmedas (en B2). Ambos escenarios estiman un aumento de las zonas húmedas alrededor del corte 2020 y una reducción de la diversidad de zonas de vida

con el paso de las décadas. Se prevén variaciones en los cambios que experimentarían diferentes países. Por ejemplo, el bosque húmedo tropical de Belice representaría 90% del total en 2100 con B2, pero con A2 el 44% podría ser bosque seco tropical. En cambio, Costa Rica experimentaría patrones más similares en los tres escenarios y mantendría una mayor diversidad de ZVH.

La segunda parte de este estudio continúa el esfuerzo de la iniciativa ECCCA de sistematizar la información disponible sobre la valoración económica de ecosistemas y su biodiversidad para estimar valores actuales y pérdidas futuras atribuibles al cambio climático (véase Capítulo 6, CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011). En este estudio se utiliza la técnica del metanálisis para establecer valores económicos estimados de los bosques tropicales. Consiste en un análisis estadístico de los estudios empíricos disponibles y de sus características comunes y diferencias para obtener una visión integrada de tendencias en la valorización que no siempre son captadas por cada estudio específico. El metanálisis adapta la información original y permite aplicarla a otros contextos ante la escasez de estudios de la región. El estimador del efecto combinado es una media ponderada de los valores identificados en cada estudio. Se dio mayor peso a los estudios desarrollados en la región y menor a los de otras regiones del mundo.

Se identificaron 80 estudios de valoración económica de servicios ecosistémicos de los bosques tropicales en diversos países. Algunos abarcan más de un servicio, dando un total de 275 observaciones útiles para nuestro propósito. El 22% se refiere a Centroamérica y 23% a América del Sur, mientras que 35% aborda países específicos de otras regiones del mundo y 20% son análisis globales. La mayoría de ellos utiliza el método de valoración contingente (44%), 28% son metanálisis ellos mismos, 14% son análisis de mercado y 10% de costo-beneficio. Cerca de 64% consideran servicios de provisión y regulación; el resto corresponde a servicios de soporte (23%) y culturales (13%). Todas las estimaciones fueron homologadas a valores por hectárea por año en dólares de 2000.

Para cada una de las seis ZVH de bosques tropicales más representativas se realizaron dos ejercicios de metanálisis. El primero estima el valor promedio por hectárea de un servicio ecosistémico “genérico”. Se consideran todos los estudios de cada zona de vida, los cuales valoran servicios de provisión, regulación, de soporte o culturales. El resultado es el valor estimado de un servicio promedio por hectárea, bajo el supuesto de que cada hectárea provee un servicio ecosistémico valorado al promedio ponderado. Las estimaciones varían entre un poco menos de 100 dólares por hectárea por año para bosques seco y muy seco tropicales, aproximadamente 110 dólares por hectárea por año para el bosque húmedo tropical, de 130 dólares a 150 dólares para bosques húmedo y muy húmedo montano bajo tropical, y poco más de 210 dólares para bosque muy húmedo tropical.

El segundo ejercicio estima la suma del valor promedio por hectárea de cada uno de los cuatro tipos de servicios ecosistémicos estudiados: provisión, regulación, de soporte o culturales, por cada zona de vida. Así, la valoración económica se divide por tipo de servicio y tipo de zona de vida. A partir de estos valores se obtiene el valor promedio por hectárea de cada tipo de servicio por zona de vida. Sumando estos cuatro promedios, se asume que cada hectárea puede proveer los cuatro tipos de servicio al mismo tiempo sin degradación de su ecosistema. Se buscó minimizar el riesgo de externalidades negativas, excluyendo el valor de la extracción de madera. Las estimaciones varían entre 330 dólares y 355 dólares por hectárea por año para bosques muy secos y secos tropicales respectivamente; aproximadamente 435 dólares por hectárea por año para el bosque húmedo tropical; 570 dólares para bosque húmedo montano bajo tropical, 1.100 dólares para bosque muy húmedo tropical y poco menos de 1.420 dólares para bosque muy húmedo montano bajo tropical.

(este último valor es el más alto de los estimados e incluye un solo estudio en la categoría de servicios de soporte que estimó 1.064 dólares por hectárea por año).

La progresión de menor a mayor valor por hectárea de las ZVH secas hacia las más húmedas es parecida en ambos ejercicios. Pero ambos tienen limitaciones. El primero se basa en el promedio de todos los valores de cada ZVH, como si cada hectárea proporcionara un solo servicio “genérico”. El segundo genera valores promedio por cuatro tipos de servicios para cada ZVH, las cuales se suman. Así, cada promedio tienen menos fuentes de referencia. Igualmente, se asume que es posible utilizar los cuatro tipos de servicio al mismo tiempo. Como se mencionó, no se ha logrado identificar y valorar todos los servicios ecosistémicos, así que los valores presentados deberán considerarse exploratorios con el propósito de representar las pérdidas asociables al cambio climático.

Considerando que la iniciativa ECCCA tiene la finalidad de alertar sobre los potenciales impactos del cambio climático, se estiman las pérdidas de valor del segundo ejercicio por cambios de superficie de las seis ZVH en la región y por país en ambos escenarios de cambio climático. En resumen, el valor anual estimado de los cuatro tipos de servicios ecosistémicos de las seis ZVH en 2005 fue de aproximadamente 16,5 mil millones de dólares. Manteniendo los valores en dólares de 2000, considerando el escenario con cambio de uso de tierra a los cortes de 2050 y 2100, el valor de los cuatro tipos de servicios se reduciría a 10,3 y 10,6 mil millones de dólares, respectivamente. Agregando el escenario menos pesimista (B2) a los efectos de CUT con los mismos cortes, las sumas serían 10,6 y 10,9 mil millones de dólares, con un aumento de 3% al corte de 2050 debido al aumento de bosques húmedos en este período inicial, y una reducción de 10% a 2100, respecto al escenario únicamente con CUT. Combinando los escenarios CUT y el más pesimista de cambio climático (A2) en los mismos cortes, los totales serían 9,1 y 7,6 mil millones de dólares con reducciones de 11% y 29% relativo al escenario CUT. En este escenario, la caída de la valoración se relaciona con la reducción de superficie de bosques más húmedos que tienen un mayor valor por hectárea.

De estos resultados podría interpretarse que el escenario B2 posiblemente beneficie a los servicios ecosistémicos en las primeras décadas de este siglo, pero es importante hacer varias acotaciones. El estudio evalúa las condiciones de temperatura y precipitación relacionadas con las distintas ZVH, pero aún queda por analizar si el conjunto de formas de vida en las ZVH realmente podrán adaptarse a los tiempos y las tasas de cambio en la precipitación y temperatura combinados con las presiones de CUT. Igualmente, es importante recalcar que las actuales tendencias de emisiones de GEI se acercan más al escenario A2 que al B2, por lo que la probabilidad de darse éste efecto es menor. A partir de 2070 en el escenario CUT y B2 y desde el corte 2030 en CUT y A2, se registran pérdidas de este estimado de valor relativo al escenario CUT sin cambio climático.

Finalmente, es importante resaltar que todos, los tres escenarios sugieren pérdidas de valor relativo a los estimados para 2005: con CUT se perdería 38% a 2050 y 36% a 2100; con CUT y B2 el valor bajaría 36% y 42% a estos mismos cortes; y con CUT y A2 las pérdidas serían de 45% y 54% respectivamente. Estos resultados confirman que reducir la deforestación y avanzar en la protección y la recuperación de ecosistemas naturales es un reto de desarrollo en sí mismo, y sugieren que el cambio climático, especialmente el escenario más pesimista y tendencial de emisiones, traería mayores pérdidas de bosques y de sus servicios ecosistémicos.

Es importante señalar que las estimaciones de los cambios potenciales en las ZVH al cambio climático presentan un grado de incertidumbre y son difíciles de establecer con precisión tanto con respecto a cambios en su ubicación y extensión. Es imprescindible recalcar que una parte importante de servicios ecosistémicos no ha sido valorada. Así que los resultados del estudio deben entenderse

como indicaciones de las tendencias, no proyecciones de cifras exactas; y sirven principalmente para contrastar las pérdidas relativas entre el escenario de CUT sin cambio climático y los escenarios menos y más pesimista de este fenómeno.

Este estudio ha estimado los potenciales cambios en ecosistemas con referencia a la clasificación de ZVH, ya que la inclusión de variables de temperatura y precipitación lo hace indicada para modelar impactos de los escenarios de cambio climático. Esto es un primer paso, ya que futuros análisis tendrán la compleja tarea de explorar la capacidad de los ecosistemas y sus especies miembros para evolucionar, “desplazarse” y mantener su integridad bajo estas condiciones cambiantes climáticas. Igualmente, se deberá tomar en cuenta que la degradación y fragmentación por la presión directa de las sociedades complica esta adaptación. Estos trabajos futuros pueden aprovechar los análisis sobre el efecto de los cambios de los patrones intraanuales de precipitación, aridez y meses secos, disponibles en otras publicaciones de esta Serie técnica 2012.

La sistematización de los diversos estudios de valoración económica encontrados, realizada por medio del método de metanálisis, proporciona resultados que podrán servir en otros ejercicios de valoración, incluyendo evaluaciones de impactos de eventos extremos. Evidencia la necesidad de incentivar más estudios de los servicios ecosistémicos de la región y opciones de su valoración, especialmente de zonas menos estudiadas como el bosque muy húmedo montano bajo tropical.

La adaptación humana al cambio climático está claramente ligada a la adaptación de los ecosistemas de los cuales depende, especialmente en regiones como Centroamérica. Responder a este reto requerirá incorporar el papel de los servicios ambientales en la valoración de la eficiencia y sostenibilidad de nuestras actividades económicas y tomar medidas fuera del mercado para generar incentivos y marcos regulatorios adecuados. Al respecto, es necesario considerar el principio de precaución y establecer un estándar mínimo, considerando la irreversibilidad de la pérdida biológica, el riesgo y la incertidumbre. Debido a que el cambio climático y la pérdida de hábitats por otros factores interactúan en el paisaje, se recomienda aumentar y fortalecer el sistema de Áreas Naturales Protegidas (más de 550 en la región) y corredores biológicos para abarcar mayor escala bio-geográfica, dar mayor amplitud a la definición de zonas de protección y ordenación del territorio y reforzar la protección de refugios climáticos. Estos esfuerzos pueden complementarse con programas de agricultura sostenible, el aprovechamiento forestal sustentable y el rescate de cultivos criollos y especies silvestres endémicas con resistencia a los efectos climáticos previstos.

Otras medidas para facilitar la adaptación de los bosques son: crear programas para que las comunidades desarrollen la capacidad de conservación y recuperación de los ecosistemas con los que conviven, incluyendo la adopción de tecnologías apropiadas para medios de vida sostenibles, aprovechando al máximo los conocimientos tradicionales y la diversificación de sus fuentes de sustento; mejorar los sistemas de gestión de los bosques, incluyendo el control de la deforestación y los incendios forestales, la forestación y la reforestación; establecer y promover sistemas de regulación y certificación del ecoturismo como contribución a la defensa de los ecosistemas naturales, evitando desarrollos turísticos e inmobiliarios convencionales que degraden sus atributos naturales, e impulsar proyectos ecoturísticos o de naturaleza y “aventura”, manejados por los propietarios de los predios.

No solamente hay sinergias potenciales de la protección e uso sostenible de los ecosistemas con las iniciativas de reducción de emisiones de GEI, sino con un número de acciones relacionadas con el desarrollo sostenible e incluyente, como la producción agrícola más sostenible, la gestión integral de cuencas y agua, el rescate de cultivos criollos y especies silvestres endémicas, mayor acceso a la

energía eléctrica y programas de pago por servicios ambientales a beneficio de la población rural de bajos ingresos. Todas estas medidas requieren ser instrumentadas en programas y presupuestos.

En este sentido, el recurso hídrico es de suma importancia para la protección de los bosques, otros ecosistemas y su biodiversidad. La conservación de los bosques es esencial para la gestión de las cuencas. Se requieren esfuerzos amplios para hacer más eficiente el uso del agua, reducir su contaminación y reciclarla en los sectores de demanda doméstica, agropecuaria, industrial y de servicios.

Se requerirá mayor coordinación con el sector agropecuario para restaurar las áreas degradadas y de baja productividad según criterios de calidad de la producción primaria, sostenibilidad de la producción y reforestación para diferentes usos; evitar la extensión de la zona agrícola hacia los ecosistemas naturales, intensificando los sistemas de producción, mejorando su eficiencia y gestionando los paisajes rurales según objetivos de conservación, ampliar la valoración económica de los ecosistemas y sus servicios relacionados con la producción agrícola, incluyendo la polinización, control de plagas, regulación de humedad y clima local, en apoyo a las decisiones de los productores sobre su conservación y protección.

El ordenamiento ambiental del territorio es fundamental para alcanzar el desarrollo sustentable y una distribución más óptima de la población, de sus actividades y de la infraestructura productiva nacional para prevenir daños y pérdidas por eventos extremos. Los ecosistemas naturales pueden reducir la vulnerabilidad de la población a eventos climáticos extremos y fungir como complementos o sustitutos de la inversión en infraestructura que puede tener costos más elevados. Por ejemplo, las plantaciones forestales y los manglares costeros proveen protección contra tormentas, inundaciones, huracanes y tsunamis.

Es recomendable ampliar y precisar los esquemas financieros que incentiven el manejo sustentable de los bosques y reconozcan el valor económico de sus servicios ambientales, incluyendo los hidrológicos y de sumidero de carbono. La región tiene experiencias como el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO) de Costa Rica, el *Protected Areas Conservation Trust* de Belice (PACT), el Programa de Incentivos Forestales (PINFOR) y el Programa de Incentivos para Pequeños Poseedores de Tierras de Vocación Forestal o Agroforestal (PINEP) de Guatemala y el Programa de Certificados de Incentivos Forestales de Panamá. En esta línea se ha propuesto la creación de un Fondo Mesoamericano para el Pago por Servicios Ambientales, cuyo objetivo es contribuir al desarrollo sostenible de la región, fortaleciendo el régimen de cooperación e integración para la gestión ambiental (PNUMA, CCAD y SICA, 2010). Se hace necesario generar conciencia social sobre las funciones de los ecosistemas y su bienestar asociado.

En las políticas nacionales de cambio climático se podría considerar la conveniencia de establecer planes voluntarios de reducción neta de la deforestación a escalas nacional y regional, y financiar estos esfuerzos vía programas orientados a la adaptación, el Mecanismo de desarrollo limpio (MDL), otros mercados de bonos de reducciones de emisiones, mediante pagos por servicios ambientales; establecer metas de conservación ecológica y aprovechamiento sostenible de los ecosistemas terrestres a escalas nacional y regional y considerar la conveniencia de establecer metas territoriales de carbono capturado y almacenado por ecosistemas. Sería conveniente vincular las metas de conservación con las de bienestar de la población, particularmente de la que convive con los ecosistemas, como el uso de estufas de leña eficientes, acceso a la electricidad y pago por servicios ambientales.

## INTRODUCCIÓN

Aunque se estima que Centroamérica seguirá produciendo una mínima parte de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del planeta, ya es una de las regiones más vulnerables a sus consecuencias negativas. Sus vulnerabilidades socioeconómicas históricas se exacerbaban por su ubicación geoclimática en un istmo estrecho entre dos continentes y entre los océanos Pacífico y Atlántico. La región es recurrentemente afectada por sequías, ciclones y el fenómeno El Niño-Oscilación Sur (ENOS). El cambio climático está magnificando estas vulnerabilidades e incidirá cada vez más en la evolución económica de la región, dado que los factores dependientes del clima son decisivos para las actividades productivas, como la agricultura. En términos fiscales, el cambio climático constituye un pasivo público contingente que afectará las finanzas públicas en forma creciente; las cuales ya enfrenta mayores demandas por los impactos de un creciente número de eventos extremos como huracanes, lluvias intensas e inundaciones.

La región contiene valiosos acervos que requieren ser preservados y valorados por su contribución al desarrollo de las generaciones actuales y futuras. Tales son sus ecosistemas y biodiversidad abundante, que proveen múltiples servicios. Estos ecosistemas se están deteriorando por el patrón de desarrollo insostenible y lo serán más por el cambio climático. La población de la región, relativamente joven, con gran diversidad cultural, étnica y de estilos de vida, es un tesoro que requiere mayor reconocimiento e inversión para revalorar y desarrollar sus capacidades de respuesta.

En su cumbre de mayo de 2008, los Presidentes del Sistema de Integración Centroamericana (SICA) acordaron un conjunto de mandatos para sus instituciones nacionales y regionales sobre la respuesta al cambio climático. A partir de entonces, la preocupación por los impactos de este fenómeno se ha mantenido en la agenda regional, y los Presidentes han ratificado y ampliado sus mandatos originales en las cumbres subsiguientes de junio 2010, noviembre 2011 y junio 2012.

En este marco, los Ministros de Ambiente y Hacienda o Finanzas, sus instancias regionales, la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD) y el Consejo de Ministros de Hacienda o Finanzas de Centroamérica, Panamá y República Dominicana (COSEFIN), la Secretaría de Integración Económica de Centroamérica (SIECA) y la Comisión Económica para América latina y el Caribe (CEPAL), han emprendido la iniciativa “La economía del cambio climático en Centroamérica”. Dicha iniciativa busca generar evidencia de la vulnerabilidad de la región al cambio climático, estimar impactos y costos potenciales en diferentes sectores, alertar a los tomadores de decisiones y actores clave de la región sobre la urgencia de enfrentar este reto y propiciar un diálogo sobre opciones de políticas y acciones nacionales y regionales. La iniciativa ha contado con financiamiento del Ministerio para el Desarrollo Internacional del Gobierno Británico (UKAID) y de la Cooperación para el Desarrollo de Dinamarca (DANIDA) y se apoya en un mecanismo de gestión conjunta con los Ministerios de Ambiente y Hacienda o Finanzas. El mecanismo incluye las instancias ministeriales y un Comité Técnico Regional (CTR) con delegados de dichos ministerios, CCAD, COSEFIN y SIECA. Recientemente se han realizado consultas y establecido acuerdos con los

Consejos de Ministros de Agricultura y Salud (CAC y COMISCA) y sus secretarías ejecutivas sobre la agenda de cambio climático en estos dos sectores.

El análisis considera el impacto potencial del cambio climático en Centroamérica en diversos escenarios de desarrollo y trayectorias de emisiones, frente a los costos y beneficios de posibles respuestas de inacción (conocidas como *business as usual*), opciones de reducción de vulnerabilidad, adaptación y transición hacia una economía sostenible baja en carbono. Establece un escenario macroeconómico tendencial sin cambio climático contra el cual se mide el costo del fenómeno. El análisis de impactos es “de abajo hacia arriba” por sectores y ámbitos como agricultura, recursos hídricos, eventos extremos y servicios ecosistémicos, los cuales son valorizados en función del PIB. Se exploran ampliamente los retos y opciones de adaptación y desarrollo de economías bajas en carbono por sectores también. Los escenarios futuros son estimados al año 2100, con cortes los años 2020, 2030, 2050 y 2070. Para las opciones de mitigación se adopta un marco temporal hacia el año 2030 con cortes a 2010 y 2020 por la incertidumbre sobre cambios tecnológicos. Por tratarse de escenarios a largo plazo que integran diversas “capas” de análisis con incertidumbres y dificultades metodológicas, los resultados deben interpretarse como tendencias y magnitudes relativas, no como predicciones ni como magnitudes exactas.

Los primeros resultados sugieren que los impactos del cambio climático en Centroamérica en un escenario más pesimista de emisiones crecientes e inacción global (llamado A2 por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) son significativos y crecientes, con cierta heterogeneidad entre los países. Se confirma la asimetría de que los países desarrollados que han contaminado más sufren menos impactos y tienen recursos para adaptarse. En cambio, los países que menos contribuyen al problema sufren mayores impactos y tienen menos resiliencia. Se confirma también que los costos de los impactos en un escenario de inacción global, particularmente de los países emisores grandes, serían más elevados que los de un escenario con un acuerdo internacional equitativo e incluyente que lograra reducir significativamente las emisiones. Tendría que ser un acuerdo con responsabilidades compartidas y diferenciadas entre los países, que facilite a los países altamente vulnerables, como los de Centroamérica, avanzar con medidas de adaptación y mitigación en un marco de desarrollo sostenible e incluyente.

Desde la óptica económica es más rentable actuar ahora que dejar el problema a las generaciones futuras, además de las consideraciones éticas de esta posición. Los resultados de la investigación demuestran que el valor presente del costo de los impactos del cambio climático resultará demasiado alto a la postre si no tomamos medidas ambiciosas e inmediatas. Se confirma también que el cambio climático es el mayor fracaso del mercado jamás visto por no internalizar el valor del clima como bien público global y no registrar adecuadamente sus impactos en la sociedad y en los servicios ambientales. Esto implica que, más allá de la valoración económica, se requiere tomar decisiones éticas respecto a la inequidad entre generaciones y a cómo valorar las necesidades de las generaciones futuras y de los ecosistemas, los cuales nos prestan múltiples servicios ambientales que perderemos antes de que el mercado incentive su manejo adecuado. Se concluye también que el cambio climático no puede ser tratado como responsabilidad exclusiva de las instituciones ambientales, sino como problema económico central y transversal con serias implicaciones fiscales.

El reto de adaptación de Centroamérica exige redoblar esfuerzos para reducir la pobreza, la desigualdad, la vulnerabilidad socioeconómica y ambiental, y aumentar la capacidad adaptativa de las sociedades, poblaciones específicas y ecosistemas conexos. Debe admitirse asimismo que habrá

límites a la adaptación, con pérdidas y daños no reparables aún si hubiera financiamiento abundante, sobre todo en el escenario de inacción con una economía mundial alta en carbono.

Las sociedades centroamericanas necesitan evitar estrategias *ad hoc* de lógica inercial que podrían resolver urgencias pero profundizarían los riesgos. En esta lógica, el cambio climático puede considerarse importante pero no atendible a fondo dadas las restricciones presupuestarias profundizadas por la actual recesión global y la presión de las urgencias sociales y económicas que podrían enfrentarse convencionalmente. Además, en las negociaciones internacionales hay una tendencia a separar las medidas de adaptación de las de mitigación. Esta solución puede ser impráctica para países con recursos fiscales y de inversión limitados.

Más recomendable sería lograr acuerdos nacionales, regionales e internacionales para impulsar **estrategias adaptativas incluyentes y sustentables** que integren las acciones de reducción de vulnerabilidad y de pobreza con las de adaptación y transición a economías más sostenibles y bajas en carbono. Esto incluye acciones de interés para la agenda de desarrollo sostenible e incluyente que pueden generar cobeneficios de reducción de emisiones, como la protección o restauración de bosques y la eficiencia energética e hídrica. En este escenario, la actual recesión económica global y los riesgos de cambio climático serían convertidos en oportunidad para revisar a profundidad la especialización productiva de las economías. Esto incluiría sus formas de inserción en los mercados regional y global, los vínculos entre sus patrones energéticos y las externalidades negativas por emisiones contaminantes, pérdidas de salud pública y de cosechas, debilidades de la infraestructura rural y urbana, degradación de ecosistemas y pérdida de sus servicios.

Las sociedades centroamericanas necesitan volverse gestoras audaces del recurso hídrico, asegurando su uso sostenible y eficiente para beneficio de la población y la producción. Blindar la seguridad alimentaria ante el cambio climático, particularmente los granos básicos, y transitar hacia una agricultura más sostenible es un reto enorme pero impostergable para proteger a la población pobre del campo y la ciudad. La protección de los ecosistemas naturales y su biodiversidad (bosques, sistemas montañosos y fluviales, zonas costero-marinas, corales y manglares) es vital para mantener sus múltiples servicios a la población humana y otros seres vivos. Un elemento esencial de adaptación al cambio climático y transición a economías bajas en carbono es el cambio tecnológico, entendido como acceso a tecnologías modernas y rescate de conocimientos y tecnologías tradicionales locales, particularmente de los pueblos indígenas y comunidades campesinas. La región ha desarrollado una gran dependencia de fuentes energéticas importadas y de origen fósil altamente contaminantes. El tránsito a una matriz energética de fuentes renovables locales mejoraría su seguridad energética, ahorraría divisas y reduciría los impactos negativos de los combustibles fósiles. Las ventajas y desventajas de las diversas opciones pueden variar entre países y dependen de acuerdos internacionales aún por establecerse. Debido a este contexto variable e incierto, la iniciativa busca proporcionar un análisis amplio, no necesariamente vinculado a la posición de países en particular.

Con el propósito de discutir, divulgar y aprovechar los resultados de esta iniciativa en la formulación de políticas nacionales y estrategias regionales, se publicaron los documentos *Síntesis 2010* y *Reporte técnico 2011*, los cuales se han presentado en casi veinte eventos nacionales y regionales con la participación de aproximadamente 800 funcionarios públicos, representantes de organizaciones no gubernamentales, de gremios, sector privado, universidades y otros centros de investigación. En coordinación con los Ministros de Ambiente, los resultados han sido presentados en las últimas tres Conferencias de las Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP's 15, 16 y 17), en eventos "paralelos" organizados por los Ministros de

Ambiente, la CEPAL y otras agencias internacionales. Los resultados han servido de insumo para capacitar los comités nacionales de cambio climático y equipos de negociadores. Los análisis técnicos fueron incluidos en la Estrategia Regional de Cambio Climático, aprobada por los Ministros de Ambiente en 2010 y utilizados en la preparación de proyectos de financiamiento internacional y la discusión de diversas políticas nacionales.

En función de estos avances, los socios de la iniciativa acordaron avanzar en la generación de evidencia que apoye la formulación de políticas de adaptación, tomando en cuenta las necesidades específicas de los países y sectores. Se ha dedicado atención a los análisis desagregados sectoriales, espaciales y temporales, con énfasis en las tendencias climáticas de las últimas décadas y escenarios de las próximas. Así, la iniciativa ha analizado las tendencias del clima en las últimas décadas, escenarios futuros a escala departamental y por patrones intraanuales, cambios potenciales en indicadores de aridez e impactos potenciales en generación de hidroelectricidad en Guatemala y El Salvador.

Con los Ministerios de Salud y el Consejo de Ministros de Salud de Centroamérica y República Dominicana (COMISCA), la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y varias instituciones expertas, se ha acordado desarrollar la iniciativa “Salud y cambio climático” para analizar el impacto potencial del cambio climático en las enfermedades sensibles al clima. Como primer paso se ha preparado un análisis del estado actual de conocimiento sobre la relación del clima y la incidencia de enfermedades como malaria, dengue y enfermedades respiratorias, entre otras.

La iniciativa desarrolla un análisis de tendencias históricas y sostenibilidad fiscal con los Ministerios de Finanzas o Hacienda de la región. Incluye dos cursos técnicos para funcionarios de los ministerios y un foro técnico. Apoya también a los Ministerios de Energía con asesoría para una propuesta de mayor integración de la respuesta al cambio climático en la Estrategia Regional Energética Sustentable Centroamericana 2020; prepara un análisis de variabilidad climática sobre la base de las series históricas de estaciones meteorológicas de la región para los Ministerios de Ambiente; y está preparando una agenda de trabajo técnico con los Ministerios de Agricultura y el Consejo Agropecuario Centroamericano (CAC).

Para apoyar la divulgación y discusión de los nuevos resultados se publica esta Serie técnica 2012, incluyendo esta publicación sobre impactos potenciales del cambio climático en ecosistemas. Estos estudios contaron con la participación de diversos equipos de expertos coordinados por la Unidad Coordinadora de la CEPAL y fueron revisados y aprobados por el Comité Técnico Regional (CTR) de la ECCCA.

Centroamérica tiene gran diversidad de ecosistemas, incluyendo sus bosques tropicales. En 2005, éstos cubrían aproximadamente 45% del territorio de la región y contenían alrededor de 7% de la biodiversidad del planeta (CEPAL/CCAD/SICA/UKAID/DANIDA, 2011; INBio, 2004). Los bosques tropicales son los más ricos en biodiversidad y biomasa porque la energía del sol ecuatorial hace proliferar la vida en medio de abundantes nutrientes. Cada parte del bosque contribuye a sostener la vida. La tierra está poblada de innumerables cantidades de microbios, insectos y hongos esenciales para el reciclaje de materia orgánica y la supervivencia de las especies. Los ecosistemas cumplen una función en la regulación del clima ya que ayudan a mantener la composición gaseosa de la atmósfera. (Salzman, 1998). Como sumideros de carbono, los bosques secuestran el CO<sub>2</sub> de la atmósfera y, por lo tanto, mitigan el efecto invernadero a nivel mundial. Los ecosistemas regulan el clima regional y local directamente a través de su participación en el ciclo hidrológico. El agua absorbida por las plantas a través de las raíces se evapora a través de las hojas. En consecuencia, la

temperatura del aire y la humedad pueden cambiar si el cambio climático afecta esta contribución de los ecosistemas.

Centroamérica cuenta con este activo, un verdadero tesoro, el cual proporciona múltiples productos y servicios, compensa hasta cierto punto el limitado acceso vía el mercado de la población de bajos ingresos a bienes básicos y proporciona protección ante desastres como inundaciones y oleadas. En muchas zonas existe una relación estrecha entre los bosques y los pueblos indígenas, no sólo en sus actividades productivas, sino en su identidad, cultura e historia.

Por desgracia, estos bosques son muy frágiles. La evidencia disponible indica que la influencia de las actividades humanas en los ecosistemas es significativa, modificando su disponibilidad, estructura y comportamientos sistémicos (Millenium Ecosystem Assessment, 2005). Junto con sus reservas de plantas y animales, los bosques del mundo están amenazados como nunca antes. Se estima que entre 2000 y 2010, 13 millones de hectáreas de bosque fueron convertidas cada año a otros usos o se perdieron por causas naturales en el mundo (FAO, 2010). No todos los bosques afectados han desaparecido por completo. Muchos han sido fraccionados por las carreteras y el desarrollo humano, cambios que amenazan la salud y la supervivencia de las plantas y los animales nativos.

En la actualidad hay gran cantidad de especies y ecosistemas amenazados. Su capacidad de recuperación natural, sin influencia humana, no parece una opción viable ya que su resiliencia se ha reducido notablemente en los últimas décadas (IPCC, 2007). Asimismo, la mayoría de los impactos del cambio climático tienden a intensificar las tendencias degradantes (IPCC, 2007, Parmesan y Yohe, 2003). Así resulta difícil identificar y aislar los efectos particulares del cambio climático sobre los ecosistemas; se sugiere incluso que estos impactos pueden tener un efecto más que proporcional al sumarse al resto de los factores que ya inciden negativamente.

Aún sin cambio climático, estas presiones probablemente aumentarán por lo menos hasta que la población humana se estabilice alrededor de 2070 y hasta transitar a una economía más eficiente en el uso de los recursos naturales y menos contaminante. Al mismo tiempo, el aumento de eventos extremos registrados en las últimas décadas, especialmente los hidrometeorológicos como las sequías, los huracanes y las inundaciones, a menudo empeora la destrucción de los ecosistemas en las zonas afectadas. Por ejemplo, el huracán Félix afectó una extensa zona boscosa en la Región Autónoma del Atlántico Norte de Nicaragua en 2007 (CEPAL/CCAD/SICA/UKAID/DANIDA, 2011).

En este contexto, el cambio climático emerge como un gran riesgo adicional al aumentar la temperatura, modificar los patrones de precipitación y probablemente reducir su volumen a mediano plazo. Es probable también que la humedad se reduzca y que el alza de temperatura de la superficie marina aumente la destructividad de huracanes y tormentas tropicales.

La literatura especializada ha identificado posibles impactos del cambio climático en los ecosistemas naturales: cambios en los patrones de evaporación, alteración de la cobertura nubosa a nivel de la vegetación, perturbación de los ecosistemas de montaña, disminución de los pisos tropical y montano y aumento del piso premontano, aparición del bosque muy seco tropical y del bosque seco premontano. Podrían ocurrir también pérdidas de hábitat por la mayor incidencia de incendios forestales, sequías, inundaciones y cambios en los sedimentos del suelo en tierras bajas. En consecuencia pueden propagarse especies invasoras y nuevos vectores de enfermedades. Estos impactos potenciales se ilustran en una muestra de literatura en el cuadro 1.

**CUADRO I**  
**CENTROAMÉRICA: REVISIÓN DE LITERATURA DE IMPACTOS POTENCIALES DEL CAMBIO CLIMÁTICO**  
**EN LOS ECOSISTEMAS**

Impactos	Región- País	Referencias
Plagas y enfermedades en el sector forestal generadas por el cambio del clima en América Latina	América Latina	EFE, 2010
Aumento de los niveles de contaminación en los ecosistemas acuáticos en general por disminución de los flujos base con implicaciones de salud pública y estéticas.	Centroamérica	Campos M. (s/f)
Entre los impactos críticos en América Central se incluyen decoloración de corales, erosión costera, intrusión de agua salada, pérdida de hábitats, mayor incidencia de incendios forestales e inundaciones, con los cambios resultantes en la distribución geográfica de las especies, propagación de impactos de especies invasoras y nuevos vectores de enfermedades, entre otros.	Centroamérica	Giroto (2008)
Pérdida significativa de hábitats y extinción de especies en áreas tropicales, incluidos los bosques tropicales, debido a mayores temperaturas y agotamiento de aguas subterráneas con efectos sobre las comunidades indígenas.	Centroamérica	IPCC (2007a y 2007b)
La deforestación tropical continúa y los cambios de uso del suelo tropical contribuyen a la emisión de gases de efecto invernadero, reducen la capacidad de los bosques para regular los climas y ponen en peligro a las numerosas especies de los bosques lluviosos tropicales.	Centroamérica	Davies S. (2008)
Las alteraciones de la cobertura nubosa a nivel de la vegetación alterarán seriamente los ecosistemas de montaña.	Costa Rica	Karmalkar y otros (2008)
Cambios en la distribución de las zonas de vida de los bosques tropicales.	Costa Rica	Enquist (2002)
Para el año 2080 se prevén cambios en el número y tipo de zonas de vida con respecto al mapa actual, como producto del desplazamiento del bosque pluvial montano, montano bajo y premontano, del páramo pluvial subalpino, del bosque muy húmedo tropical y de la aparición del bosque muy seco tropical y del bosque seco premontano.	Costa Rica	Jiménez (2009)
Ateración de los climas tropicales de montaña por las crecientes temperaturas de la superficie del mar.	Costa Rica	Pounds y otros (1999)
El cambio climático alterará los regímenes de precipitación y evaporación locales. Los recursos hídricos y las reservas de agua dulce almacenada, principalmente en la capa freática, mermarán, constantemente, provocando sequías. La reducción del suministro de agua entrañará mayores presiones para la población, la agricultura y el medio ambiente. La lixiviación y la absorción de agua salada por los mantos freáticos imposibilitará su utilización para usos domésticos y agrícolas.	El Salvador	MARN (2000)
Las variaciones de temperatura, los patrones de precipitación y la mayor intensidad y frecuencias de eventos extremos pueden provocar alternaciones en la cobertura vegetal de los biomas.	El Salvador	Cigarán, Gutiérrez y Gallo (2009)
Cambios hidrológicos en la región Neotropical, en los sedimentos del suelo de las tierras bajas de Centroamérica y en el lago de Petén Itzá durante los periodos de cambios climáticos.	Guatemala	Hodell y otros (2008)
Los árboles están creciendo menos y produciendo más dióxido de carbono (aumento de la respiración) por el aumento de la temperatura, que dificulta el proceso de fotosíntesis.	Costa Rica	Clark (2004)
El calentamiento ha provocado cambios en la distribución y abundancia de especies en los bosques altos Monteverde. El aumento de la temperatura del aire ha disminuido las poblaciones de veinte especies de ranas y sapos de un total de cincuenta.	Costa Rica	J. A. Pounds, Fogden y Campbell (1999)
En la cordillera aumenta la elevación de los hábitats de aves en la vertiente del Pacífico, mientras la niebla disminuye de la estación seca en el borde de sotavento del bosque nuboso de Monteverde. Estos cambios se han atribuido a un aumento de altura de la base del banco de nubes orográficas. La frecuencia de los periodos sin niebla en la estación seca se relaciona con el aumento de la temperatura superficial del Océano Pacífico.	Costa Rica	Lawton y otros (2001)
Las especies del bosque tropical muy húmedo se verán obligadas a adaptarse o a desplazarse.	Costa Rica	MINAET y otros (1999)
Cambios en las tasas de crecimiento de 24% a 71% de las especies de árboles en la Isla Barro Colorado, Panamá, asociados a cambios de la precipitación anual y de la media de insolación relativa.	Panamá	Feeley y otros (2007)
Para 2080 casi todos los ecosistemas y especies estarán fuera de su zona de confort, lo que puede implicar migración latitudinal de algunas especies.	Centroamérica	Anderson y otros (2008)
Disminución de los pisos tropical y montano y aumento del piso premontano en las zonas de vida. Las zonas de vida de bosques pluviales en los cuatro pisos también disminuyen. Disminuirán los bosques secos, húmedos y muy húmedos tropicales y los bosques húmedos y muy húmedos premontanos.	Costa Rica	MINAET y otros (1999)
En una simulación de tres escenarios hasta al año 2100 en Nicaragua, aproximadamente un 72% del territorio nacional experimentaría cambios en sus zonas de vida.	Nicaragua	MARENA (2001)
Las tierras bajas tropicales experimentarán una reducción de especies, cambiando a comunidades de plantas tolerantes al calor.	Costa Rica	Williams, Jackson y Kutzbach, (2007)

Fuente: Elaboración propia.

Otra vertiente del análisis busca evaluar el impacto directo del cambio climático en la biodiversidad. Entre los estudios realizados se pueden mencionar tres que abarcan toda la región con diferentes métodos. El estudio “Impactos potenciales del cambio climático en la biodiversidad de Centroamérica, México y República Dominicana” (CATHALAC y USAID, 2008) hace un análisis georeferenciado de la riqueza de especies de la región. Para el análisis climático utiliza datos climatológicos y escenarios de alta resolución de SERVIR, PRECIS y WorldClim con tres modelos y los escenarios B2 y A2. Con estos datos se construye un Índice de Severidad del Cambio Climático (CCSI, por sus siglas en inglés), que mide la distancia del desplazamiento de la zona de confort natural de las especies. De acuerdo con este análisis, bajo el escenario A2, en la década de 2020, las costas del Caribe, desde Honduras a Panamá y República Dominicana, ricas en biodiversidad, se verán significativamente afectadas por el cambio climático. En la década de 2080, todos los ecosistemas y las especies de Centroamérica y la República Dominicana podrían quedar fuera de su zona de confort natural. El análisis indica también que muchos ecosistemas y especies con mayor probabilidad de ser afectados por el cambio climático están dentro de las áreas protegidas.

El estudio “Estado actual y futuro de la biodiversidad en Centroamérica” fue elaborado por el Programa estratégico de monitoreo y evaluación de la biodiversidad de la CCAD, radicado en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano (PROMEBO, 2010). Su modelación está basada en la metodología GLOBIO3 (*Global Biodiversity Model*), desarrollada por la Agencia de Evaluación Ambiental Holandesa y PNUMA. Considera los factores de presión humana sobre la biodiversidad: uso de suelos, infraestructura, fragmentación de áreas naturales, cambio climático y deposición de nitrógeno. El análisis genera un indicador de la Abundancia Media de Especies (MSA por sus siglas en inglés), que mide la abundancia remanente de la abundancia original. El índice arrojó pérdidas por un 52% y un remanente del 48%. La contribución del cambio climático a la pérdida de biodiversidad fue del 2.5% frente a la contribución de cambio de uso de suelo del 34%. En los escenarios a 2030, el MSA cae entre 43% y 41% en tres escenarios de desarrollo. La contribución del cambio climático aumentó en los tres casos aproximadamente un 4%.

Los estudios basados en el registro de especies tienen que hacer un estimado del total de especies existentes, pues no todas han sido identificadas. Considerando los estudios previos basados en el método de riqueza de especies en Centroamérica, la iniciativa ECCCA optó por otro enfoque. Este estudio sobre biodiversidad y cambio climático (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011) utiliza un Índice de Biodiversidad Potencial (IBP), el cual integra variables climáticas y territoriales e indica la mayor probabilidad de encontrar más biodiversidad en un territorio. Las variables son superficie total, superficie con ecosistemas no urbanos y no agropecuarios, latitud, curvas de nivel, temperatura, precipitación y disponibilidad de agua. Así, los territorios con mayor número de curvas de nivel presentan la posibilidad de mayor número de ecosistemas que en territorios con menos curvas de nivel. A temperaturas más altas, mayor actividad biológica, como lo muestra la mayor biodiversidad y concentración de selvas a lo largo del Ecuador.

Con los resultados de las proyecciones de temperatura y precipitación de los modelos de circulación general HADCM3 y HADGEM1 para los escenarios B2 y A2 respectivamente, se observa que el IBP se reducirá significativamente en todos los países, más en el escenario A2, donde el incremento de temperatura y la disminución de precipitación son mayores. A nivel regional, la simulación estima una reducción del índice en más de 13% solamente con cambio de uso de tierra (CUT), comparado con una pérdida de 18% (en CUT y B2) y 36% (en CUT y A2) al 2050. Para el 2100 la disminución alcanzaría un 33% y un 58% con los dos escenarios de cambio climático. La reducción estimada de la biodiversidad potencial a 2100 por país en el escenario B2 va desde un 50% en

Nicaragua a aproximadamente un 22% en Belice. En el escenario A2 las reducciones son entre el 70% y el 75% para Guatemala, Nicaragua, El Salvador y Honduras, y entre el 38% y el 43% para los tres países restantes.

Los potenciales impactos en los ecosistemas no solo vendrían directamente del cambio climático, sino también de la reacción de la población humana a él. Por ejemplo, si los rendimientos de granos básicos y otros productos disminuyen, la presión para expandir la superficie agrícola a costa de los bosques aumentará. Las medidas de los actores económicos deberían orientarse a reducir estas presiones y facilitar la adaptación de los ecosistemas al cambio climático, pero es difícil suponer que lo harán sin antes establecer políticas públicas, incentivos económicos, y acuerdos multisectoriales orientados a la sostenibilidad.

En las negociaciones internacionales de cambio climático, los bosques están en el centro de varios debates técnicos y políticos, no solamente por la deforestación y degradación, su relación con las emisiones de gases de efectos invernaderos (GEI) y su efecto sumidero de carbono, sino por su gran importancia en los medios de vida y culturas de poblaciones rurales y comunidades indígenas y en esfuerzos de mejorar la sostenibilidad de actividades económicas, como la agricultura y la generación hidroeléctrica. Por lo mismo, es importante avanzar en el análisis de los impactos del cambio climático sobre ellos, sus necesidades de adaptación y su vital papel en la adaptación de las sociedades.

Además de las amenazas de la deforestación, la degradación y el cambio climático, los esfuerzos de proteger los bosques enfrentan un tercer reto. El incuestionable valor económico de los bosques como proveedores de bienes y servicios para la sociedad no se refleja en los precios de mercado y en muchos casos no se refleja en absoluto. Cuando un actor económico destruye o contamina un ecosistema, se genera una externalidad negativa que no se contabiliza como pérdida económica. Dada esta situación, no se puede esperar que estos servicios sean incorporados al mercado a tiempo para incentivar decisiones correctas de uso y preservación. Las señales de la productividad agrícola, disponibilidad de agua y otras llegarán cuando los activos se hayan agotado, lo que ocurrirá aun sin cambio climático.

En las últimas décadas ha habido importantes esfuerzos por mejorar nuestra comprensión del aporte de los ecosistemas y estimar su valor económico. Varios países de la región han establecido sistemas de pago por servicios ambientales y las Áreas Naturales Protegidas suman más de 550. Se han desarrollado estudios importantes sobre los riesgos del cambio climático, en particular sobre los bosques y su biodiversidad. Se ha progresado con métodos para estimar las pérdidas ambientales por impactos de eventos extremos. Estos costos han sido estimados en catorce evaluaciones de eventos mayores en Centroamérica en las últimas décadas. Y en 2011, los Ministros de Ambiente acordaron robustecer la metodología de estas evaluaciones.

También es importante valorar los ecosistemas en forma extramercado, considerando los conocimientos científicos y los valores culturales relacionados. Esta forma de valorización también contribuye a motivar medidas precautorias ante el hecho de que el mercado no envía las señales correctas. Los análisis de valoración económica son útiles pero tienen limitaciones porque no siempre es fácil asignar valor monetario a determinados servicios, especialmente los valores intrínsecos invaluable, como los culturales y de regulación y existencia. El reto de una apropiada valoración de los ecosistemas, en un sentido amplio, se vuelve más urgente por la amenaza de cambio climático.

En el marco de estos tres retos, el presente estudio tiene el objetivo de desarrollar escenarios de la distribución geográfica potencial de los ecosistemas boscosos de Centroamérica en el futuro. En primera instancia, se estima la pérdida de área disponible a estos ecosistemas provocada por la presión humana sin el cambio climático, utilizando un escenario de cambio de uso de tierra a 2100 preparado por expertos de Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) para la iniciativa La economía de cambio climático en Centroamérica. (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011) Este escenario estima que la superficie dedicada a actividades agrícolas aumentaría en aproximadamente 30% durante este siglo, afectando a la extensión de bosques y de pastizales, sabanas y arbustales con reducciones de 33% y 83% respectivamente. Estos cambios ocurrirían principalmente en las próximas cuatro décadas.

En el trabajo también se evalúa y contrasta el impacto potencial de dos escenarios de cambio climático en las condiciones que favorece diferentes tipos de bosques, considerando su extensión y ubicación geográfica. Las estimaciones tienen diferentes cortes temporales con un escenario de cambio climático menos pesimista (B2) y otro más pesimista (A2), dos de los escenarios preparados por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés).

El escenario más pesimista (llamado A2) proyecta un aumento continuo de las emisiones globales de GEI, resultando en un mayor incremento de la temperatura y una disminución sustancial de la lluvia en la mayor parte de Centroamérica, salvo en regiones de Costa Rica y Panamá. Los supuestos básicos de este escenario son una población mundial creciente con los patrones de fertilidad humana de las regiones convergen lentamente, y el desarrollo económico está enfocado a nivel regional, mientras el crecimiento económico *per cápita* y el cambio tecnológico evolucionan en forma lenta y fragmentada. Éste escenario donde no se logre reducir la trayectoria incremental de emisiones de GEI a nivel global, advierte altos riesgos para la región.

El escenario menos pesimista (llamado B2) prevé una disminución menor de la lluvia en la mayor parte de la región y un incremento menor de la temperatura basado en una trayectoria de emisiones de GEI menor que la del escenario A2. Sus supuestos básicos son un modelo de desarrollo orientado a soluciones económicas, sociales y ambientales locales, la población mundial crece a tasas menores que en A2 y el desarrollo económico es moderado. La materialización de este escenario probablemente requerirá un acuerdo y acciones internacionales para reducir substancialmente las emisiones globales de GEI a corto plazo.

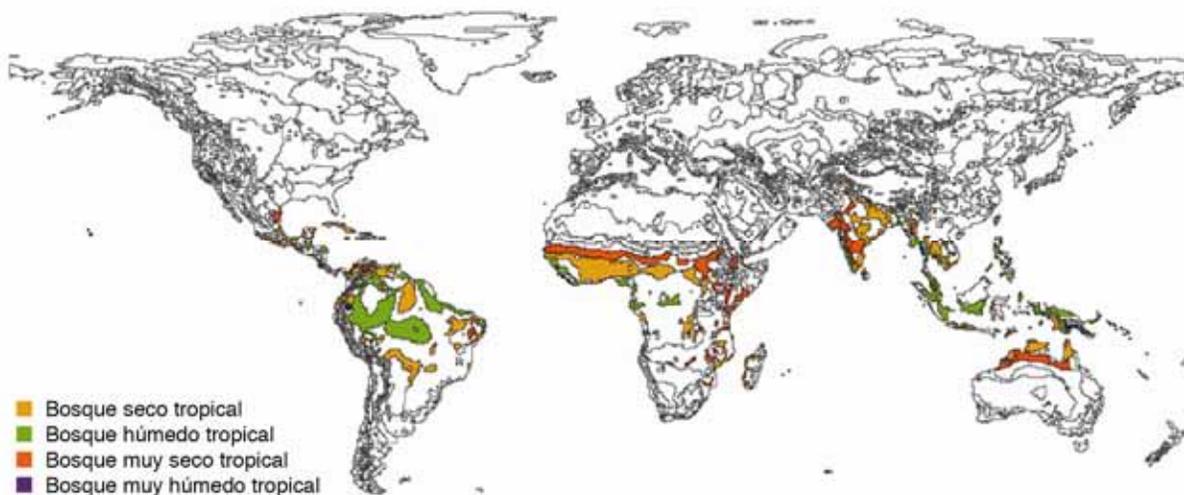
La segunda parte de este estudio continúa el esfuerzo de la iniciativa ECCCA de sistematizar la información disponible sobre la valorización económica de ecosistemas y su biodiversidad para estimar valores actuales y pérdidas futuras atribuibles al cambio climático (véase Capítulo 6, CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011). En este estudio se utiliza la técnica del metanálisis para establecer valores económicos estimados de los bosques tropicales. Consiste en un análisis estadístico de los estudios empíricos disponibles y de sus características comunes y diferencias para obtener una visión integrada de tendencias en la valorización que no siempre son captadas por cada estudio específico. El metanálisis adapta la información original y permite aplicarla a otros contextos ante la escasez de estudios de la región. El estimador del efecto combinado es una media ponderada de los valores identificados en cada estudio. Se dio mayor peso a los estudios desarrollados en la región y menor a los de otras regiones del mundo.

El documento termina con conclusiones y recomendaciones sobre la agenda de cambio climático respecto a los ecosistemas de la región y un anexo con el metanálisis realizado por cada zona de vida.

# I. ZONAS DE VIDA DE CENTROAMÉRICA CIRCA 2005

Numerosos estudios ecológicos han demostrado que la vida de las plantas es sensible a parámetros ambientales como temperatura, precipitación y el clima en general (Holdridge y otros, 1971). Los bosques y tierras forestales del mundo han cambiado a lo largo de los milenios con los cambios del clima y la geología. Los bosques se clasifican en varios grupos, entre ellos los de zonas templadas y los de zonas tropicales. No todos los bosques tropicales se localizan en los trópicos; algunos se localizan en climas más fríos. Pero la mayoría crece cerca del ecuador, donde los niveles de temperatura y luz son más o menos constantes todo el año. En las zonas donde la lluvia se distribuye uniformemente durante el año, hay bosques pluviales tropicales; en las zonas con niveles de precipitación variables y una estación seca pronunciada crecen los bosques húmedos tropicales; en las zonas menos húmedas crecen los bosques secos y las sabanas. De acuerdo con el mapa de distribución de las Zonas de Vida de Holdridge (ZVH), elaborado por el Instituto de Sistemas y Análisis Aplicado de Laxemburg, Austria (mapa 1), las ZVH con bosque tropical se localizan principalmente en Centroamérica, el norte de América del Sur, África y Asia.

**MAPA I**  
**MUNDO: DISTRIBUCIÓN DE LAS ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE DE BOSQUES TROPICALES**



Fuente: International Institute for Applied Systems Analysis (1989).

El concepto zona de vida fue desarrollado por Merriam (1889) para describir áreas con comunidades de plantas y animales similares. En este sentido, las zonas de vida son entendidas

como “zonas con condiciones climáticas adecuadas para un ecosistema dado” (Locatelli & Imbach, 2010). Las Zonas de Vida de Holdridge (ZVH) describen las condiciones climáticas del funcionamiento de los ecosistemas. Una ZVH es un grupo de asociaciones vegetales dentro de una división natural del clima, según sus condiciones edáficas y etapas de sucesión, con fisonomía similar en cualquier parte del mundo. Tales asociaciones definen un ámbito de condiciones ambientales que, junto con los seres vivos, forman un conjunto único de fisonomía vegetal y actividad animal. Se pueden identificar muchas combinaciones, pero las asociaciones se agrupan en cuatro clases básicas: climáticas, edáficas, atmosféricas e hídricas. La clasificación ZVH proporciona una base lógica para la definición de los ecosistemas locales en un marco comparable.

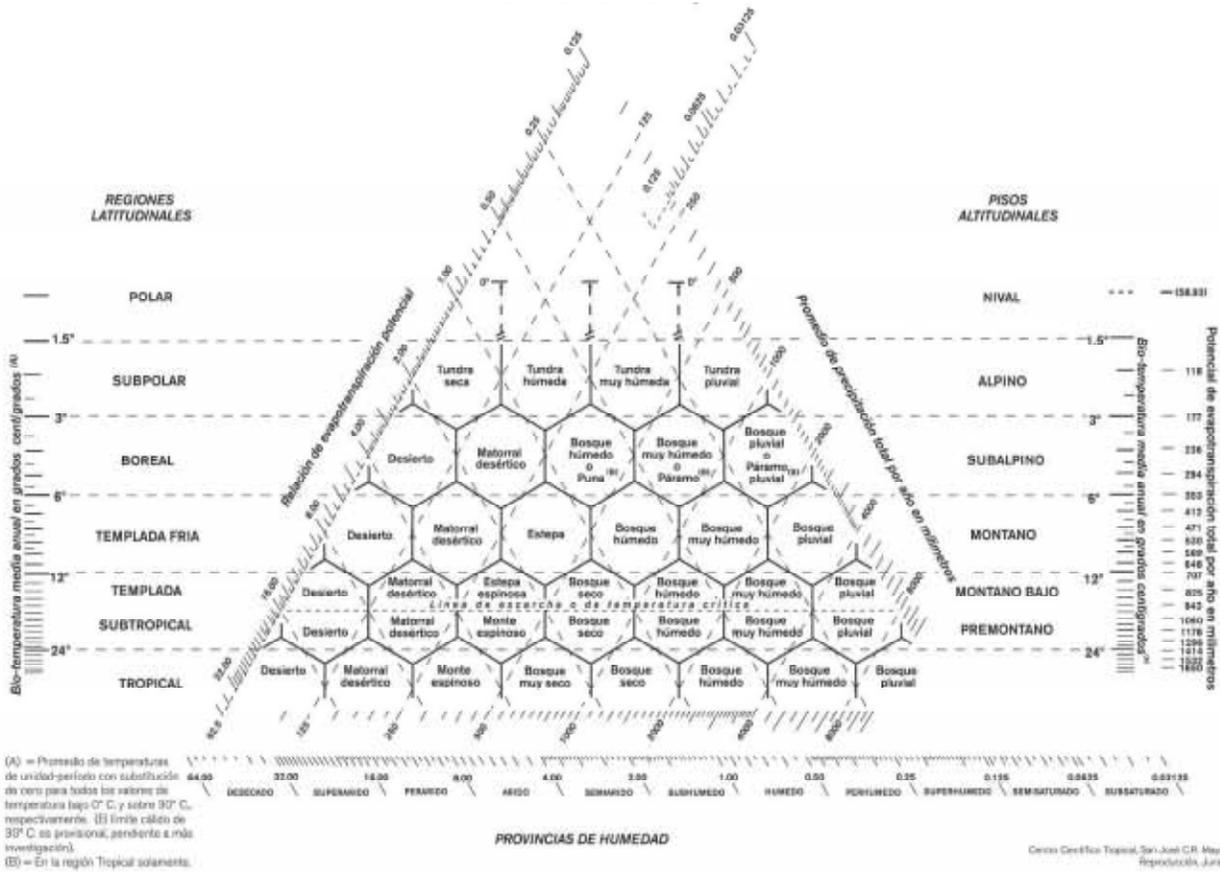
El cálculo de este estudio de las zonas de vida de Centroamérica fue realizado según los criterios de Holdridge (1947), utilizando el escenario de cambio de uso de tierra (CUT) para 2005 y sus proyecciones a 2100, en particular el uso que abarca cobertura natural (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011). En este estudio se agrupan los usos de tierra en tres categorías: cobertura natural (bosques, pastizales naturales, manglares, humedales y páramos), uso agropecuario (pastos cultivados y cultivos en general) y suelos desnudos (suelo desnudo, zonas con escasa vegetación y zonas urbanas). Se calcularon las demandas de uso de tierra a partir de los mapas de cobertura disponibles en cada país, desde 1992 (Costa Rica) hasta 2006 (Nicaragua y Honduras). En el año 2005, el 41% de la tierra de la región estaba dedicada al uso agropecuario, 43% era de bosque, 12% de sabanas, arbustales y pastizales naturales, 0,5% de uso urbano y casi 4% de otros usos.<sup>1</sup>

El estudio de los impactos del cambio climático en los ecosistemas comienza con la representación de los ecosistemas de la región con el método ZVH. Las ZVH son unidades de análisis o de agrupamiento de la vegetación, definidas con criterios de temperatura, precipitación y elevación (Holdridge, 1947), como se muestra en el diagrama 1. Los cambios del clima y su impacto en los ecosistemas pueden provocar el desplazamiento de las zonas de vida. La capacidad adaptativa de los ecosistemas también está asociada a la capacidad de migración de las especies, y esta última depende de la configuración del paisaje. En este sentido, “la fragmentación del paisaje puede reducir la capacidad de migración, modificando las tasas de dispersión de semillas o reduciendo los hábitats adecuados para una colonización exitosa” (Locatelli e Imbach, 2010). Para especificar las condiciones de clima del año base se utilizaron los datos de WorldClim (Hijmans y otros, 2005) correspondientes al promedio de los valores de precipitación y temperatura mensual del período 1950 a 2000.

---

<sup>1</sup> Para más información sobre los escenarios de CUT, véase capítulo 3 en CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA (2011).

**DIAGRAMA I  
CLASIFICACIÓN DE ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE**



Fuente: Centro Científico Tropical, San José, Costa Rica (2000).

En el cuadro 2 y el mapa 2 se muestran los cálculos de la superficie de las zonas de vida en Centroamérica según los criterios mencionados. En 2005 Centroamérica poseía una cobertura natural aproximada de 28,5 millones de hectáreas. De acuerdo con la clasificación ZVH, la región tiene seis zonas de vida principales, las cuales tienen en común ser bosques tropicales con diferentes niveles de altitud y provincias de humedad.

Las zonas de vida más extensas son el bosque húmedo tropical (12,6 millones de hectáreas) y el bosque húmedo montano bajo tropical (5,8 millones de hectáreas). Juntas representan cerca del 65% de la cobertura natural de la región. Se puede apreciar que el bosque húmedo tropical crece en mayor proporción en la costa Atlántico, la costa Pacífico de Costa Rica y el Departamento El Petén de Guatemala. El bosque húmedo montano bajo tropical predomina en la región centro de Honduras, Nicaragua y Belice y en la región centro, el Altiplano Occidental y una pequeña parte de El Petén en Guatemala.

Las zonas de bosque seco tropical, bosque muy húmedo montano bajo tropical y bosque muy húmedo tropical representan el 29% de la superficie con cobertura natural de la región. El bosque seco tropical crece principalmente en la costa Pacífico de Nicaragua, El Salvador y Guatemala y en la región norte de El Petén en Guatemala y Belice. En la región centro de Costa Rica, Panamá y Guatemala se observan características del bosque muy húmedo montano bajo tropical. El bosque muy húmedo tropical se observa principalmente en la costa Atlántico de los departamentos de

Región Autónoma de Atlántico Sur y Río San Juan en Nicaragua y una pequeña fracción del Altiplano Occidental Guatemalteco.

**CUADRO 2**  
**CENTROAMÉRICA: SUPERFICIE DE ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE POR PAIS, 2005**  
(En miles de hectáreas)

Zona de vida	Belice	Costa Rica	El Salvador	Guatemala	Honduras	Nicaragua	Panamá	Centroamérica
Bosque muy seco tropical	-	-	-	38,9	-	-	-	38,9
Bosque muy seco montano bajo tropical	-	-	-	-	-	-	-	-
Bosque seco tropical	313,2	58,1	24,2	1 710,1	290,6	765,9	70,4	3 232,5
Bosque seco montano bajo tropical	-	-	2,9	343,0	442,5	326,9	-	1 115,3
Bosque húmedo tropical	925,9	702,5	260,6	2 342,3	2 102,8	3 978,6	2 278,6	12 591,3
Bosque húmedo montano bajo tropical	352,8	87,9	220,9	1 902,3	2 025,6	1 025,2	209,1	5 823,8
Bosque húmedo montano tropical	-	-	-	29,9	-	-	-	29,9
Bosque muy húmedo tropical	79,9	605,7	-	455,1	-	826,0	481,3	2 448
Bosque muy húmedo montano bajo tropical	56,2	885,6	8,9	770,4	15,5	69,3	928,7	2 734,6
Bosque muy húmedo montano tropical	-	9,9	-	155,6	2,1	-	-	167,6
Bosque pluvial tropical	-	111,6	-	13,2	-	-	-	124,8
Bosque pluvial montano bajo tropical	-	80,3	-	-	-	-	13,5	93,8
Total	1 728,0	2 541,6	517,5	7 760,8	4 879,1	6 991,9	3 981,6	28 400,5

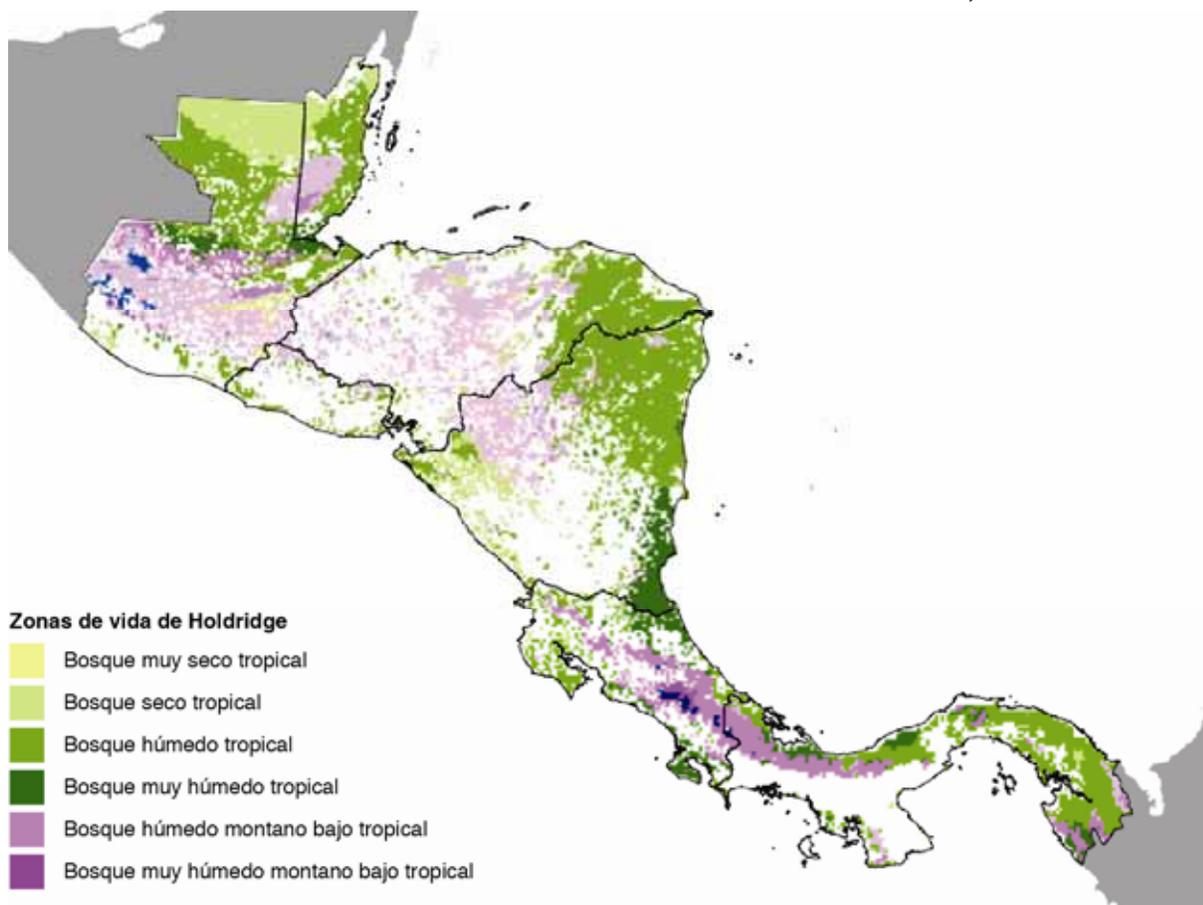
Fuente: Elaboración propia.

Las zonas de vida con menor superficie son el bosque seco montano bajo tropical, el bosque muy húmedo montano tropical, el bosque pluvial montano bajo tropical, el bosque pluvial montano tropical, el bosque muy seco tropical y el bosque húmedo montano tropical. Juntos representan menos del 6% de la superficie con cobertura natural de Centroamérica.

Como se aprecia en el mapa 2, la localización de las diferentes zonas de vida obedece a las características geoclimáticas, lo cual se traduce en diferentes números y extensiones de zonas de vida dentro de las fronteras de los países. En el cuadro 2 se muestra el cálculo de la superficie de zonas de vida por país el año base 2005.

De acuerdo con estos cálculos, la zona de vida con mayor superficie en Belice sería el bosque húmedo tropical, 53% de la cobertura natural del país. El bosque húmedo montano bajo tropical y el bosque seco tropical tienen menor superficie, 38% de la cobertura natural del país. El bosque muy húmedo tropical y el bosque muy húmedo montano bajo tropical representan una menor superficie, casi el 8%.

**MAPA 2**  
**CENTROAMÉRICA: SUPERFICIE DE ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE, 2005**



Fuente: Elaboración propia.

En Costa Rica es posible identificar ocho zonas de vida, por lo que es el segundo país con mayor diversidad en la región. El más representativo es el bosque muy húmedo montano bajo tropical, seguido por el bosque húmedo tropical y el bosque muy húmedo tropical. Estas tres zonas de vida suman aproximadamente 2,2 millones de hectáreas, el 86% de la cobertura natural del país. El bosque pluvial tropical, el bosque húmedo montano bajo tropical, el bosque seco tropical y el bosque muy húmedo montano tropical suman aproximadamente 348.000 hectáreas, cerca del 14% de la cobertura natural del país.

En El Salvador las zonas de vida más representativas son el bosque húmedo tropical y el bosque húmedo montano bajo tropical, que juntos suman aproximadamente 481.000 hectáreas, el 93% de la superficie. El bosque seco tropical, el bosque muy húmedo montano bajo tropical y el bosque seco tropical tienen superficies pequeñas equivalentes al 7% de la cobertura natural del país.

Guatemala tiene la mayor diversidad de zonas de vida. La más extensa es el bosque húmedo tropical con un total de 2,3 millones de hectáreas, seguido por el bosque húmedo montano bajo tropical y el bosque seco tropical con 1,9 y 1,7 millones de hectáreas, respectivamente. Estas zonas de vida representan cerca del 77% de la cobertura natural del país. El bosque muy húmedo montano bajo tropical, el bosque muy húmedo tropical, el bosque seco montano bajo tropical y el bosque muy húmedo montano tropical suman 1,7 millones de hectáreas y representan el 22% de la superficie

natural del país. Las zonas de vida con menor extensión son el bosque muy seco tropical, el bosque húmedo montano tropical y el bosque pluvial tropical, y representan apenas el 1% de la cobertura natural del país.

Honduras posee una cobertura natural cercana a los 4,9 millones de hectáreas, de las cuales cerca del 85% corresponden a bosque húmedo tropical y bosque húmedo montano bajo tropical. El 15% restante es ocupado por el bosque seco montano bajo tropical, bosque seco tropical, bosque muy húmedo montano bajo tropical y bosque muy húmedo montano tropical.

En Nicaragua la zona de vida con mayor superficie es el bosque húmedo tropical con poco más de 3,9 millones de hectáreas, el 57% de la superficie con cobertura natural. El bosque húmedo montano bajo tropical representa la segunda zona de vida con aproximadamente un millón de hectáreas, cerca del 15% de la superficie. El bosque muy húmedo tropical, el bosque seco tropical, el bosque seco montano bajo tropical y el bosque muy húmedo montano bajo tropical suman poco más de 1,9 millones de hectáreas y representan el 28% de la superficie con cobertura natural.

La zona de vida con mayor superficie de Panamá es el bosque húmedo tropical con cerca de 2,3 millones de hectáreas, que representan el 57% de la superficie con cobertura natural. El 43% restante se conforma por cinco zonas, de las cuales la de mayor superficie es el bosque muy húmedo montano bajo tropical con 929.000 hectáreas, seguido por el bosque muy húmedo tropical con 481.000 hectáreas y el bosque húmedo montano bajo tropical con 209.000 hectáreas. Las zonas de vida con menor superficie son el bosque seco tropical y el bosque pluvial montano bajo tropical con 70.000 y 13.000 mil hectáreas, respectivamente.

## 2. SIMULACIÓN DE ESCENARIO CON CAMBIO DE USO DE TIERRA SIN CAMBIO CLIMÁTICO

Para identificar el impacto del cambio climático en las zonas de vida se realiza una simulación con el escenario CUT, que estima la evolución de las zonas de vida en el período 2005 a 2100 con años de corte 2020, 2030, 2050, 2070 y 2100<sup>2</sup>. En los escenarios de demandas futuras se aplicó un promedio de tres de los cuatro escenarios futuros de uso de tierra de GEO4 que alcanzan hasta el año 2050 (PNUMA, 2007). Se realizó una desagregación geográfica de estos escenarios a nivel nacional, según los supuestos de Luijten, Miles y Cherrington (2006), y se hizo una extrapolación del 2050 al 2100 con el modelo International Futures (IFs, por sus siglas en inglés) (Hughes, 2008). En la segunda etapa se realizó la distribución geográfica de las demandas en función de factores explicativos de localización de los usos de suelo. Para realizar este modelaje georeferenciado se aplicó el modelo CLUE-S (Verburg y otros, 2002). De acuerdo con el modelaje, para el 2100 se espera la pérdida de aproximadamente la tercera parte de los bosques del 2005 y hasta un 80% de pastizales, sabanas y arbustales, mientras que el área agropecuaria crecería hasta en 50%. La mayoría de estos cambios ocurrirían hacia el corte de 2050. En la simulación de zonas de vida dentro de la cobertura natural de bosques, las condiciones de temperatura y precipitación del año base (2005) se consideran constantes.

En el cuadro 3 se presentan los resultados. Como se puede apreciar, considerando únicamente los cambios de uso de tierra bajo el clima histórico, la superficie de todas las zonas de vida representativas de Centroamérica disminuiría en aproximadamente 11,5 millones de hectáreas de 28,4 millones de hectáreas en 2005 a cerca de 16,9 millones de hectáreas cercano a 2100, reducción del 40,7%. Cercano a 2050 alcanzaría un punto mínimo de 16,3 millones de hectáreas, lo que equivale a una disminución de 12,1 millones de hectáreas (42,7%) respecto al año base. Alrededor de 2070 y 2100 registrarían pequeñas variaciones positivas respecto al punto mínimo del corte 2050.

El bosque húmedo tropical es la zona con mayor cobertura en la región con 12,6 millones de hectáreas el año base. De acuerdo con los resultados se prevé que esta superficie alcance su punto mínimo cercano a 2050 con una disminución de 41,3% respecto a 2005, lo que representa una pérdida de 5,2 millones de hectáreas en el período. De acuerdo con los resultados se espera un incremento de la superficie de bosque húmedo tropical durante 2070 y 2100, con lo que a finales de siglo existiría una superficie de 7,8 millones de hectáreas, es decir 38,2% menos que en el período base.

La segunda zona de vida con mayor superficie es el bosque húmedo montano bajo tropical con 5,8 millones de hectáreas en 2005. De acuerdo con los resultados del cuadro 3, esta zona alcanzaría una superficie mínima de 2,8 millones de hectáreas en 2050, es decir, una reducción del 51,9%. La mayor proporción de esta pérdida ocurriría alrededor de 2020 y 2030 con una reducción cercana a 1,9

---

<sup>2</sup> Los años de corte 2020, 2030, 2050, 2070 y 2100 corresponden al promedio de la información de cuatro años antes y cinco años después del año referido.

millones de hectáreas. Para la segunda mitad del siglo se esperan pequeños incrementos hasta alcanzar casi 2,9 millones de hectáreas en 2100, lo que representa una disminución del 50,3% respecto al período base.

La tercera zona de vida de mayor extensión en 2005 es el bosque seco tropical con alrededor de 3,2 millones de hectáreas. Considerando los escenarios de CUT, se espera que la superficie de esta zona para 2100 sea cercana a 1,9 millones de hectáreas, lo que representa una reducción de aproximadamente 42% respecto al período base. La mayor parte de esta reducción ocurriría durante la primera mitad del presente siglo. Durante 2050 se espera que la reducción ascienda a 1,3 millones de hectáreas y que la reducción adicional en la segunda mitad del siglo sea de aproximadamente 14.000 hectáreas.

La superficie de la zona de vida bosque muy húmedo montano bajo tropical se estima en 2,7 millones de hectáreas para el período base. Se espera que durante la primera mitad del presente siglo disminuya hasta un punto mínimo cercano a 2050, alrededor de dos millones de hectáreas, lo que representa una pérdida aproximada de 706.000 hectáreas, equivalente al 26% respecto al período base. La mayor parte de esta reducción ocurriría alrededor de 2020. Durante la segunda mitad del siglo aumentaría aproximadamente en 37.000 hectáreas. La superficie estimada para 2100 sería de 2.1 millones de hectáreas.

**CUADRO 3**  
**CENTROAMÉRICA: SUPERFICIE DE ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE, 2005 Y CAMBIO DE USO DE TIERRA CON CORTES A 2100**

(En miles de hectáreas)

Zona de vida	Superficie					
	2005	2020	2030	2050	2070	2100
Bosque muy seco tropical	38,9	34,4	19,4	6,7	8,3	6,3
Bosque muy seco montano bajo tropical	-	-	-	-	-	-
Bosque seco tropical	3 232,5	2 720,4	2 218,1	1 900,8	1 889,0	1 886,7
Bosque seco montano bajo tropical	1 115,3	779,6	446,9	176,4	187,7	171,1
Bosque húmedo tropical	12 591,3	10 935,4	9 295,5	7 398,6	7 458,9	7 788,1
Bosque húmedo montano bajo tropical	5 823,8	4 893,7	3 956,7	2 804,1	2 806,9	2 896,4
Bosque húmedo montano tropical	29,9	15,6	14,5	10,6	10,7	10,7
Bosque muy húmedo tropical	2 448,0	2 204,1	2 040,5	1 725,5	1 718,6	1 791,0
Bosque muy húmedo montano bajo tropical	2 734,6	2 419,2	2 218,8	2 031,7	2 041,6	2 068,5
Bosque muy húmedo montano tropical	167,6	72,5	65,1	44,0	44,1	44,1
Bosque pluvial tropical	124,8	116,2	115,9	111,4	111,4	111,4
Bosque pluvial montano bajo tropical	93,8	92,9	92,9	92,4	92,4	92,4
Total	28 400,5	24 284,0	20 484,3	16 302,2	16 369,6	16 866,7

Fuente: Elaboración propia.

La superficie de bosque muy húmedo tropical en 2005 se estimó en 2,4 millones de hectáreas. De acuerdo con los resultados del cuadro 3 se estima que se reduciría a 1,8 millones de hectáreas para 2100, unas 700.000 hectáreas (27%). La mayor parte de la reducción ocurriría en la primera mitad del siglo hasta bajar a 1,7 millones de hectáreas alrededor de 2050.

La superficie del bosque seco montano bajo tropical para el período base se estima en 1,1 millones de hectáreas. Es la zona de vida más pequeña de las seis representativas de la región. Se espera que ésta sea la zona con mayor reducción relativa, alcanzando su nivel más bajo cercano a 2100 con 171.000 hectáreas, una pérdida de casi 85% (944.000 hectáreas) respecto a 2005. La mayor parte de esta reducción ocurriría durante 2020 y 2030, período en el que se espera una pérdida aproximada de 668.000 hectáreas.

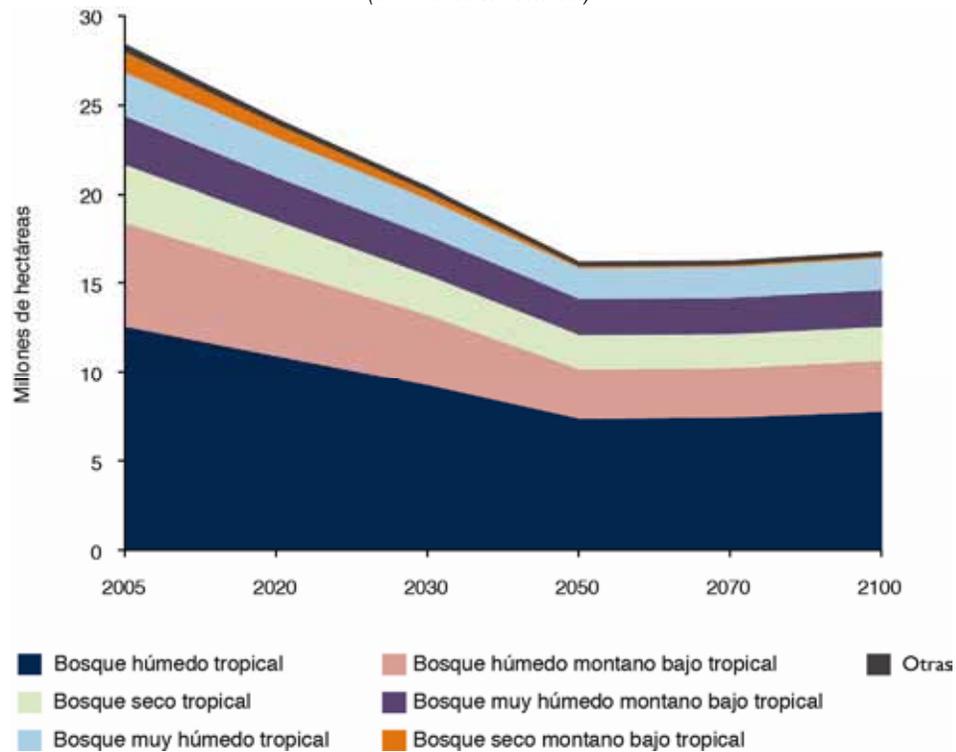
Las zonas de vida menos extensas son el bosque muy húmedo montano tropical, el bosque pluvial tropical, el bosque pluvial montano bajo tropical, el bosque muy seco tropical y el bosque húmedo montano tropical. Estas zonas sumaban 455.000 hectáreas en 2005, de las cuales el bosque muy húmedo montano tropical y el bosque pluvial tropical representan cerca del 65%. Para 2100 se estima que la superficie total de estas zonas se habrá reducido en casi 191.000 hectáreas, disminución del 58%. Se espera que la zona de vida que experimente la mayor reducción sea el bosque muy húmedo montano tropical con una pérdida de 123.000 hectáreas. Pero la mayor reducción relativa sería la del bosque muy seco tropical con una pérdida de casi el 84%. Al igual que en el resto de zonas de vida, la mayor parte de la reducción ocurriría en la primera mitad del siglo.

En el gráfico 1 se muestra la evolución de las zonas de vida con CUT para el período 2005 a 2100. Como se puede apreciar, la superficie de todas las zonas de vida disminuye a 2100. Esta disminución ocurriría principalmente en la primera mitad del siglo. Alrededor de 2050, nueve de las once zonas de vida consideradas alcanzarían su punto mínimo, por lo que la cobertura natural de Centroamérica también alcanzaría su punto mínimo hacia ese período.

En el cuadro 4 se muestra la proporción de cada zona de vida respecto a la superficie total de cobertura natural anual durante el período 2005 a 2100. Como se puede apreciar, aunque la superficie de todas las zonas de vida disminuye en términos absolutos, en términos relativos ocurriría un incremento de grandes zonas como el bosque húmedo tropical, el bosque muy húmedo montano bajo tropical y el bosque muy húmedo tropical cercano a 2100. Las superficies de zonas de vida menos representativas como el bosque pluvial tropical y el bosque pluvial montano bajo tropical también aumentarían hacia esa fecha. Respecto de la distribución porcentual de la cobertura natural para 2100 destaca que el bosque muy húmedo montano bajo tropical pasaría de la cuarta a la tercera posición como zona más representativa, mientras que el bosque seco tropical descendería una posición. Si agrupamos el conjunto de las zonas de vida menos representativas en la categoría "otras", en conjunto serían más representativas que el bosque seco montano bajo tropical.

**GRÁFICO I**  
**CENTROAMÉRICA: SUPERFICIE DE ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE, 2005**  
**Y CAMBIO DE USO DE TIERRA CON CORTES A 2100**

(En millones de hectáreas)



Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO 4**  
**CENTROAMÉRICA: PROPORCIÓN DE LA SUPERFICIE POR ZONA DE VIDA DE HOLDRIDGE, 2005**  
**Y CON CAMBIO DE USO DE TIERRA CON CORTES A 2100**

(En porcentajes)

Zona de vida	Superficie					
	2005	2020	2030	2050	2070	2100
Bosque muy seco tropical	0,14	0,14	0,09	0,04	0,05	0,04
Bosque muy seco montano bajo tropical	-	-	-	-	-	-
Bosque seco tropical	11,38	11,20	10,83	11,66	11,54	11,19
Bosque seco montano bajo tropical	3,92	3,21	2,18	1,08	1,15	1,01
Bosque húmedo tropical	44,34	45,03	45,38	45,38	45,57	46,17
Bosque húmedo montano bajo tropical	20,51	20,15	19,32	17,20	17,15	17,17
Bosque húmedo montano tropical	0,11	0,06	0,07	0,06	0,06	0,06
Bosque muy húmedo tropical	8,62	9,08	9,96	10,58	10,50	10,62
Bosque muy húmedo montano bajo tropical	9,63	9,96	10,83	12,46	12,47	12,26
Bosque muy húmedo montano tropical	0,59	0,30	0,32	0,27	0,27	0,26
Bosque pluvial tropical	0,44	0,48	0,56	0,68	0,68	0,66
Bosque pluvial montano bajo tropical	0,33	0,38	0,45	0,57	0,56	0,55
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Elaboración propia.

En el mapa 3 se muestra la evolución espacial de las zonas de vida en el período 2005 a 2100. Destaca la reducción de la cobertura natural en la región y en todas las zonas consideradas. En el cuadro 5 se muestra la superficie estimada en cada zona de vida por país a 2100.

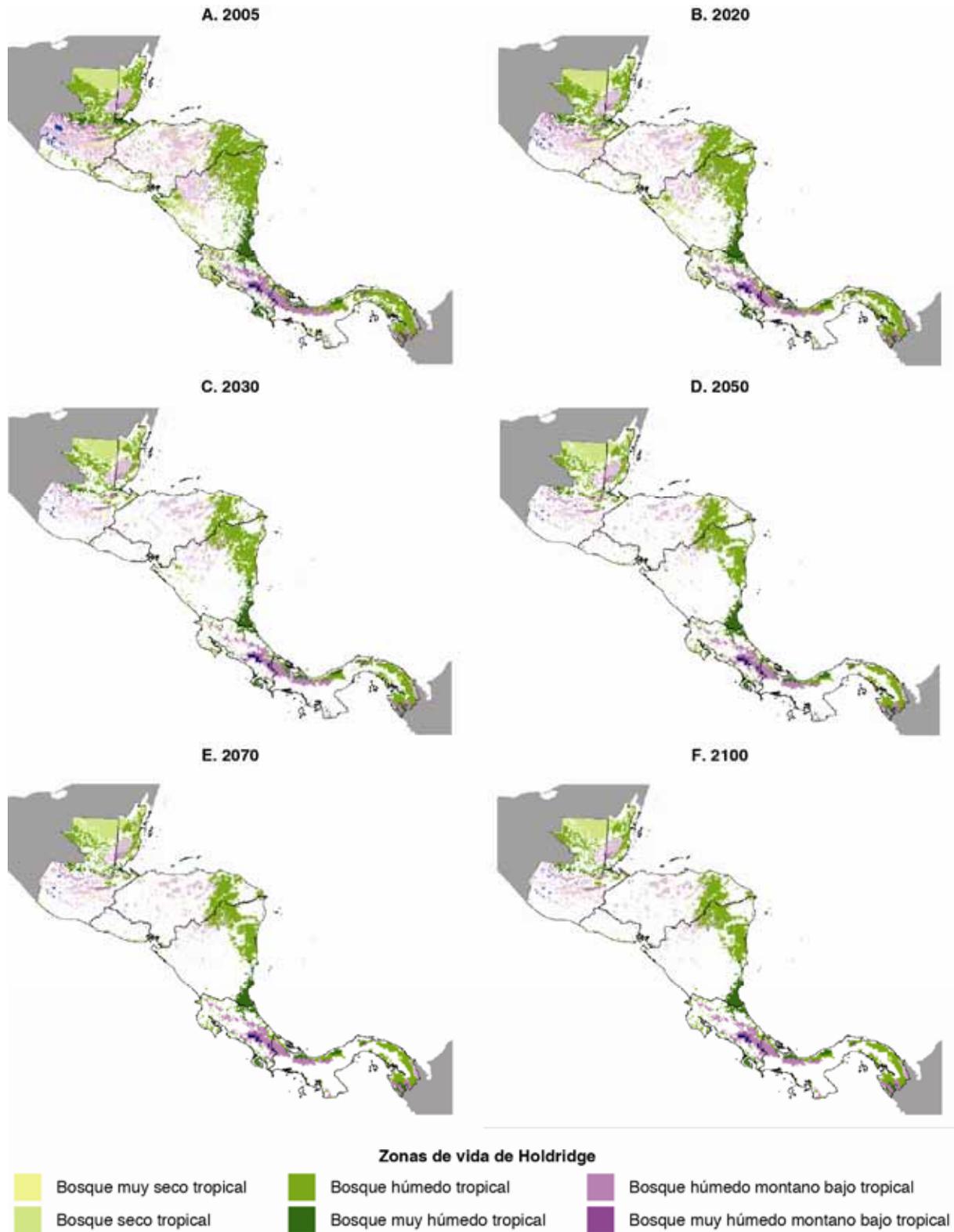
Hacia 2100, el bosque húmedo tropical sería el de mayor superficie en la región con 7,8 millones de hectáreas, distribuidas de la siguiente manera: 30% en Nicaragua, aproximadamente 19% en Guatemala, 19% en Honduras, 19% en Panamá, 8% en Belice, 5% en Costa Rica y 1% en El Salvador. En todos los países se observa una disminución de la superficie de esta zona de vida respecto a 2005. El país con mayor pérdida relativa sería El Salvador con una disminución aproximada del 76%, seguido por Costa Rica, Guatemala y Nicaragua con poco más del 40%, y Panamá, Honduras y Belice con aproximadamente un 30%. En términos absolutos, Guatemala es el país que pierde la mayor superficie con 1 millón de hectáreas, seguido por Panamá con 731.000 hectáreas y Honduras con 644.000 hectáreas.

Durante 2100 poco más del 60% de la superficie de bosque húmedo montano bajo tropical de Centroamérica se encontraría en Honduras y Guatemala; el primero tendría alrededor de 935.000 hectáreas y el segundo 834.000 hectáreas. El Salvador sería el país con la mayor pérdida relativa de esta zona de vida, un 64% (78.000 hectáreas). Guatemala, Nicaragua y Honduras perderían poco más del 50% de su superficie de bosque húmedo montano bajo tropical. En términos absolutos, Guatemala y Honduras perderían la mayor superficie de esta zona de vida, alrededor de 1 millón de hectáreas. Para Belice se estima una superficie de 353.000 hectáreas de bosque húmedo montano bajo tropical cercano a 2100, lo que significaría un incremento del 0,2% respecto a 2005.

Alrededor de 2100 Guatemala sería el país con mayor cobertura de bosque seco tropical 1,4 millones de hectáreas, cerca del 75% de esta zona de vida. Belice tendría la segunda mayor superficie con 255.000 hectáreas. En el resto de los países se estima una superficie menor a las 100.000 hectáreas. El Salvador sería el país con la menor superficie estimada, 8.000 hectáreas. En general se observa una disminución de la superficie de esta zona de vida. Nicaragua tendría la mayor pérdida relativa, 92%, seguido por Honduras con 78%, El Salvador con 65% y Costa Rica con 54%. En términos absolutos, los países con mayor pérdida serían Nicaragua (706.000 hectáreas), Guatemala (300.000 hectáreas) y Honduras (228.000 hectáreas). Panamá y El Salvador tendrían la menor pérdida absoluta de superficie de bosque seco tropical con 6.000 hectáreas y 15.000 hectáreas, respectivamente.

Para 2100, la mayor superficie de bosque muy húmedo montano bajo tropical correspondería a Panamá y Costa Rica con poco más de 750.000 hectáreas cada uno. Guatemala tendría poco más de 400.000 hectáreas. Honduras tendría la menor superficie, alrededor de 7.000 hectáreas. Se prevé que la superficie de esta zona de vida disminuya en todos los países durante el período de estudio. Las mayores disminuciones ocurrirían en Honduras y Guatemala, que perderían cerca del 50% hacia 2100. Nicaragua perdería cerca del 40%, seguida por Costa Rica y Panamá con 15%. El Salvador experimentaría la menor pérdida, 2,5%. En términos absolutos, Guatemala es el país que pierde una mayor superficie de esta zona de vida, 360.000 hectáreas, seguido por Panamá y Costa Rica con menos de 150.000 hectáreas. Solo en Belice aumentaría la superficie de esta zona de vida, aproximadamente 1% respecto a 2005.

**MAPA 3**  
**CENTROAMÉRICA: SUPERFICIE DE ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE, 2005 Y CAMBIO DE USO DE TIERRA, CON CORTES A 2100**



Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO 5**  
**CENTROAMÉRICA: SUPERFICIE DE ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE CON CAMBIO DE USO**  
**DE TIERRA POR PAÍS, 2100**

(En miles de hectáreas)

Zona de vida	Belice	Costa Rica	El Salvador	Guatemala	Honduras	Nicaragua	Panamá
Bosque muy seco tropical	-	-	-	6,3	-	-	-
Bosque muy seco montano bajo tropical	-	-	-	-	-	-	-
Bosque seco tropical	255,1	26,6	8,4	1 410,4	63,0	59,7	63,5
Bosque seco montano bajo tropical	-	-	0,4	107,6	46,4	16,7	-
Bosque húmedo tropical	664,8	398,9	63,5	1 317,6	1 458,4	2 337,5	1 547,5
Bosque húmedo montano bajo tropical	353,5	56,0	78,7	834,2	935,2	455,5	183,3
Bosque húmedo montano tropical	-	-	-	10,7	-	-	-
Bosque muy húmedo tropical	41,5	488,7	-	238,5	-	606,9	415,4
Bosque muy húmedo montano bajo tropical	56,8	757,4	8,7	409,9	7,1	42,3	786,3
Bosque muy húmedo montano tropical	-	7,0	-	35,1	2,1	-	-
Bosque pluvial tropical	-	109,7	-	1,7	-	-	-
Bosque pluvial montano bajo tropical	-	80,7	-	-	-	-	11,7
Total	1 371,6	1 924,9	159,8	4 372,0	2 512,1	3 518,5	3 007,8

Fuente: Elaboración propia.

En El Salvador y Honduras las características geoclimáticas no son favorables al bosque muy húmedo tropical. Nicaragua contaría con la mayor superficie de esta zona de vida, 607.000 hectáreas, seguida por Costa Rica y Panamá con 488.000 hectáreas y 415.000 hectáreas, respectivamente. Estos tres países concentrarían cerca del 85% de la superficie de esta zona de vida en 2100. En todos los países se observa una disminución respecto a 2005. Belice y Guatemala experimentarían la mayor pérdida relativa, cerca del 50%. La menor pérdida ocurriría en Panamá con 14%. En términos absolutos, Guatemala y Nicaragua tendrían la mayor pérdida, poco más de 210.000 hectáreas, seguidos por Costa Rica con poco más de 110.000 hectáreas. La menor pérdida en términos absolutos ocurriría en Belice, alrededor de 38.000 hectáreas.

El bosque seco montano bajo tropical se localiza en El Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua. Alrededor de 2100, Guatemala tendría la mayor superficie, poco más de 107.000 hectáreas y poco más del 60%. El Salvador tendría la menor superficie, cerca de 500 hectáreas. En todos los países habría disminución respecto a 2005. Nicaragua experimentarían la mayor pérdida relativa con cerca del 95% de la superficie de 2005. Honduras y El Salvador perderían aproximadamente el 90% y el 85%. Guatemala perdería poco menos del 70%. En términos absolutos, la mayor pérdida de superficie ocurriría en Honduras, casi 400.000 hectáreas, seguido por Nicaragua con 310.000 hectáreas, Guatemala con 235.000 hectáreas y El Salvador con 2.000 hectáreas.

Alrededor de 2100, las zonas de vida bosque muy húmedo montano tropical, bosque pluvial tropical, bosque pluvial montano bajo tropical, bosque muy seco tropical y bosque húmedo montano tropical seguirán siendo las de menor superficie, distribuidas principalmente en Guatemala y Costa Rica. El bosque húmedo montano tropical y el bosque muy seco tropical únicamente se identificaron en Guatemala con superficies de 10.000 y 6.000 hectáreas, respectivamente.

Guatemala seguiría teniendo la mayor cobertura natural con poco más de 4,4 millones de hectáreas, aunque con una disminución de más del 40% respecto al valor histórico. En segundo lugar se encontraría Nicaragua con una superficie estimada de 3,5 millones de hectáreas y una disminución de casi el 50%. Panamá sería el tercer país con mayor cobertura natural, alrededor de 3 millones de hectáreas y una disminución aproximada del 25%. Honduras tendría una superficie estimada de 2,5 millones de hectáreas, con una disminución del 48%. La cobertura natural de Costa Rica y Belice en 2100 se estima en 1,9 millones y 1,3 millones de hectáreas, respectivamente con una disminución mayor al 20%. El Salvador seguiría teniendo la menor cobertura natural con 160.000 hectáreas y experimentaría la mayor pérdida relativa, cercana al 70%.

### 3. SIMULACIÓN DE ESCENARIOS CON CAMBIO DE USO DE TIERRA Y CAMBIO CLIMÁTICO

Para las simulaciones con cambio climático se combinaron el escenario CUT con los escenarios menos y más pesimistas (B2 y A2 del Panel Intergubernamental de Cambio Climático, IPCC, por sus siglas en inglés) con el promedio de los resultados de tres modelos de clima para cada uno: ECHAM4, GFDLR30 y HADCM3 para B2 y ECHAM5, GFDLCM2.0 y HADGEM1 para A2<sup>3</sup>. Estos modelos climáticos y escenarios de emisiones fueron recomendados por el Centro de Ciencias de la Atmósfera (CCA) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) para el proyecto “La economía del cambio climático en Centroamérica” (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011).

El escenario menos pesimista (B2) prevé una disminución de la lluvia en la mayor parte de la región, con una reducción promedio de 4,3 y 10,5% a los cortes de 2050 y 2100, respectivamente, y un incremento de la temperatura promedio de 1,3 °C y 2,5 °C a los mismos cortes, respectivamente. Sus supuestos básicos son un modelo de desarrollo orientado a soluciones económicas, sociales y ambientales locales, un crecimiento de la población mundial menor que otros escenarios y un desarrollo económico moderado. La materialización de este escenario probablemente requerirá un acuerdo y acciones internacionales para reducir substancialmente las emisiones globales de GEI a corto plazo.

El escenario más pesimista (A2) proyecta un aumento continuo de las emisiones globales de GEI, resultando en un mayor incremento de la temperatura (1,7°C y 4,2 °C a 2050 y 2100) y una disminución sustancial de la lluvia (14% y 28% a 2050 y 2100) como promedios para Centroamérica. Los supuestos básicos de este escenario son una población mundial creciente donde los patrones de fertilidad humana de las regiones convergen lentamente, el desarrollo económico se enfoca a nivel regional y el crecimiento económico *per cápita* y el cambio tecnológico evolucionan en forma lenta y fragmentada. Este escenario advierte altos riesgos para la región si la comunidad internacional no reduce la trayectoria actual de emisiones de GEI a nivel global.

#### ESCENARIO MENOS PESIMISTA

Los resultados del cálculo de la evolución de la superficie de las zonas de vida para el período 2005 a 2100 combinando el escenario CUT con las condiciones climáticas del escenario menos pesimista (B2), se presentan en el cuadro 6. La superficie del bosque húmedo tropical crecería alrededor de 2020, de 12,6 millones de hectáreas en el año base a 14,4 millones de hectáreas en 2020, un incremento

---

<sup>3</sup> Para más información sobre la base de datos climática utilizada véase capítulo 1 en CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA (2011).

del 14%, equivalente a 1,8 millones de hectáreas. Alrededor de 2030 esta superficie disminuye hasta 12 millones de hectáreas, 600.000 hectáreas menos que en el año base. Para 2050 alcanzaría su punto mínimo, 10,2 millones de hectáreas, una disminución aproximada del 19% respecto a 2005. Pero durante la segunda mitad del siglo, crecería, alcanzando un aproximado de 12 millones de hectáreas en 2100, es decir cerca de un 5% menos que en 2005 y una superficie 35% mayor (7,8 millones de hectáreas) que la estimada en el escenario de CUT.

El bosque húmedo montano bajo tropical, la mayor de todas las zonas de vida, mostraría una tendencia decreciente todo el período de estudio de 5,8 millones de hectáreas en el año base a cerca de 1,1 millones de hectáreas alrededor de 2100, una pérdida de 4,7 millones de hectáreas, casi el 82%. La mayor parte de esta disminución ocurriría durante la primera mitad del siglo, alrededor de 2020, durante la cual se perderían cerca de 2,3 millones de hectáreas. La superficie de esta zona de vida en B2 a 2100 sería 63% más pequeña que la estimada en el escenario que solo considera CUT.

El bosque seco tropical, la tercera mayor superficie, 3,2 millones de hectáreas en 2005. De acuerdo con los resultados, en B2 se reduciría aproximadamente en un 81% al 2100, una pérdida de unas 2,6 millones de hectáreas, quedando en 626.000 hectáreas. La mayor reducción se experimentaría durante 2020, 2,6 millones de hectáreas. Alcanza su mínimo de 256.000 hectáreas cerca de 2050, lo cual representa una reducción del 92% respecto al valor histórico. Pero durante la segunda mitad del siglo crecería; sin embargo, representará 67%, menor al estimado en el escenario que solo considera CUT.

El bosque muy húmedo montano bajo tropical es la cuarta zona de vida más representativa con una superficie de 2,7 millones de hectáreas en el período histórico. Alrededor de 2020 ocurriría un incremento de 185.000 hectáreas, lo que representa un 7%. Pero entre 2020 y 2100 disminuiría, presentando su mayor disminución alrededor de 2030, hasta alcanzar un punto mínimo cercano a 2100, 1,3 millones de hectáreas, una pérdida de 1,4 millones de hectáreas (53%) respecto al período base. Para 2100 con el escenario B2, ésta superficie sería 38% menor que en el escenario que solo considera los efectos CUT.

El bosque muy húmedo tropical tuvo una superficie de 2,4 millones de hectáreas en 2005. En el escenario B2 aumentaría durante 2020 y 2030 hasta alcanzar 2,9 millones de hectáreas, un incremento del 18% respecto al valor histórico. Durante el período 2050 a 2100 perdería 1,1 millón de hectáreas respecto al valor máximo de 2030. De acuerdo con los resultados del cuadro 6, esta zona de vida tendría una superficie de 1,8 millones de hectáreas en 2100, una disminución del 27% respecto al valor histórico, 700 hectáreas más que las estimadas en el escenario que solo considera CUT.

El bosque seco montano bajo tropical tuvo una superficie de 1,1 millones de hectáreas en 2005. De acuerdo con los resultados obtenidos con el escenario B2, esta zona de vida perdería el 100% de su superficie cercano a 2020. Se espera que para 2030 tenga una recuperación de apenas 1.000 hectáreas, pero entre 2050 y 2100 desaparecería del territorio centroamericano. Considerando sólo los efectos del CUT, se estima una superficie de 171.000 hectáreas a 2100.

Las zonas de vida menos extensas de la región son: bosque muy húmedo montano tropical, bosque pluvial tropical, bosque pluvial montano bajo tropical, bosque muy seco tropical y bosque húmedo montano tropical, con una superficie conjunta de 455.000 hectáreas en 2005. Todas ellas disminuirían respecto al valor histórico. La mayor disminución ocurriría durante 2020. Las pérdidas serían las siguientes: el bosque muy húmedo montano tropical 167.000 hectáreas (100%), bosque pluvial tropical: 61.200 hectáreas (49%), bosque pluvial montano bajo tropical 89.500 hectáreas (95%),

bosque muy seco: tropical 39.000 hectáreas (100%) y bosque húmedo montano tropical 29.900 hectáreas (100%). El resto muestra aumentos en algunas décadas. Durante 2030 todas ellas aumentarían respecto al valor de 2020. Para el final del período se espera que el bosque muy húmedo montano tropical una superficie cercana a 16.000 hectáreas, 90% menos que su valor histórico; el bosque pluvial tropical tendría 65.000 hectáreas, una reducción del 48%; el bosque pluvial montano bajo tropical tendría 17.000 hectáreas, disminución del 82%; el bosque muy seco tropical tendría 7.000 hectáreas, 81% menos que el valor histórico, mientras que el bosque húmedo montano tropical se perdería por completo.

**CUADRO 6**  
**CENTROAMÉRICA: SUPERFICIE DE LAS ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE, 2005 Y CAMBIO DE USO**  
**DE TIERRA Y ESCENARIO B2, CON CORTES A 2100**

(En miles de hectáreas)

Zona de vida	Superficie					
	2005	2020	2030	2050	2070	2100
Bosque muy seco tropical	38,9		2,3	1,1	1,1	7,2
Bosque muy seco montano bajo tropical	-	-				
Bosque seco tropical	3 232,5	607,7	544,3	255,9	335,3	625,9
Bosque seco montano bajo tropical	1 115,3		1,0			
Bosque húmedo tropical	12 591,3	14 417,0	11 997,5	10 228,9	10 903,8	11 999,8
Bosque húmedo montano bajo tropical	5 823,8	3 535,4	2 444,0	1 332,0	1 210,1	1 073,6
Bosque húmedo montano tropical	29,9					
Bosque muy húmedo tropical	2 448,0	2 732,7	2 902,8	2 337,2	2 075,0	1 791,7
Bosque muy húmedo montano bajo tropical	2 734,6	2 923,3	2 369,2	1 944,6	1 683,5	1 271,4
Bosque muy húmedo montano tropical	167,6	0,1	21,8	15,2	11,6	15,8
Bosque pluvial tropical	124,8	63,6	113,7	119,3	102,3	64,9
Bosque pluvial montano bajo tropical	93,8	4,3	87,7	67,9	47,0	16,9
Total	28 400,5	24 284,1	20 484,3	16 302,1	16 369,7	16 867,2

Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico 2 se muestra la evolución de las zonas de vida con CUT y el escenario B2 para el período 2005 a 2100. Se puede apreciar que la superficie total de cobertura natural disminuiría a 16,9 millones de hectáreas en 2100. Las superficies del bosque húmedo tropical, bosque muy húmedo tropical y bosque muy húmedo montano bajo tropical aumentarían alrededor de 2020. En cambio, el bosque seco tropical y el bosque seco montano bajo tropical y bosque húmedo montano bajo tropical disminuyen. El bosque húmedo tropical, y el bosque seco tropical alcanzarían su menor superficie durante 2050, pero hacia 2100 la aumentarían.

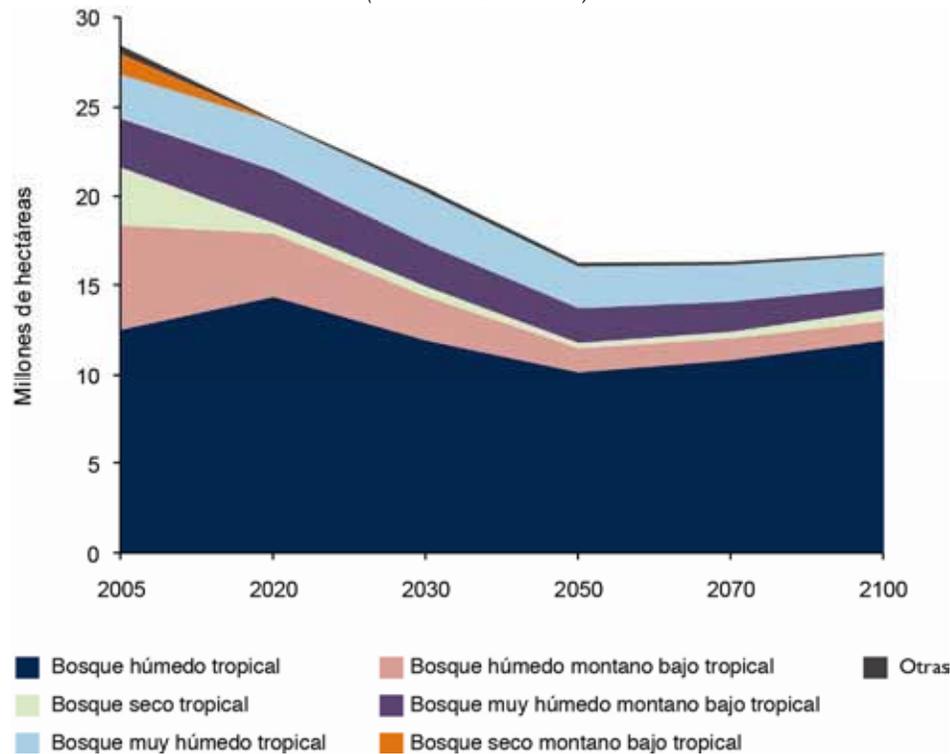
Para 2100, las zonas de vida que perderían mayor superficie son el bosque húmedo montano bajo tropical (4,7 millones de hectáreas) y el bosque seco tropical (2,6 millones de hectáreas). Los que perderían menos superficie son el bosque húmedo tropical (591.000 hectáreas) y el bosque muy húmedo tropical (656.000 hectáreas).

En el cuadro 7 se muestra la proporción de cada zona de vida respecto a la superficie total de cobertura natural durante el período 2005 a 2100. Aunque la superficie de todas las zonas de vida disminuye en términos absolutos a 2100, en términos relativos habría un incremento de grandes

zonas de vida como el bosque húmedo tropical que pasaría del 44% de la cobertura total en 2005 al 71% al final del período, y el bosque muy húmedo tropical, que en 2005 representaba aproximadamente el 9%, en 2100 podría representar casi el 11%. Las zonas de vida con mayor disminución en términos relativos son el bosque húmedo montano bajo tropical que pasaría de representar el 21% en 2005 a poco más del 6% en 2100, y el bosque seco tropical que en 2005 representaba el 11%, pasaría a representar cerca del 4% en 2100.

Sobre la distribución porcentual de la cobertura natural para 2100, el bosque muy húmedo tropical sería la segunda zona de vida con mayor extensión, mientras que en 2005 representaba la quinta; el bosque muy húmedo montano bajo tropical sería la tercera zona con mayor extensión, mientras que en 2005 era la cuarta.

**GRÁFICO 2**  
**CENTROAMÉRICA: SUPERFICIE DE ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE, 2005 Y CAMBIO DE USO DE TIERRA**  
**ESCENARIO B2, CON CORTESA 2100**  
*(En millones de hectáreas)*



Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO 7**  
**CENTROAMÉRICA: PROPORCIÓN DE LA SUPERFICIE POR ZONA DE VIDA DE HOLDRIDGE, 2005 Y CAMBIO**  
**DE USO DE TIERRA Y ESCENARIO B2, CON CORTES A 2100**

(En porcentajes)

Zona de vida	Superficie					
	2005	2020	2030	2050	2070	2100
Bosque muy seco tropical	0,14	-	0,01	0,01	0,01	0,04
Bosque muy seco montano bajo tropical	-	-	-	-	-	-
Bosque seco tropical	11,38	2,50	2,60	1,57	2,05	3,71
Bosque seco montano bajo tropical	3,93	0,02	0,01	-	-	-
Bosque húmedo tropical	44,33	59,37	58,57	62,75	66,61	71,14
Bosque húmedo montano bajo tropical	20,51	14,56	11,93	8,17	7,39	6,30
Bosque húmedo montano tropical	0,11	-	-	-	-	-
Bosque muy húmedo tropical	8,62	11,25	14,17	14,40	12,60	10,62
Bosque muy húmedo montano bajo tropical	9,63	12,04	11,57	11,93	10,28	7,54
Bosque muy húmedo montano tropical	0,59	0,01	0,11	0,09	0,07	0,09
Bosque pluvial tropical	0,44	0,26	0,55	0,73	0,62	0,38
Bosque pluvial montano bajo tropical	0,33	0,02	0,42	0,42	0,29	0,10
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Fuente: Elaboración propia.

En el mapa 4 se ilustra la evolución espacial esperada de las zonas de vida para el período 2005 a 2100 con el escenario CUT y el escenario de cambio climático menos pesimista (B2). Destaca el incremento de las superficies totales del bosque muy húmedo tropical, el bosque húmedo montano bajo tropical, el bosque muy húmedo montano tropical y el bosque pluvial montano bajo tropical. En el cuadro 8 se muestra la superficie estimada para cada zona de vida por país a 2100.

De acuerdo con los resultados a 2100, el bosque húmedo tropical sería la zona de vida con mayor superficie, 11,9 millones de hectáreas, las cuales se distribuirían así: 26% en Guatemala, cerca del 23% en Nicaragua, poco más del 18% en Honduras y 10 % en Panamá y Belice, 6% en Costa Rica y 1% en El Salvador, no obstante su superficie será menor que la estimada en el escenario CUT. En Guatemala, Belice y Honduras aumentaría la superficie respecto a 2005, mientras que en Nicaragua, Panamá, El Salvador y Costa Rica disminuiría. El país con el mayor incremento relativo sería Belice con una variación del 34%, seguido por Guatemala (31%) y Honduras (1%). Las mayores pérdidas ocurrirían en El Salvador con 52% y Nicaragua con 32%; Panamá y Costa Rica tendrían las menores pérdidas relativas, 10% y 3%, respectivamente. En términos absolutos, el mayor incremento ocurriría en Guatemala con 731.000 hectáreas, seguido por Belice con 315.000 hectáreas. Los países que perderían mayor superficie son Nicaragua, casi 1,3 millones de hectáreas, Panamá 231.000 hectáreas y El Salvador 135.000 hectáreas.

En casi todos los países la superficie de bosque húmedo montano bajo tropical a 2100 con escenario B2 sería menor que la estimada en el escenario CUT. Destacan Belice, que perdería el 100% de la superficie de esta zona de vida, y Panamá, cuya superficie aumentaría a 165.000 hectáreas, un

79% más que la estimada en el escenario CUT. Casi el 70% de la superficie de bosque húmedo montano bajo tropical se distribuiría en Panamá y Guatemala con una superficie aproximada de 370.000 hectáreas cada uno. Belice tendría la mayor pérdida relativa, 100% de su superficie respecto a 2005 (353.000 hectáreas). Nicaragua y El Salvador perderían cerca del 95%, mientras que Honduras y Guatemala más del 80%. En términos absolutos, Honduras y Guatemala perderían la mayor superficie, 1,8 millones de hectáreas y 1,5 millones de hectáreas, respectivamente. Costa Rica tendría la menor pérdida, 47.000 hectáreas.

En casi todos los países la superficie de bosque seco tropical a 2100 con escenario B2 sería menor que la estimada en el escenario CUT, Panamá tendría la mayor cobertura, cerca de 400.000 hectáreas, que representan poco menos del 65% de esta zona de vida en Centroamérica. Guatemala tendría la segunda mayor superficie, 97.000 hectáreas. Para el resto de los países se prevé una superficie menor a las 40.000 hectáreas; Costa Rica tendría la menor, 25.000 hectáreas. El Salvador tendría la mayor pérdida relativa, el 100% del valor de 2005, seguido por Nicaragua y Guatemala con el 96% y el 94%, respectivamente, Belice 89% y Honduras 87%. Costa Rica perdería poco menos del 60%. En términos absolutos, los países con mayor pérdida serían Guatemala (1,6 millones de hectáreas), Nicaragua (735.000 hectáreas), Belice (278.000 hectáreas) y Honduras (253.000 hectáreas). Costa Rica y El Salvador tendrían la menor pérdida absoluta con 33.000 hectáreas y 24.000 hectáreas, respectivamente. Destaca Panamá, único país con incremento, 471% (331.000 hectáreas) respecto a 2005.

Se espera que la superficie de bosque muy húmedo montano bajo tropical disminuya en todos los países durante el período de estudio. Para 2100 con escenario B2, las mayores superficies serían las de Costa Rica y Guatemala con 640.000 hectáreas y 395.000 hectáreas, respectivamente. Nicaragua y El Salvador tendrían las menores superficies, aproximadamente 22.000 hectáreas cada uno. En términos relativos se prevé que la mayor disminución ocurrirá en Belice, que perdería el 100% de la superficie de 2005. Panamá perdería cerca del 90%, seguido por Nicaragua con un 66%. La menor pérdida sería la de Costa Rica, 28%. En términos absolutos, Panamá perdería la mayor superficie, 842.000 hectáreas, seguido por Guatemala y Costa Rica con 375.000 hectáreas y 245.000 hectáreas, respectivamente. Destacan los casos de Honduras y El Salvador, donde la superficie de esta zona de vida aumentaría en aproximadamente 572% y 151%, respectivamente, respecto a 2005.

En cuanto al bosque muy húmedo tropical en casi todos los países ocurriría una disminución respecto al valor de 2005, Nicaragua tendría la mayor superficie, 720.000 hectáreas en 2100, seguido por Guatemala y Costa Rica con poco más de 440.000 hectáreas cada uno. Estos tres países concentrarían cerca del 90% de la superficie de esta zona de vida para entonces. Panamá experimentaría la mayor pérdida relativa, cerca del 82%. La menor pérdida sería la de Guatemala, aproximadamente un 2%. En términos absolutos, Panamá tendría la mayor pérdida, poco más de 390.000 hectáreas, seguido por Costa Rica con poco más de 160.000 hectáreas. La menor pérdida en términos absolutos sería la de Guatemala, 9.000 hectáreas. Destaca el caso de Honduras país que en 2005 no presentaba esta zona de vida y para 2100 contaría con una superficie de 25 hectáreas.

El bosque seco montano bajo tropical en 2005 fue la sexta zona de vida en superficie, distribuida en El Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua. Para 2100, los cuatro países perderían el 100% de esta zona de vida, que en 2005 representaba el 4% de la superficie de ZVH. Estos resultados contrastan con las 171.000 hectáreas que el escenario tendencial prevee permanecieran en estos países en 2100.

Los bosques muy húmedo montano tropical, bosque pluvial tropical, bosque pluvial montano bajo tropical y bosque muy seco tropical tendrían las menores superficies en 2100 con el escenario B2. El bosque pluvial tropical y bosque pluvial montano bajo tropical solo sobrevivirían en Costa Rica con 65.000 hectáreas y 17.000 hectáreas, respectivamente. Panamá sería el único con bosque muy seco tropical estimado en 7.200 hectáreas y el bosque muy húmedo montano tropical se encontraría en ambos países, aproximadamente 14.000 hectáreas en Costa Rica y 2.000 hectáreas en Panamá.

La superficie total de bosque pluvial tropical y bosque pluvial montano bajo tropical en Costa Rica sería un 40% y 80 menor que la estimada en el escenario tendencial. Destaca el caso de Guatemala, que en 2100 según el escenario tendencial poseería superficie con bosque muy húmedo montano tropical y bosque muy seco tropical y en el escenario B2 perdería el 100% de esta superficie.

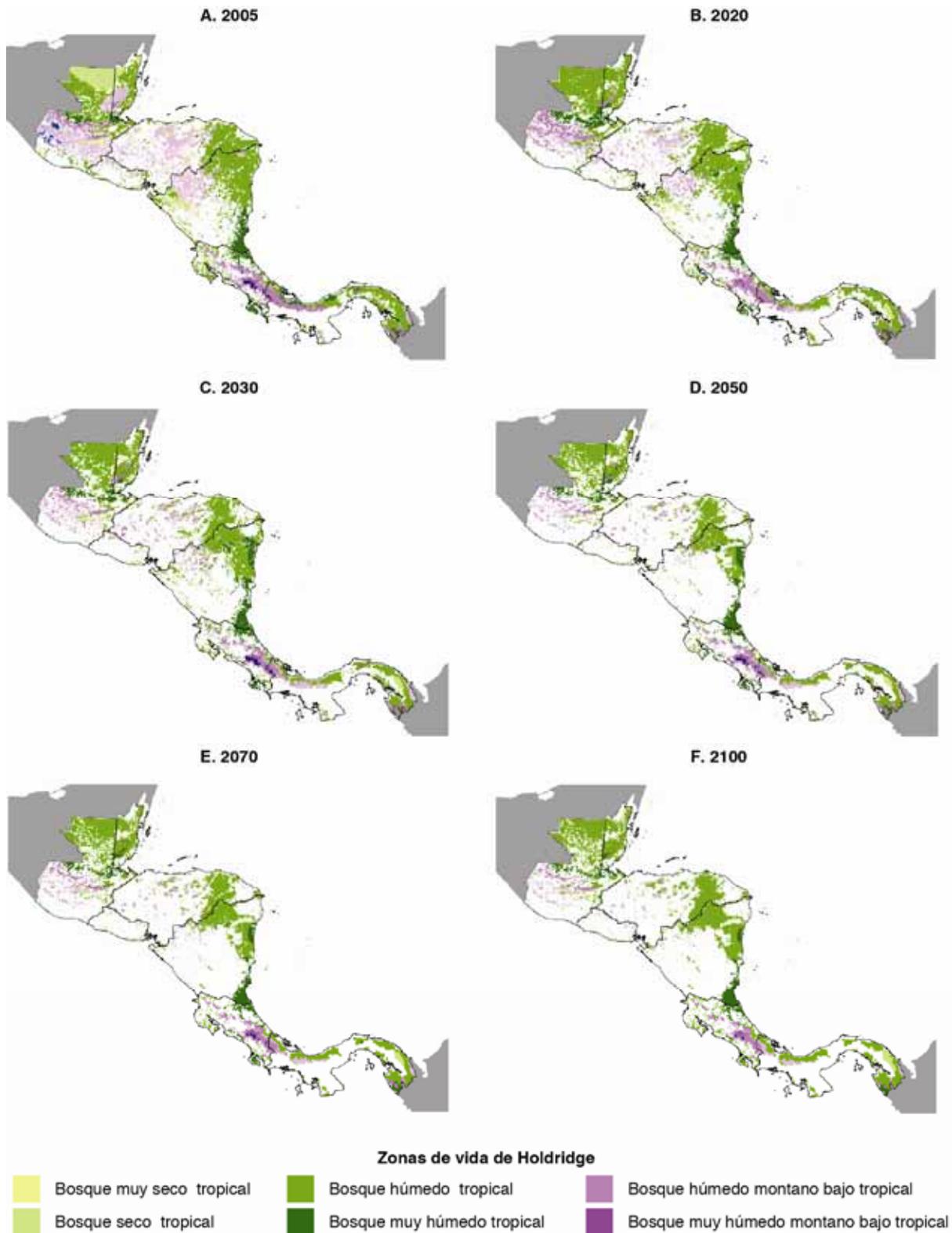
**CUADRO 8**  
**CENTROAMÉRICA: SUPERFICIE DE ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE CON CAMBIO DE USO DE TIERRA**  
**Y ESCENARIO B2 POR PAÍS, 2100**

(En miles de hectáreas)

Zona de vida	Belice	Costa Rica	El Salvador	Guatemala	Honduras	Nicaragua	Panamá
Bosque muy seco tropical	-	-	-	-	-	-	7,2
Bosque muy seco montano bajo tropical	-	-	-	-	-	-	-
Bosque seco tropical	34,6	24,6	-	97,1	36,7	31,2	401,7
Bosque seco montano bajo tropical	-	-	-	-	-	-	-
Bosque húmedo tropical	1 241,1	680,0	125,8	3 073,1	2 123,4	2 709,1	2 047,3
Bosque húmedo montano bajo tropical	-	40,8	11,4	365,5	245,8	36,2	373,9
Bosque húmedo montano tropical	-	-	-	-	-	-	-
Bosque muy húmedo tropical	95,7	443,2	-	446,2	0,03	719,7	86,9
Bosque muy húmedo montano bajo tropical	-	640,1	22,3	395,1	104,1	23,3	86,5
Bosque muy húmedo montano tropical	-	13,8	-	-	-	-	2,0
Bosque pluvial tropical	-	64,9	-	-	-	-	-
Bosque pluvial montano bajo tropical	-	16,9	-	-	-	-	11,7
Total	1 371,4	1 924,3	159,6	4 377,0	2 510,0	3 519,5	3 005,4

Fuente: Elaboración propia.

**MAPA 4**  
**CENTROAMÉRICA: SUPERFICIE DE ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE, 2005 Y CAMBIO DE USO DE TIERRA Y ESCENARIO B2, CON CORTES A 2100**



Fuente: Elaboración propia.

## ESCENARIO MÁS PESIMISTA

Los resultados del cálculo de la evolución de la superficie de las zonas de vida para el período 2005 a 2100, escenario CUT, con las condiciones climáticas promedio de los modelos ECHAM5, GFDLR30 y HADGEM1 se muestran en el cuadro 9. La superficie del bosque húmedo tropical se incrementaría de 12,6 millones de hectáreas en 2005 a 12,8 millones de hectáreas en 2020, un incremento del 2%. Para 2030 esta superficie disminuiría a 10 millones de hectáreas. A 2050, esta superficie sería de 7,9 millones de hectáreas y se prevé que continuará disminuyendo hasta llegar a 7,5 millones de hectáreas en 2100, una disminución de casi el 41% (5,1 millones de hectáreas) respecto a 2005, un 4% menor que la estimada en el escenario de CUT a 2100. Esta es la zona que experimentaría la mayor pérdida de superficie. El 90% de la pérdida total ocurriría durante la primera mitad del presente siglo.

El bosque húmedo montano bajo tropical mostraría una tendencia decreciente todo el período de estudio, de 5,8 millones de hectáreas en el año base a cerca de 830.000 hectáreas en 2100, una pérdida de casi el 86%. Es la segunda zona de vida con mayor pérdida en el período, aproximadamente 5 millones de hectáreas. La mayor parte de esta disminución, 4,2 millones de hectáreas, una disminución del 75%, ocurriría en la primera mitad del siglo. Alrededor de 2020 ocurriría la mayor pérdida, 1,7 millones de hectáreas. La superficie del bosque húmedo montano bajo tropical a 2100 sería 71% menor que la estimada en el escenario que solo considera CUT.

El bosque seco tropical, la tercera mayor superficie en la región con 3,2 millones de hectáreas en 2005, según los resultados, aumentaría aproximadamente en un 105% para 2100, un incremento de unos 3,4 millones de hectáreas para quedar en aproximadamente 6,6 millones de hectáreas. Durante 2020, esta zona disminuiría en un 25% para después aumentar progresivamente hasta finales de siglo. Los mayores incrementos ocurrirían entre las décadas 2070 y 2100, aproximadamente 1 millón de hectáreas y 2 millones de hectáreas, respectivamente. La superficie de esta zona de vida en 2100 con escenario A2 será mayor en 4,7 millones de hectáreas que el previsto en el escenario que solo considera CUT.

El bosque muy húmedo montano bajo tropical es la cuarta zona de vida más representativa de Centroamérica con una superficie de 2,7 millones de hectáreas en el período histórico. En el escenario A2 se espera que disminuya a lo largo de todo el período. Durante las décadas de 2020 y 2030 habría una reducción aproximada de 500.000 hectáreas por período. Entre 2050 y 2070 se perderían poco más de 350.000 hectáreas cada período. Para el período 2070 a 2100 se espera una reducción superior a las 500.000 hectáreas. En suma, esta zona de vida perdería poco más de 2,2 millones de hectáreas durante el período de estudio, el 82% respecto a 2005. La superficie de esta zona de vida con escenario A2 en 2100 se estima en 496.000 hectáreas, 76% menos que la estimada en el escenario que solo considera los efectos CUT.

El bosque muy húmedo tropical tenía una superficie de 2,4 millones de hectáreas en 2005. En el escenario A2 se espera que disminuya durante todo el período de estudio. Para cada año de corte se espera una reducción aproximada entre las 300.000 hectáreas y las 400.000 hectáreas. La reducción sería más acelerada durante la segunda mitad del siglo. De acuerdo con los resultados del cuadro 9, esta zona de vida tendría una superficie de 676.000 hectáreas en 2100, una disminución del 72% respecto al valor histórico y un 62% menor que el estimado en el escenario que solo considera CUT.

El bosque seco montano bajo tropical tenía una superficie de 1,1 millones de hectáreas en 2005. De acuerdo con los resultados en el escenario A2, se prevé una pérdida del 68% (755.000 hectáreas) en 2020 respecto a 2005. Hacia 2050 alcanzaría su punto mínimo, 336.000 hectáreas, pero se prevé que aumente a 486.000 hectáreas entre 2070 y 2100. Lo anterior representa una reducción del 56% durante el período de estudio. La superficie estimada con A2 a 2100 sería 184% mayor que la estimada en el escenario que sólo considera los efectos de CUT.

Las zonas de vida con menor superficie son: bosque muy húmedo montano tropical, bosque pluvial tropical, bosque pluvial montano bajo tropical, bosque muy seco tropical y bosque húmedo montano tropical. Juntos sumaban 455.000 hectáreas en 2005. Se espera que el bosque húmedo montano tropical y el bosque pluvial montano bajo tropical pierdan el 100% de su superficie en 2100. La mayor parte de esta pérdida ocurriría durante 2020. El bosque muy húmedo montano tropical y el bosque pluvial tropical perderían cerca del 90% de su superficie para 2100. Por el contrario, el bosque muy seco tropical aumentaría un 440%. La mayor parte de este incremento ocurriría en la segunda mitad del siglo. Sin embargo por las condiciones climáticas consideradas en el escenario A2, en 2100 podrían aparecer nuevas ZVH.

**CUADRO 9**  
**CENTROAMÉRICA: SUPERFICIE DE LAS ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE, 2005**  
**Y CAMBIO DE USO DE TIERRA Y ESCENARIO A2, CON CORTES A 2100**

(En miles de hectáreas)

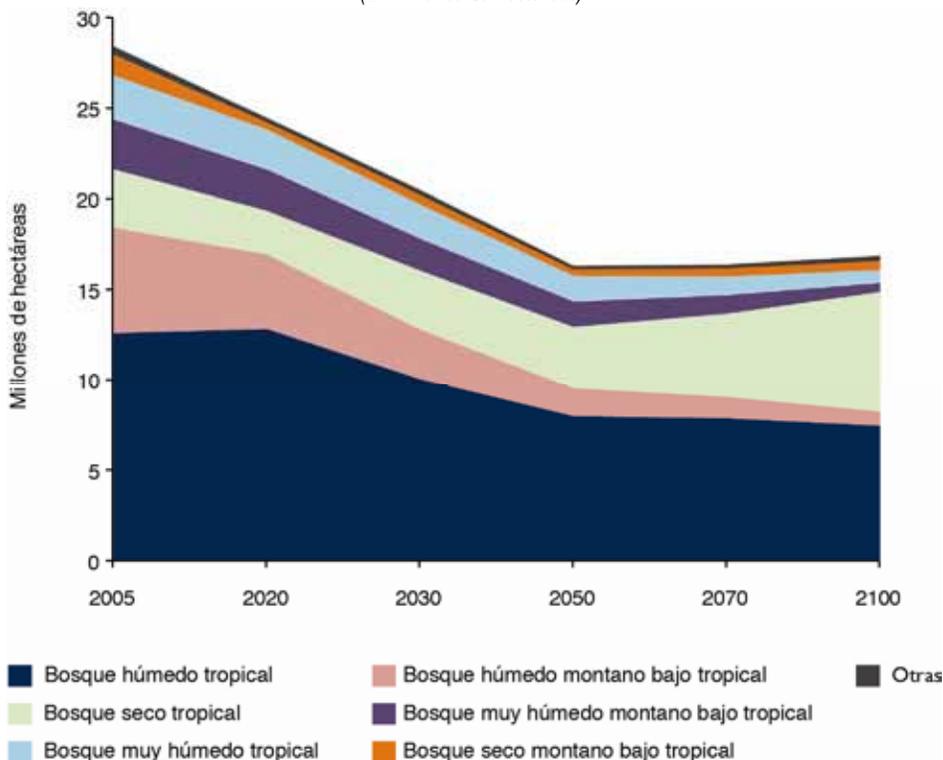
Zona de vida	Superficie					
	2005	2020	2030	2050	2070	2100
Bosque muy seco tropical	38,9	-	53,3	67,8	140,3	209,8
Bosque muy seco montano bajo tropical	-	-	-	7,4	2,1	13,4
Bosque seco tropical	3 232,5	2 430,4	3 267,8	3 395,3	4 604,9	6 621,2
Bosque seco montano bajo tropical	1 115,3	360,1	490,3	336,4	443,4	485,8
Bosque húmedo tropical	12 591,3	12 836,8	10 049,1	7 986,1	7 868,2	7 459,7
Bosque húmedo montano bajo tropical	5 823,8	4 121,7	2 779,3	1 593,9	1 236,0	831,5
Bosque húmedo montano tropical	29,9	-	7,0	6,4	1,1	-
Bosque muy húmedo tropical	2 448,0	2 214,8	1 872,9	1 388,8	988,2	675,9
Bosque muy húmedo montano bajo tropical	2 734,6	2 262,6	1 753,2	1 396,6	1 018,2	496,0
Bosque muy húmedo montano tropical	167,6	188	34,1	12,9	16,2	10,6
Bosque pluvial tropical	124,8	55,3	110,7	70,6	35,7	18,1
Bosque pluvial montano bajo tropical	93,8	2,1	66,6	39,7	14,8	-
Otras	-	-	-	-	0,5	44,7
Total	28 400,5	24 471,8	20 484,3	16 301,9	16 369,6	16 866,7

Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico 3 se muestra la evolución de las zonas de vida con CUT y escenario A2 para el período 2005 a 2100. Se puede apreciar que la superficie total con cobertura natural en Centroamérica disminuiría a 16,9 millones de hectáreas aproximadamente en 2100, similar al valor estimado en el escenario CUT. En el gráfico se destaca el incremento de la superficie del bosque seco tropical, sobre todo a partir de 2050. En cambio, las superficies del bosque húmedo montano bajo tropical, bosque muy húmedo montano bajo tropical, bosque muy húmedo tropical y en menor medida, el bosque seco montano bajo tropical y bosque húmedo tropical, disminuirían.

Para 2100, la superficie del bosque seco tropical aumentaría en 3,3 millones de hectáreas, mientras que las del bosque húmedo tropical y el bosque húmedo montano bajo tropical disminuirían aproximadamente en 5 millones de hectáreas cada uno.

**GRÁFICO 3**  
**CENTROAMÉRICA: SUPERFICIE DE ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE, 2005 Y CAMBIO DE USO DE TIERRA**  
**Y ESCENARIO A2, CON CORTES A 2100**  
 (En millones de hectáreas)



Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 10 se muestra la proporción de cada zona de vida respecto a la superficie de cobertura natural anual total durante el período 2005 a 2100 con CUT y escenario A2. Destaca el incremento de la superficie de bosque seco tropical que pasaría del 11% en 2005 a cerca del 39% en 2100. Esta zona se convertiría en la segunda más representativa después del bosque húmedo tropical. Otras zonas que aumentarían relativamente su proporción son el bosque muy seco tropical y el bosque muy seco montano bajo tropical. Pese a que el bosque húmedo tropical es la zona de vida con mayor extensión, tendría la mayor pérdida de superficie durante el período de estudio (5 millones de hectáreas), su proporción respecto al total se mantendría en 44%. La zona de vida que más disminuiría en términos relativos es el bosque húmedo montano bajo tropical que pasaría de representar el 21% del total en 2005 al 5% en 2100. Otras zonas de vida que cuyas proporciones disminuirían relativamente son el bosque muy húmedo montano bajo tropical, el bosque muy húmedo tropical y el bosque seco montano bajo tropical.

En el mapa 5 se representa la evolución espacial de las zonas de vida de Centroamérica para el período 2005 a 2100 en el escenario CUT y el escenario más pesimista de cambio climático (A2). Destaca el incremento de la superficie total de bosque seco tropical y la disminución del bosque

húmedo tropical y el bosque húmedo montano bajo tropical. En el cuadro 11 se muestra la superficie estimada de cada zona de vida por país a 2100.

En la mayoría de los países, la superficie del bosque húmedo tropical sería menor en 2100 que la estimada en el escenario CUT. No obstante y de acuerdo con los resultados, el bosque húmedo tropical sería la zona de vida con mayor superficie, estimada en 7,5 millones de hectáreas, las cuales se distribuirían de la siguiente manera: Nicaragua 29%, Panamá cerca del 27%, Guatemala, Costa Rica y Honduras alrededor de 12% cada uno, Belice 8% y El Salvador 0.1%. Respecto de la diferencia con 2005, Costa Rica aumentaría la superficie de esta zona de vida en un 26%(183.000 hectáreas), mientras que en los demás países disminuiría en el siguiente orden: Nicaragua (1.8 millones de hectáreas), Guatemala (1,4 millones de hectáreas) y Honduras (1,2 millones de hectáreas). El país con la mayor disminución relativa sería El Salvador con una pérdida estimada del 96%, seguido por Guatemala y Honduras con una pérdida aproximada del 60% cada uno.

**CUADRO 10**  
**CENTROAMÉRICA: PROPORCIÓN DE LA SUPERFICIE POR ZONA DE VIDA DE HOLDRIDGE, 2005**  
**Y CON CAMBIO DE USO DE TIERRA Y ESCENARIO A2, CON CORTES A 2100**

(En porcentajes)

Zona de vida	Superficie					
	2005	2020	2030	2050	2070	2100
Bosque muy seco tropical	0,14	-	0,26	0,42	0,86	1,25
Bosque muy seco montano bajo tropical	-	-	-	0,05	0,01	0,08
Bosque seco tropical	11,38	9,93	15,95	20,84	28,14	39,39
Bosque seco montano bajo tropical	3,92	1,47	2,39	2,06	2,71	2,88
Bosque húmedo tropical	44,34	52,45	49,06	49,01	48,07	44,38
Bosque húmedo montano bajo tropical	20,51	16,84	13,57	9,78	7,55	4,95
Bosque húmedo montano tropical	0,11	-	0,03	0,04	0,01	-
Bosque muy húmedo tropical	8,62	9,05	9,14	8,52	6,04	4,02
Bosque muy húmedo montano bajo tropical	9,63	9,25	8,56	8,57	6,22	2,95
Bosque muy húmedo montano tropical	0,59	0,77	0,17	0,08	0,10	0,06
Bosque pluvial tropical	0,44	0,23	0,54	0,43	0,22	0,11
Bosque pluvial montano bajo tropical	0,33	0,01	0,33	0,24	0,09	-
Otras	-	-	-	-	0,01	0,27
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Fuente: Elaboración propia.

Casi el 70% de la superficie de bosque húmedo montano bajo tropical se distribuiría en Guatemala y Panamá con alrededor de 300.000 hectáreas cada uno. Belice tendría la mayor pérdida relativa, el 100% respecto a 2005 (353.000 hectáreas). Nicaragua, Honduras y El Salvador perderían más del 90% y Honduras más del 80%. En términos absolutos, Honduras y Guatemala perderían las mayores superficies de esta zona de vida, 1,9 millones de hectáreas y 1,6 millones de hectáreas, respectivamente. La menor pérdida de superficie sería la de El Salvador, 206.000 hectáreas. Destacan Panamá y Costa Rica, cuyas superficies aumentarían 43.700 y 21.400 hectáreas respecto a 2005.

**CUADRO II**  
**CENTROAMÉRICA: SUPERFICIE DE ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE CON CAMBIO DE USO DE TIERRA**  
**Y ESCENARIO A2 POR PAÍS, 2100**

(En miles de hectáreas)

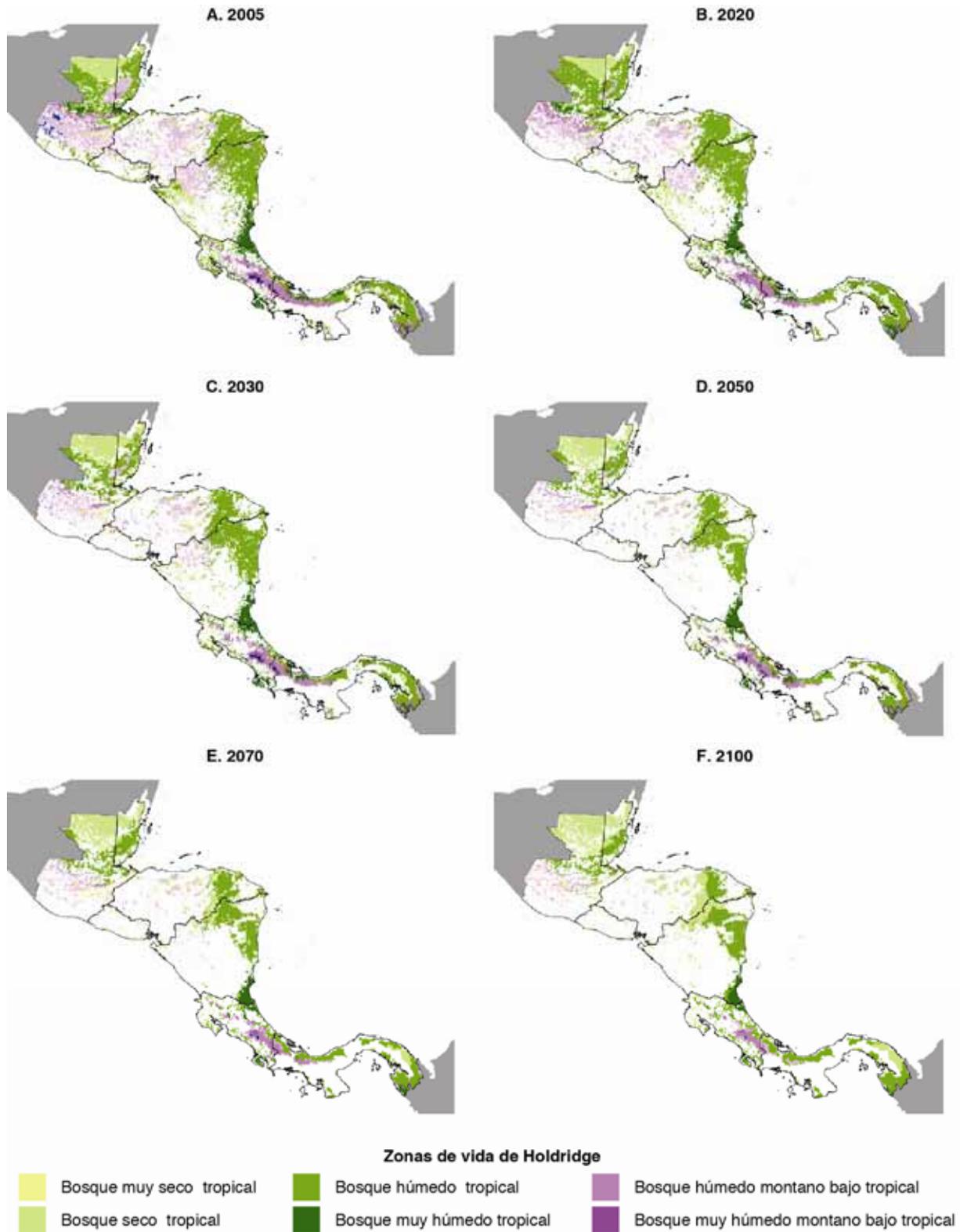
Zona de vida	Belice	Costa Rica	El Salvador	Guatemala	Honduras	Nicaragua	Panamá
Bosque muy seco tropical	-	-	1,5	143,3	33,5	28,3	3,3
Bosque muy seco montano bajo tropical	-	-	-	13,4	-	-	-
Bosque seco tropical	761,1	243,1	128,5	2 543,3	1 377,5	894,7	672,9
Bosque seco montano bajo tropical	-	0,8	4,1	344,5	132,6	3,9	-
Bosque húmedo tropical	609,7	886,0	11,1	923,3	851,3	2 176,8	2 001,5
Bosque húmedo montano bajo tropical	-	109,3	14,5	323,5	116,0	15,5	252,8
Bosque húmedo montano tropical	-	-	-	-	-	-	-
Bosque muy húmedo tropical	0,9	213,9	-	26,1	-	400,6	34,4
Bosque muy húmedo montano bajo tropical	-	441,5	-	15,2	-	-	39,3
Bosque muy húmedo montano tropical	-	10,6	-	-	-	-	-
Bosque pluvial tropical	-	18,1	-	-	-	-	-
Bosque pluvial montano bajo tropical	-	-	-	-	-	-	-
Otras	-	-	-	44,7	-	-	-
<b>Total</b>	<b>1 371,7</b>	<b>1 923,2</b>	<b>159,7</b>	<b>4 377,4</b>	<b>2 510,8</b>	<b>3 519,8</b>	<b>3 004,2</b>

Fuente: Elaboración propia.

En todos los países la superficie del bosque seco tropical bajo el escenario A2 sería mayor que la estimada en el escenario CUT. Guatemala tendría la mayor superficie en 2100, 2,5 millones de hectáreas, equivalentes al 40% de esta zona de vida en Centroamérica. La segunda mayor superficie correspondería a Honduras, 1,4 millones de hectáreas (21%). El resto de los países tendrían superficies menores a 1 millón de hectáreas. El Salvador tendría 128.000 hectáreas, pero en todos ellos la superficie aumentaría. El mayor incremento respecto a 2005 sería de Panamá, 856% (602.000 hectáreas), seguido por El Salvador 431% (104.000 hectáreas), Honduras 374% (1 millón de hectáreas), Costa Rica 318% (185.000 hectáreas), Belice 143% (448.000 hectáreas), Guatemala 49% (833.000 hectáreas) y Nicaragua 17% (128.000 hectáreas). En términos absolutos, el país con mayor incremento sería Honduras seguido por Guatemala, Panamá y Belice.

Para 2100 con escenario A2, la superficie estimada del bosque muy húmedo montano bajo tropical sería menor que la estimada en el escenario CUT en todos los países. En 2100, la mayor superficie de bosque muy húmedo montano bajo tropical correspondería a Costa Rica con 441.000 hectáreas, alrededor del 90% de la superficie de esta zona de vida en la región. El 10% restante se distribuiría en Panamá y Guatemala. En Belice, El Salvador, Honduras y Nicaragua se perdería el 100% de la superficie estimada en 2005, asimismo, las pérdidas de Guatemala y Panamá serían superiores al 95%. Costa Rica tendría la menor pérdida de superficie, 50% respecto al valor histórico. En términos absolutos, los países que perderían mayor superficie de esta zona de vida son Panamá (889.000 hectáreas), Guatemala (755.000 hectáreas) y Costa Rica (444.000 hectáreas).

**MAPA 5**  
**CENTROAMÉRICA: SUPERFICIE DE ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE, 2005 CON CAMBIO DE USO DE TIERRA Y ESCENARIO A2, CON CORTES A 2100**



Fuente: Elaboración propia.

En todos los países ocurriría una disminución del bosque muy húmedo tropical respecto al valor de 2005. Nicaragua tendría la mayor superficie en 2100, 400.000 hectáreas, seguido por Costa Rica con 213.000 hectáreas. Ambos países juntos tendrían más del 90% de la superficie de esta zona de vida. Belice, Guatemala y Panamá experimentarían la mayor pérdida relativa respecto a 2005, más del 90%. La menor pérdida relativa ocurriría en Nicaragua, alrededor del 51%. Pero en términos absolutos, Panamá, Guatemala, Nicaragua y Costa Rica tendrían las mayores pérdidas, alrededor de 400.000 hectáreas.

El bosque seco montano bajo tropical fue durante 2005 la sexta zona de vida con mayor superficie, distribuida en El Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua. Para 2100 se espera que esta zona de vida aparezca en Costa Rica. El país con la mayor superficie sería Guatemala con 344.000 hectáreas, el 71% de la región, seguida por Honduras con 133.000 hectáreas. Se espera que la superficie aumente alrededor de 1.000 hectáreas respecto a 2005 en Guatemala, El Salvador y Costa Rica, mientras que en Nicaragua y Honduras se esperan pérdidas superiores a las 300.000 hectáreas.

Finalmente, el bosque muy seco tropical, el bosque pluvial tropical, el bosque muy seco montano bajo tropical y el bosque muy húmedo montano tropical tendrían las menores superficies en 2100. Pero destaca el surgimiento en Guatemala de nuevas ZVH como por ejemplo el bosque muy seco montano bajo tropical, los cuales no fueron identificados en 2005, además el incremento del bosque muy seco tropical y la pérdida del bosque húmedo montano tropical.

## COMPARACIÓN DE ESCENARIOS

Los resultados de la simulación de la evolución de las ZVH en Centroamérica difieren según el escenario considerado. En los gráficos 4 a 11 se muestran los resultados bajo cada uno de ellos: 4(A) con CUT, 4 (B) con CUT y B2 y 4 (C) con CUT y A2.

Con respecto a los potenciales cambios en las seis mayores zonas de vida boscosas de Centroamérica bajo el escenario menos pesimista (B2), se estima que el bosque húmedo tropical seguirá siendo la zona predominante. Su superficie fluctuaría entre aproximadamente diez y 14 millones de hectáreas durante el siglo, terminando con aproximadamente 12 a 2100. Su proporción del total aumentaría de 44% en 2005 a poco más de 70% en 2100. El bosque muy húmedo tropical experimentaría fluctuaciones en extensión de 2,4 millones de hectáreas a 2,9 en el corte de 2030 para posteriormente reducirse a 1,8 millones de hectáreas al final del siglo. No obstante, quedaría como la segunda ZVH más representativa con el 11% del total. Aunque su superficie se reduciría de 2,7 a 1,3 millones de hectáreas, el bosque muy húmedo montano bajo tropical, quedaría en casi 8% de la superficie natural al final del siglo. El bosque húmedo montano bajo tropical reduciría su cobertura de 5,8 millones de hectáreas a menos de uno hacia finales del siglo, llegando a disminuir su proporción de 21% a 6% del total. Las ZVH de categoría seca tenderían a reducirse en mayor proporción: el bosque seco tropical representaba 11% del total en 2005 y se reduciría a menos de 2% al corte 2050 y menos de 4% a 2100; el bosque seco montano bajo tropical que representaba 4% del superficie natural en 2005 se extinguiría en las próximas décadas. En resumen, este escenario estima que habría una mayor presencia del bosque húmedo tropical con menos representación de las otras ZVH históricamente presentes, especialmente las secas.

Con respecto a los potenciales cambios en las seis mayores zonas de vida boscosas de Centroamérica bajo el escenario más pesimista (A2), se estima que el bosque húmedo tropical aumentaría ligeramente en superficie en los próximos años, a partir de los 12,6 millones de hectáreas que ocupaba en 2005, pero durante el resto del siglo sufriría reducciones, y tendría en 7,5 millones de hectáreas en 2100. Así, al final del siglo representaría 44% del total, similar a su proporción en 2005. El bosque seco tropical experimentaría el mayor aumento en superficie, pasando de 3,2 millones de hectáreas a 6,6 en 2100; su porción del total aumentaría de 11% a 39%. Estas dos ZVH llegarían a dominar con casi 84% del total de la superficie de ecosistemas. Las otras zonas de vida de categoría húmeda sufrirían reducciones significativas: los bosques húmedo montano bajo tropical, muy húmedo montano bajo tropical y muy húmedo tropical disminuirían de 21%, 10% y 9% del total en 2005 a 5%, 3% y 4% al final del siglo, respectivamente. En resumen, en este escenario el bosque húmedo tropical reduciría su dominio y el bosque seco tropical se expandiría, con menos representación de las otras ZVH históricamente presentes, especialmente las húmedas.

Mientras que el escenario CUT no sugiere cambios en la distribución de la ZVH, los dos escenarios sugieren patrones de ZVH que se van diferenciando con el paso del tiempo, uno hacia zonas de categoría más seca (A2) y otra hacia zonas más húmedas (B2). Al mismo tiempo, en ambos escenarios se estiman un aumento de las zonas húmedas alrededor del corte 2020 y una reducción de la diversidad de zonas de vida durante el siglo. Se evidencia el aumento de presión que la actividad humana tendría sobre los ecosistemas para las próximas décadas.

Existirían variaciones entre los países. En Belice, el bosque húmedo tropical podría llegar a 90% de la superficie natural en 2100 con B2, pero con A2 ésta zona cubriría 44% y 55% podría ser apta para el bosque seco tropical. En El Salvador, el bosque húmedo tropical y el bosque húmedo montano bajo tropical representan 40% y 50% en el escenario CUT. Bajo el escenario B2, el primero se aumentaría a 78% al final del siglo, mientras que con A2, se reduciría a 7% frente a una expansión del bosque seco tropical de 80%.

En Honduras, en el escenario CUT dominan los bosques húmedo tropical (58%) y bosque húmedo montano bajo tropical (37%). Mientras que el primero se aumentaría a 85% hacia finales del siglo en B2, considerando el escenario A2 se reduciría a 34%, bajo este mismo escenario el bosque seco tropical aumentaría a 54%. En el caso de Nicaragua, el bosque húmedo tropical representaría 66% en el escenario CUT y 77% en B2, pero se reduciría a 62% en A2 hacia finales del siglo. En el primer escenario, esta zona es seguida en superficie por el bosque muy húmedo tropical (17%) y el bosque húmedo montano bajo tropical (12%). En B2, el bosque muy húmedo tropical se expandiría a 20%. En A2, la zona que llegaría a ser la segunda en extensión es el bosque seco tropical con 25%, seguido por el bosque muy húmedo tropical con 11%.

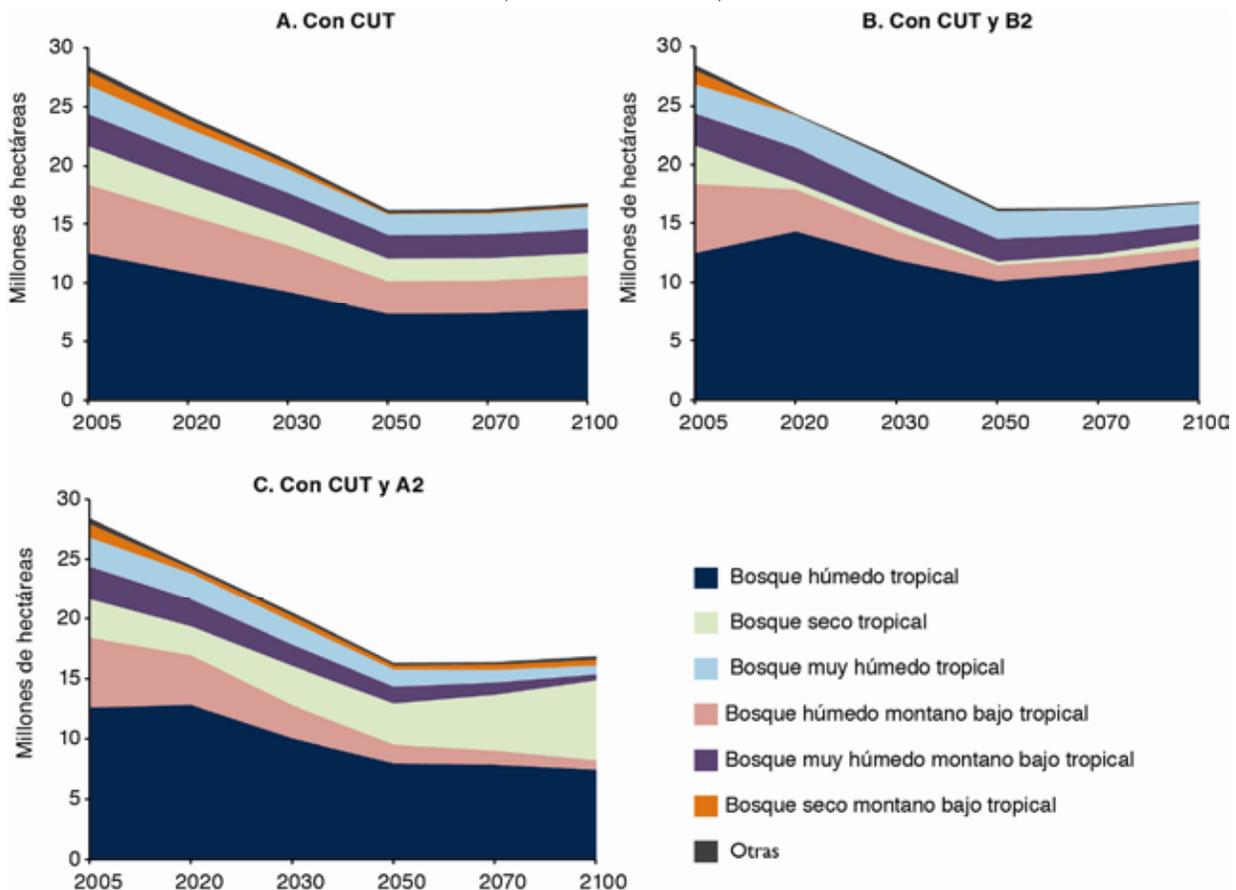
Guatemala cuenta con la mayor diversidad de zonas de vida en su escenario CUT, con bosques seco tropical, húmedo tropical y húmedo montano bajo tropical representando 32%, 30% y 19% de la superficie natural. Con B2, el segundo aumentaría hasta 70% en 2100, mientras que en A2 aumentaría el bosque seco tropical hasta 58% para representar una mayor superficie que el bosque húmedo tropical.

Panamá y Costa Rica experimentarían patrones similares en los tres escenarios. En Panamá, el bosque húmedo tropical mantendría su predominio con 52%, 68% y 66% en CUT, B2 y A2 respectivamente, a 2100. El bosque muy húmedo montano bajo tropical representa 26% en el escenario con CUT, pero se reduciría a niveles mínimos tanto con B2 como A2. Con B2, las otras dos zonas con mayor presencia serían el bosque húmedo montano bajo tropical con 12% y el bosque seco

tropical con 13% a 2100. Con A2, predominaría más esta última ZVH con 22%. En Costa Rica, tres zonas seguirán dominando en los tres escenarios: los bosques húmedo tropical, muy húmedo tropical y muy húmedo montano bajo tropical. Con B2 el bosque húmedo tropical aumentaría de 27% en 2005 a 35% en 2100, pero los otros dos mantienen su presencia, cambiando de 24% a 23% y 35% a 33%, respectivamente. Mientras que con A2, estas dos zonas se reducirían a 11% y 22% respectivamente al final del siglo, y se observa mayor presencia del bosque seco tropical (12%) y el bosque húmedo tropical (46%).

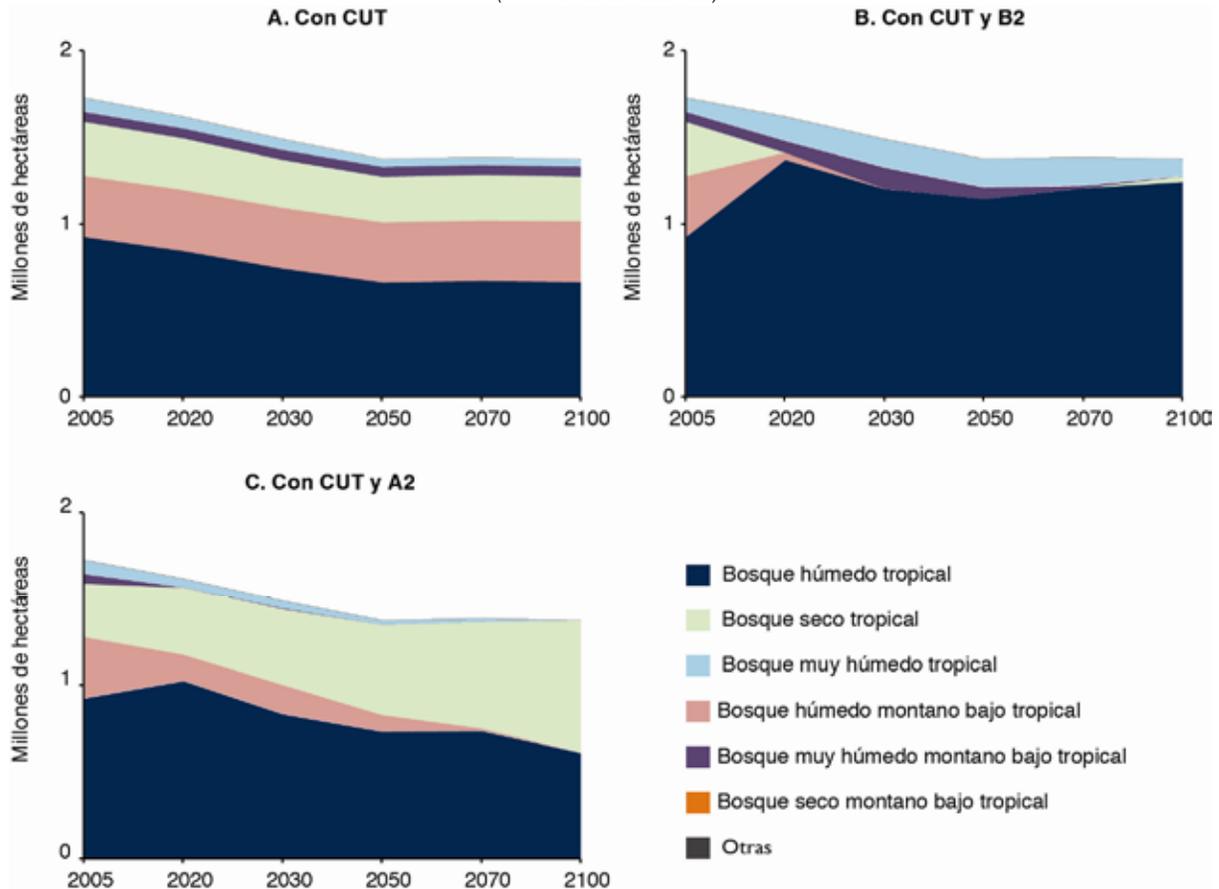
Este trabajo puede complementarse en el futuro con un análisis sobre cómo los cambios estimados en los patrones intraanuales de precipitación, la aridez y los meses secos podrían afectar los ecosistemas, información disponible en otras publicaciones de ésta Serie técnica 2012.

**GRÁFICO 4**  
**CENTROAMÉRICA: SUPERFICIE DE ZONAS DEVIDA DE HOLDRIDGE, 2005 Y ESCENARIOS,**  
**CON CORTES A 2100**  
*(En millones de hectáreas)*



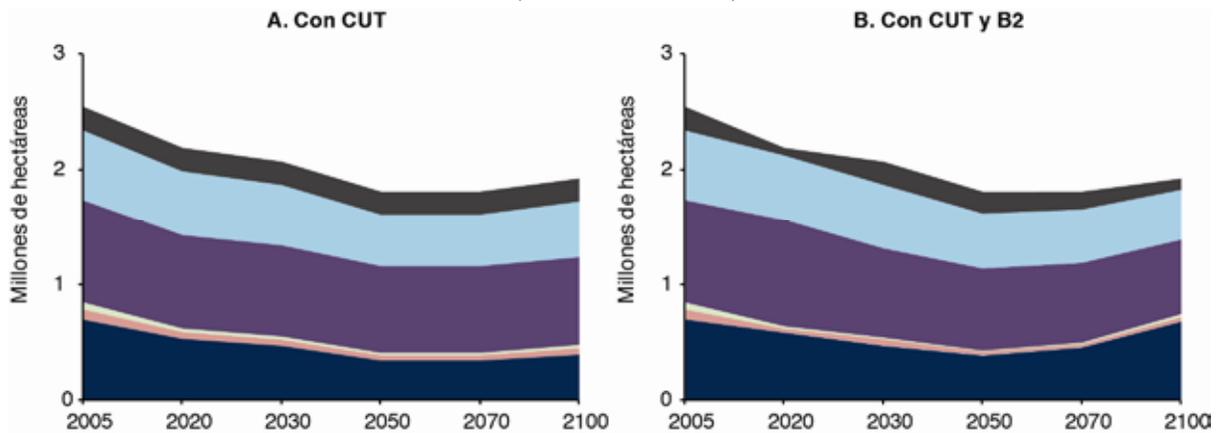
Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO 5**  
**BELICE: SUPERFICIE DE ZONAS DEVIDA DE HOLDRIDGE, 2005 Y ESCENARIOS, CON CORTES A 2100**  
 (En millones de hectáreas)



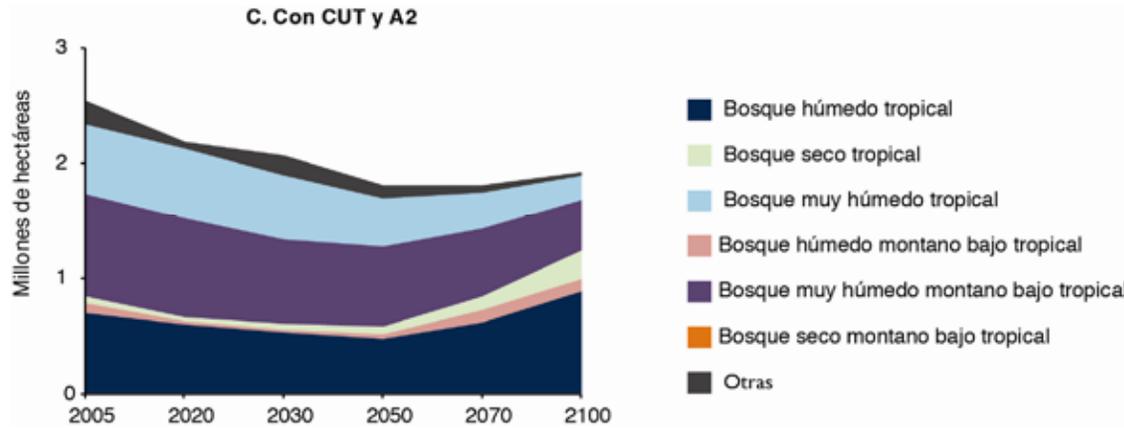
Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO 6**  
**COSTA RICA: SUPERFICIE DE ZONAS DEVIDA DE HOLDRIDGE, 2005 Y ESCENARIOS, CON CORTES A 2100**  
 (En millones de hectáreas)



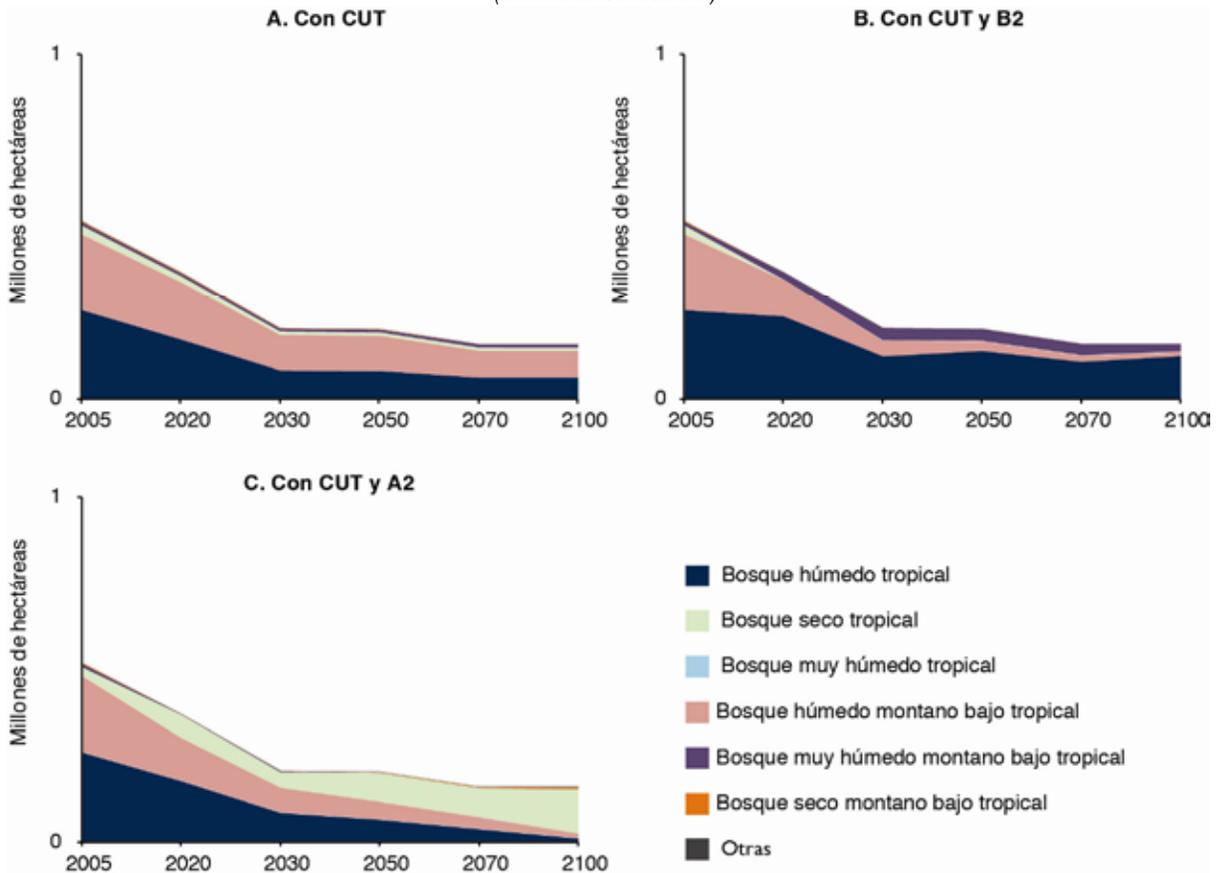
(continúa)

(continuación Gráfico 6)



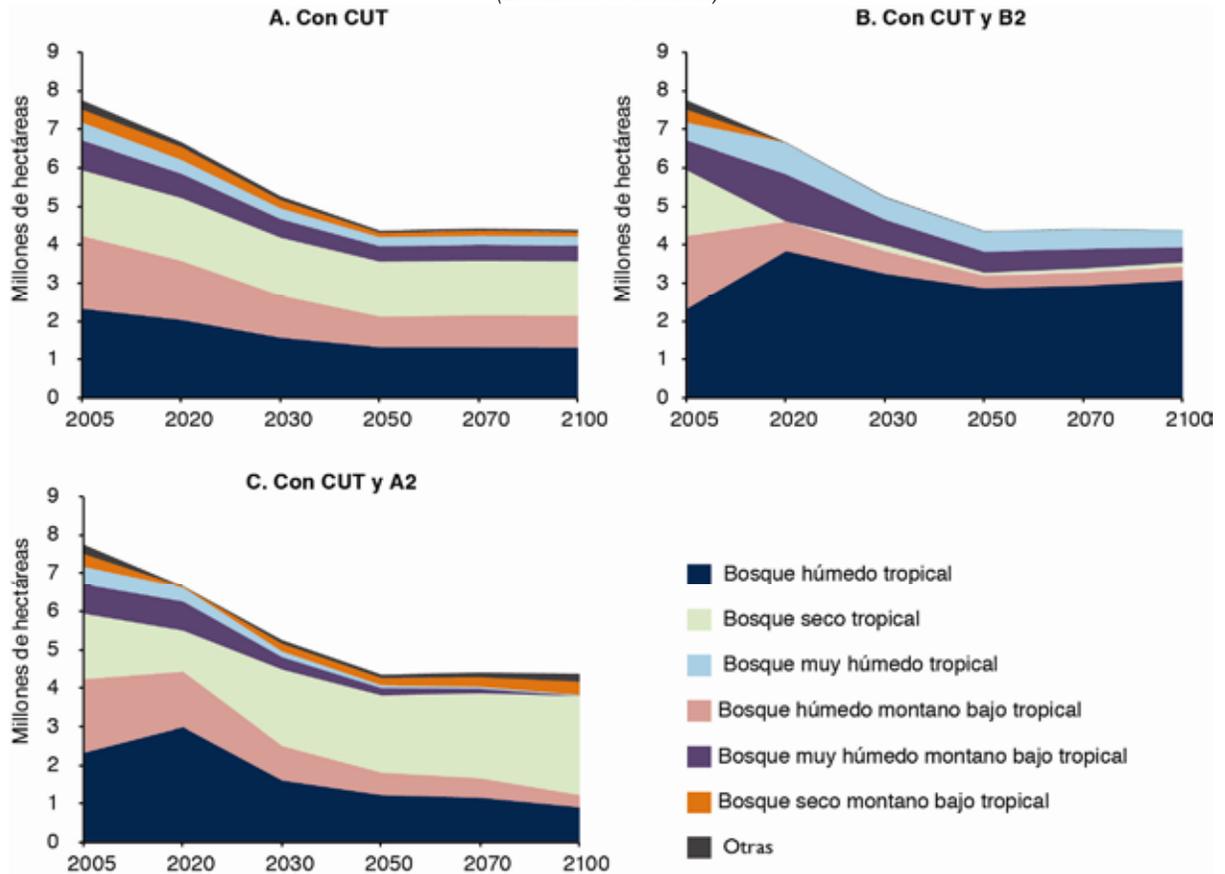
Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO 7**  
**EL SALVADOR: SUPERFICIE DE ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE, 2005 Y ESCENARIOS, CON CORTES A 2100**  
 (En millones de hectáreas)



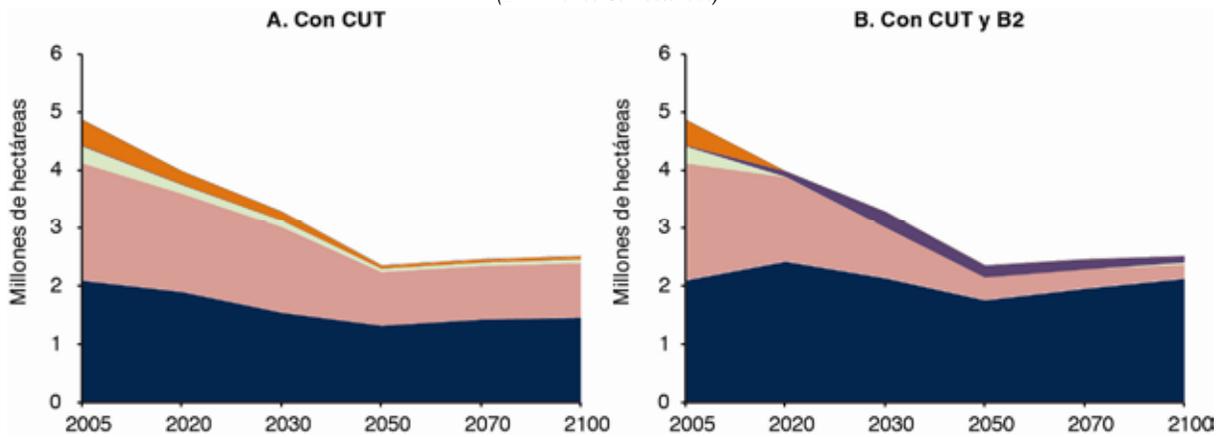
Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO 8**  
**GUATEMALA: SUPERFICIE DE ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE, 2005 Y ESCENARIOS, CON CORTES A 2100**  
 (En millones de hectáreas)



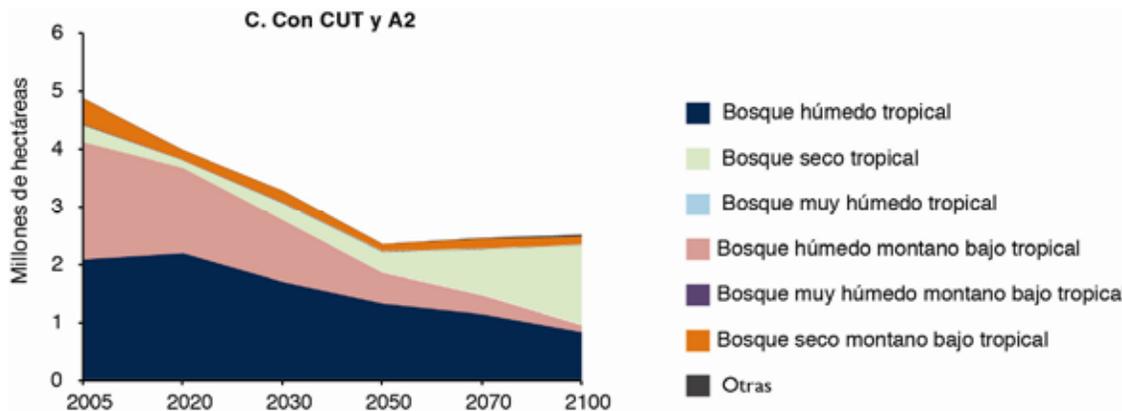
Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO 9**  
**HONDURAS: SUPERFICIE DE ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE, 2005 Y ESCENARIOS, CON CORTES A 2100**  
 (En millones de hectáreas)



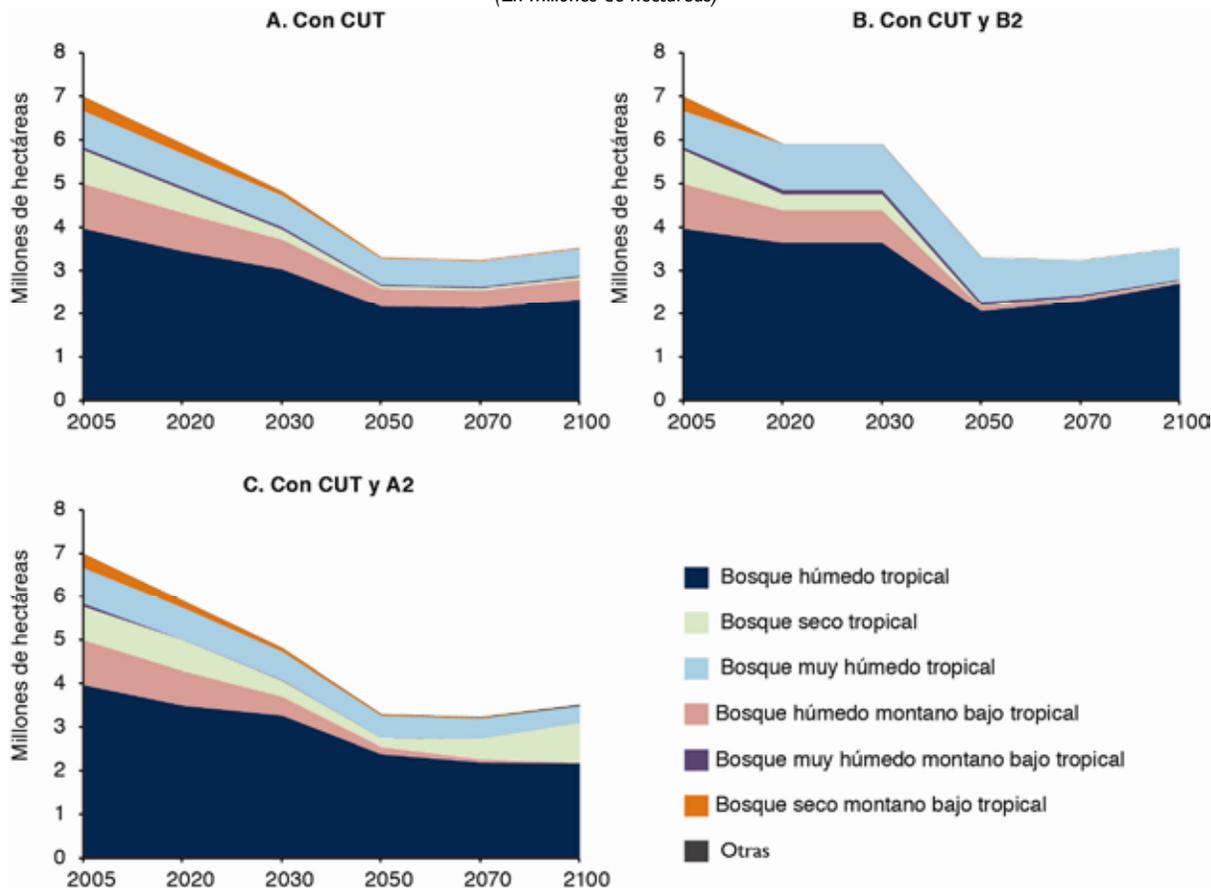
(continúa)

(continuación Gráfico 9)



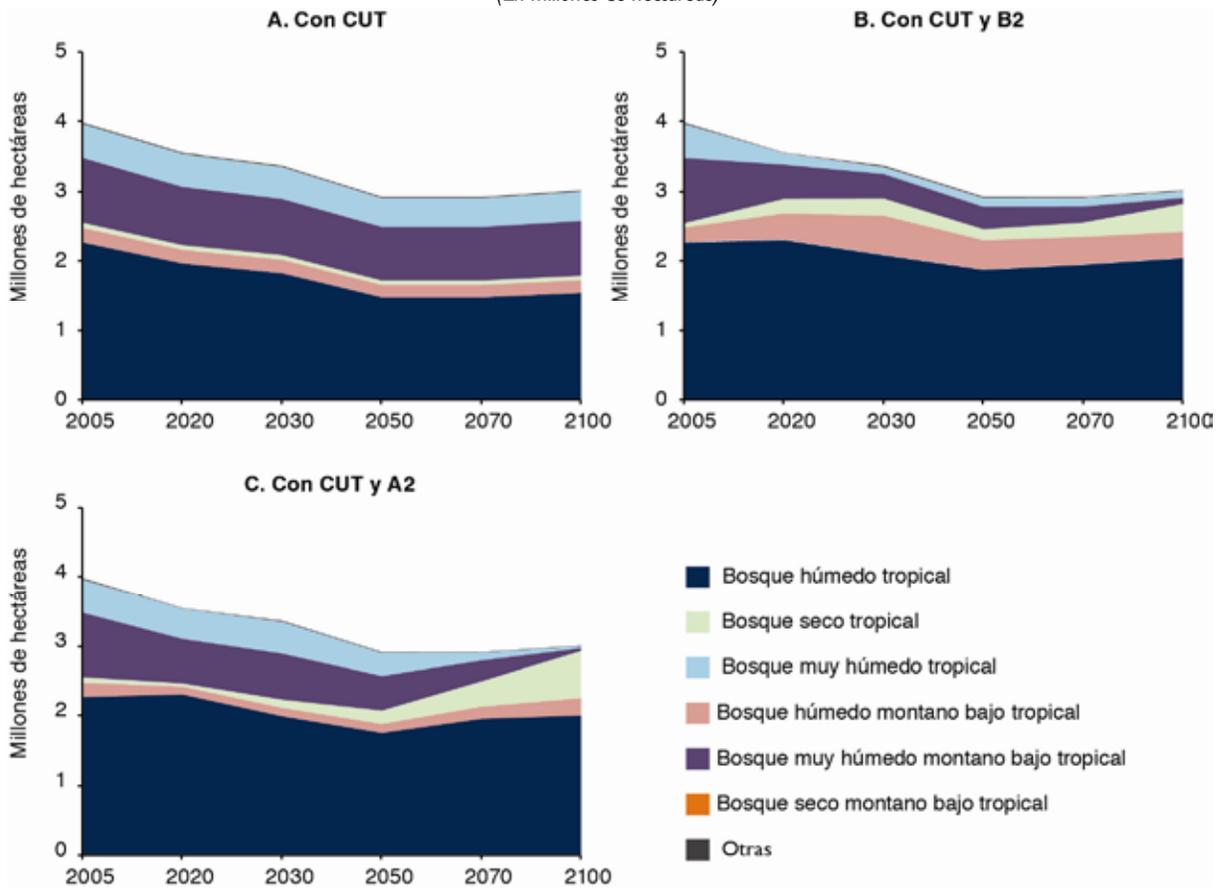
Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO 10**  
**NICARAGUA: SUPERFICIE DE ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE, 2005 Y ESCENARIOS, CON CORTES A 2100**  
 (En millones de hectáreas)



Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO II**  
**PANAMÁ: SUPERFICIE DE ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE, 2005 Y ESCENARIOS, CON CORTES A 2100**  
 (En millones de hectáreas)

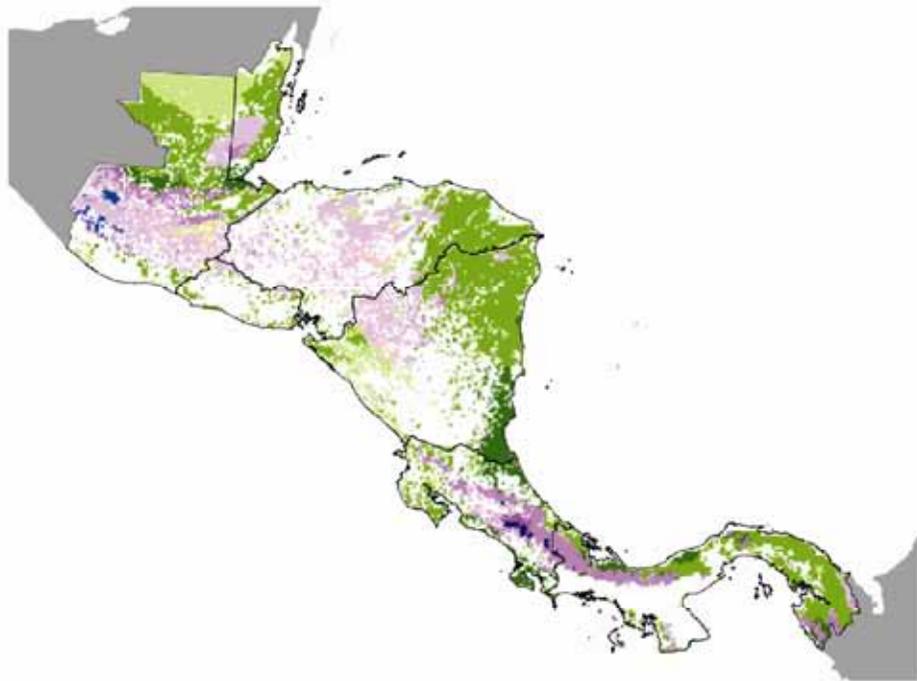


Fuente: Elaboración propia.

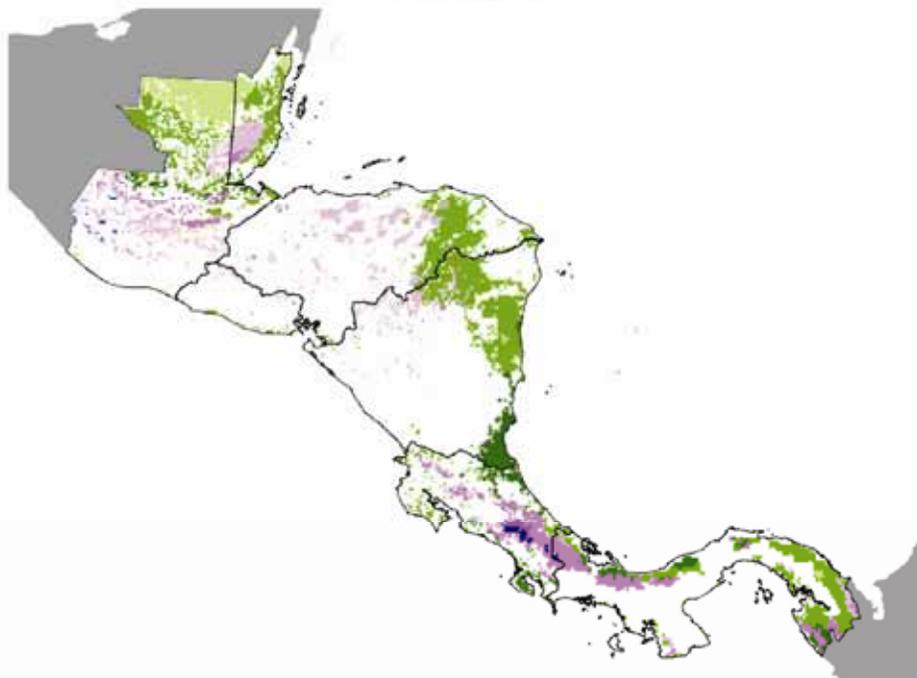
En el mapa 6 se observa una comparación de las superficies de las zonas de vida en 2005 con las estimadas en 2100 en los tres escenarios. Se puede apreciar que en B2 la superficie de bosque húmedo tropical aumentaría notablemente, sobre todo en la zona norte de Guatemala y Belice, pero en A2 esta zona de vida disminuiría, mientras que la del bosque seco tropical aumentaría en la misma región. El mismo fenómeno ocurriría en Honduras, Guatemala y Panamá.

En resumen, los resultados sugieren que la superficie total de cobertura natural estaría determinada por CUT. De esta forma, los escenarios de cambio climático no arrojan variación de la superficie total, pero prevén un cambio en su composición. En el escenario CUT destaca la disminución de la superficie de todas las zonas de vida. En el escenario CUT y B2 habría un incremento (o una menor disminución) de la superficie de bosque húmedo tropical en la mayoría de los países, mientras que las zonas secas disminuirían. En el escenario CUT y A2 destaca el incremento de la superficie de zonas de vida secas, principalmente del bosque seco tropical y la disminución de las zonas de vida húmedas. Ambos escenarios prevén un incremento de las zonas de vida húmedas, principalmente el bosque húmedo tropical, cercano a 2020.

**MAPA 6**  
**CENTROAMÉRICA: SUPERFICIE DE ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE, 2005**  
**Y ESCENARIOS A 2100**  
**A. 2005**



**B. CUT, 2100**

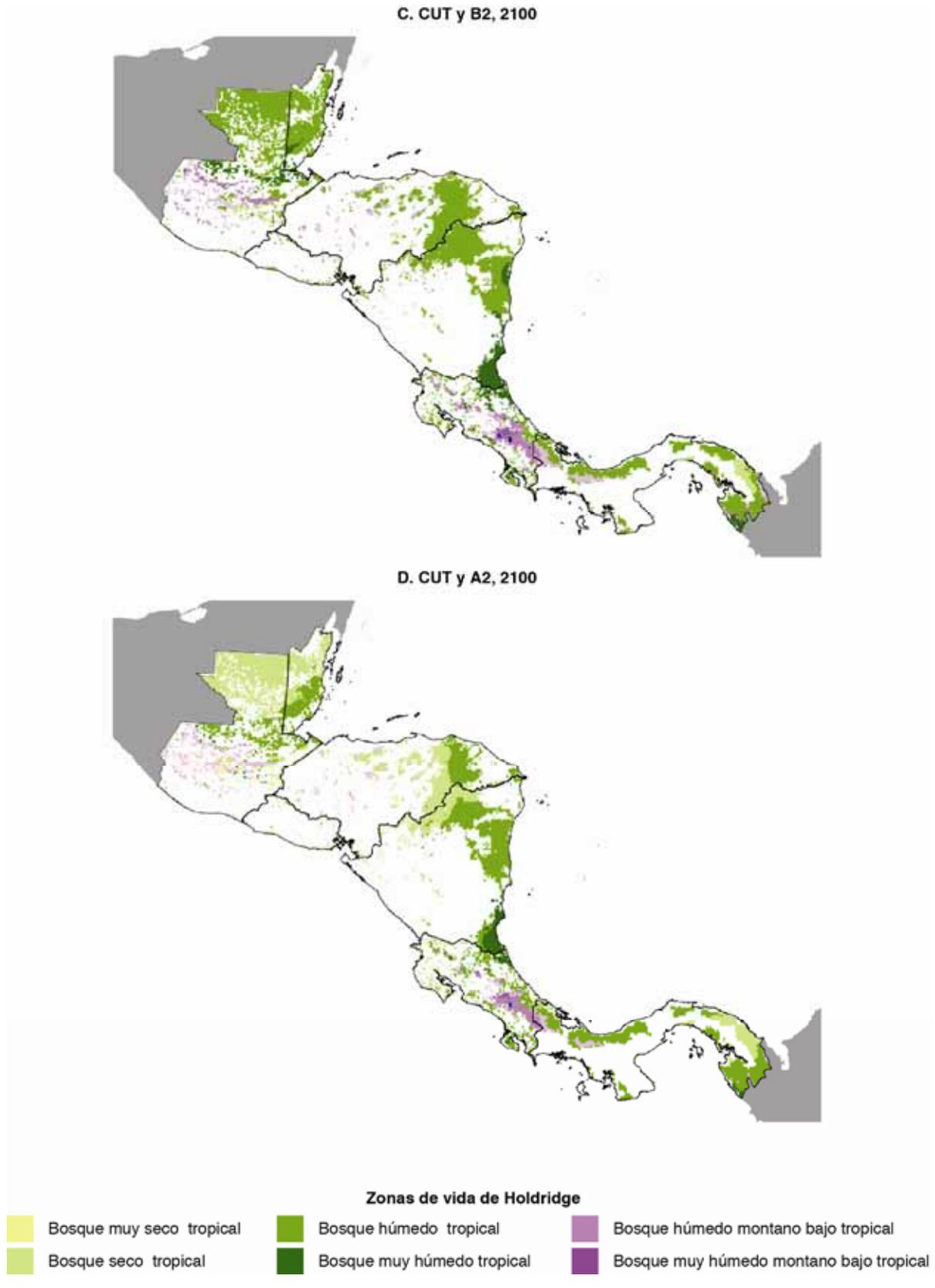


**Zonas de vida de Holdridge**

 Bosque muy seco tropical	 Bosque húmedo tropical	 Bosque húmedo montano bajo tropical
 Bosque seco tropical	 Bosque muy húmedo tropical	 Bosque muy húmedo montano bajo tropical

(continúa)

(continuación Mapa 6)



Fuente: Elaboración propia.

## 4. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS ZONAS DE VIDA DE CENTROAMÉRICA

### INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas ofrecen muchos servicios a la sociedad humana: alimentos y otros productos naturales (madera, productos agrícolas, etc.), medicamentos (plantas), materias primas, diversidad genética, recreación, experiencias estéticas y culturales. (Costanza y Daly, 1992; Barbier y otros, 1994; Costanza y otros, 1997; Daily, 1997). De acuerdo con la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2005), el bosque es el ecosistema que provee mayor cantidad de servicios: agua dulce, alimentos, madera, combustible, fibras, nuevos productos, regulación de la biodiversidad, ciclo de nutrientes, calidad del aire y clima, salud humana, detoxificación, regulación de riesgos naturales, servicios culturales y amenidades. Así, los servicios ecosistémicos contribuyen a los procesos de producción, distribución y consumo y, por tanto, tienen un valor económico incuestionable. Sin embargo, este valor no se refleja adecuadamente en los precios de mercado, cuando lo tienen. Los servicios suelen clasificarse en cuatro grandes grupos, como se muestra en el diagrama 2.

**DIAGRAMA 2**  
**TIPOLOGÍA DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS**



Fuente: Elaboración propia con base en Millenium Ecosystem Assessment, 2003.

Las actividades humanas han perturbado y siguen perturbando los procesos y servicios de los ecosistemas mediante los procesos industriales y la obtención de medios de vida en general. Las respuestas de los ecosistemas a las actividades humanas suelen ser imprevisibles por su complejidad dinámica (Scheffer y otros, 2000). Hoy en día, los seres humanos dominan grandes porciones de la biosfera y sus actividades influyen en casi todas partes del planeta (Vitousek y otros, 1997).

La sociedad ha empezado a recapacitar en la importancia de estos servicios y en el impacto humano sobre el ambiente a medida que los costos, disponibilidad de los recursos y la sustitución tecnológica se hacen más y más evidentes (Ehrlich y Mooney, 1983; Daily, 1997). No obstante, la tendencia a la subvaloración persiste. Una razón de esta persistencia es que los conceptos de valor económico se han basado en una definición restringida de los aportes ecosistémicos. Los ecosistemas forestales han sido concebidos por los economistas como abastecedores de materias primas que se negocian en el mercado. Estos usos directos, valiosos en sí mismos, representan una pequeña porción de su valor total.

El concepto de valor económico total (VET), introducido hace más de dos décadas (Pearce, 1990), es un marco utilizado para identificar y valorar los beneficios de los ecosistemas. En lugar de centrarse en su valor comercial directo, VET integra valores de subsistencia y de no mercado, funciones ecológicas y beneficios de no uso. Así, el VET considera la gama de características de los ecosistemas como sistemas integrados. El VET se divide en valores de uso directo, de uso indirecto, de opción y de existencia, como se muestra en el cuadro 12. Los valores económicos del bosque tropical, considerando sus amplios beneficios se presentan en el cuadro 13.

No obstante, las técnicas para cuantificar beneficios de los bosques tropicales y expresarlos en términos monetarios también han avanzado en las últimas décadas (Bishop, 1999 y Lette y de Boo, 2002). Hoy se dispone de una amplia gama de métodos para valorar los beneficios forestales más allá de los valores de uso directo y de precios de mercado.

Los métodos de valoración se han destacado en los estudios y debates sobre los servicios ecosistémicos debido a que se utilizan en la formulación de políticas y la conservación de los mismos (Regens, 1991; Arrow y otros, 2000). Las técnicas de valoración convencionales se enfocan en medir valores de uso directo de servicios de los ecosistemas, como se reflejan en el mercado, en los impuestos y en el valor de descuento. El VET, en cambio, valora servicios sin mercado, como costos de viajes, precios hedónicos, costos de reemplazo y valoración contingente (Heal, 2000a). Por lo general, estas técnicas se dividen de acuerdo al tipo de valor a estimarse (véase cuadro 14).

En este estudio se utiliza la técnica del metanálisis para estimar el valor económico de los bosques tropicales. El metanálisis es el análisis estadístico de los diversos resultados empíricos de un tema determinado, los cuales se obtienen de diversas fuentes para identificar sus características comunes y diferencias y obtener una visión integrada (Glass y otros, 1981 y Stanley, 2001). El metanálisis permite obtener inferencias más amplias que los estudios individuales (Borenstein, y otros, 2009; Saez y otros, 2001 y Schwartz, 1994).

**CUADRO 12**  
**CONCEPTO DE VALOR ECONÓMICO TOTAL DE LOS BOSQUES**

Valor de uso Directo	Valor de uso Indirecto	Valor de Opción	Valor de Existencia
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Madera</li> <li>• Productos Forestales No Maderables</li> <li>• Leña</li> <li>• Alimentos silvestres</li> <li>• Medicamentos</li> <li>• Artesanías</li> <li>• Pastos y forrajes</li> <li>• Recreaciones</li> <li>• Otros.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Captación de protección</li> <li>• Control de la erosión</li> <li>• Micro-regulación del clima</li> <li>• Captura de carbono</li> <li>• Hábitat de vida silvestre</li> <li>• Otros.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Futuras opciones económicas: agrícola, industrial, farmacéutica, recreación, investigación y paisajes</li> <li>• Otros.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paisaje estético</li> <li>• Patrimonio</li> <li>• Legado Cultural</li> <li>• Religiones</li> <li>• Ritual</li> <li>• Otros.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO 13**  
**VALORES ECONÓMICOS DEL BOSQUE TROPICAL**

Tipo de valor	Uso	Manglares / Pantano	Montano	Húmedos Latifoliados	Semi - caducifolio	Otros	Perturbado	Plantación
Valor de uso Directos	Madera	■	■	✓✓	✓✓	✓	x	✓
	Leña / Carbón	✓	■	■	✓	✓	x	arboledas
	Productos forestales no maderables	✓	■	✓	✓	✓	x	■
	Información genética:							
	• Agrícola	■	✓	✓	✓	■	x	■
	• Farmacéutica	■	✓	✓	✓	■	x	■
	Turismo / Recreación	✓	✓	✓	✓	■	x	■
	Investigación / Educación	✓	✓	✓	✓	■	x	■
Cultura / Religión	■	✓	✓	✓/ND	■	x	■	
Valor de Uso Indirectos	Funciones de la cuenca:							
	• Conservación de suelos	✓	✓✓	✓✓	✓	■	x	✓
	• Suministro de agua	✓	✓	✓	✓	■	x	■
	• Calidad del agua	✓	✓	✓	✓	■	x	■
	• Inundación / Protección contra las tormentas	✓	■	■	■	■	x	■
	• Protección de la pesca	✓	✓	✓	✓	■	x	■
	Clima global:							
	• Almacenamiento de carbono	✓	✓	✓	✓	✓	x	■
	• Fijación de carbono	✓	■	■	■	■	x	✓
	Biodiversidad	✓	✓✓	✓✓	✓	✓	x	■
Equipamiento (local)	ND	■	■	■	ND	x	x	
Valor de Opción		ND	✓	✓	✓	■	x	■
Valor de Existencia		✓	✓✓	✓✓	✓	ND	x	■
Valor de Conversión de la Tierra	Cultivos	■	■	✓	✓	✓	✓	■
	Pradera	■	■	✓	✓	■	✓	■
	Agronegocios	■	■	■	✓	■	✓	■
	Acuicultura	✓	■	■	■	■	■	■
	Agroforestal	■	■	✓	✓	■	■	■

Nota: ND= no se identificó estudios con información específica sobre el servicio y ecosistema de referencia; ✓ Beneficios, x Costos, ■ Sin efectos

Fuente: Pearce y Pearce (2001).

**CUADRO 14**  
**PRINCIPALES MÉTODOS DE VALORACIÓN ECONÓMICA**

Tipo de valor	Método
Valor de uso directo	Enfoques convencionales del mercado (precios, impuestos, cuotas, costo de oportunidad, costos de reposición, gastos evitados, cambios en productividad) Método de costo de viaje Precios hedónicos
Valor de uso indirecto	Costos evitados Costos de reemplazo Función de producción
Valor de opción	Métodos experimentales: valoración contingente
Valor de existencia	Métodos experimentales: valoración contingente

Fuente: Elaboración propia.

El procedimiento principal del metanálisis es la adaptación de información original para su aplicación en contextos diferentes (Roosenberg y Loomis, 2003)<sup>4</sup>. Este recurso es una alternativa a la ausencia de recursos financieros y tiempo para realizar estimaciones sobre el terreno (Osorio 2006, y Velarde y otros, 2005).

El metanálisis puede extraer tendencias que no necesariamente son captadas por los estudios específicos y permite resumir evidencia empírica y contestar preguntas pertinentes para la elaboración de políticas. El estimador del efecto combinado, obtenido del metanálisis, es una media ponderada de los efectos identificados en cada estudio, asignando un alto valor a la precisión (de varianza o error estándar). Los estudios con mayor precisión tienen mayor valor para el estimador combinado (Borenstein y otros, 2009). Esto ayuda a aumentar la precisión del análisis y a comprobar las hipótesis del caso, reduciendo la probabilidad de inferencias azarosas (Carroli y Lede, 1993 y Derzon, 2008). Por lo anterior resulta conducente resumir la evidencia disponible del valor económico de las zonas de vida y sus servicios ecosistémicos en los varios estudios específicos.

Para este estudio se consultaron estudios de valoración económica de servicios ecosistémicos de los bosques tropicales. Se encontraron 80 estudios de diversos países, algunos de los cuales abarcan más de un servicio ecosistémico, dando un total de 275 observaciones útiles para nuestro propósito. De acuerdo al gráfico 12, el 35% de los estudios abordan un país en particular, el 20% son análisis globales y el resto se refiere a Centroamérica y América del Sur. La mayoría de ellos fueron realizados con el método de valoración contingente (44%). Los de metanálisis son el 28%, los análisis de mercado y costo-beneficio 14% y 10%, respectivamente. Cerca del 64% de ellos son sobre servicios ecosistémicos de provisión y regulación; el resto corresponde a soporte (23%) y cultural (13%).

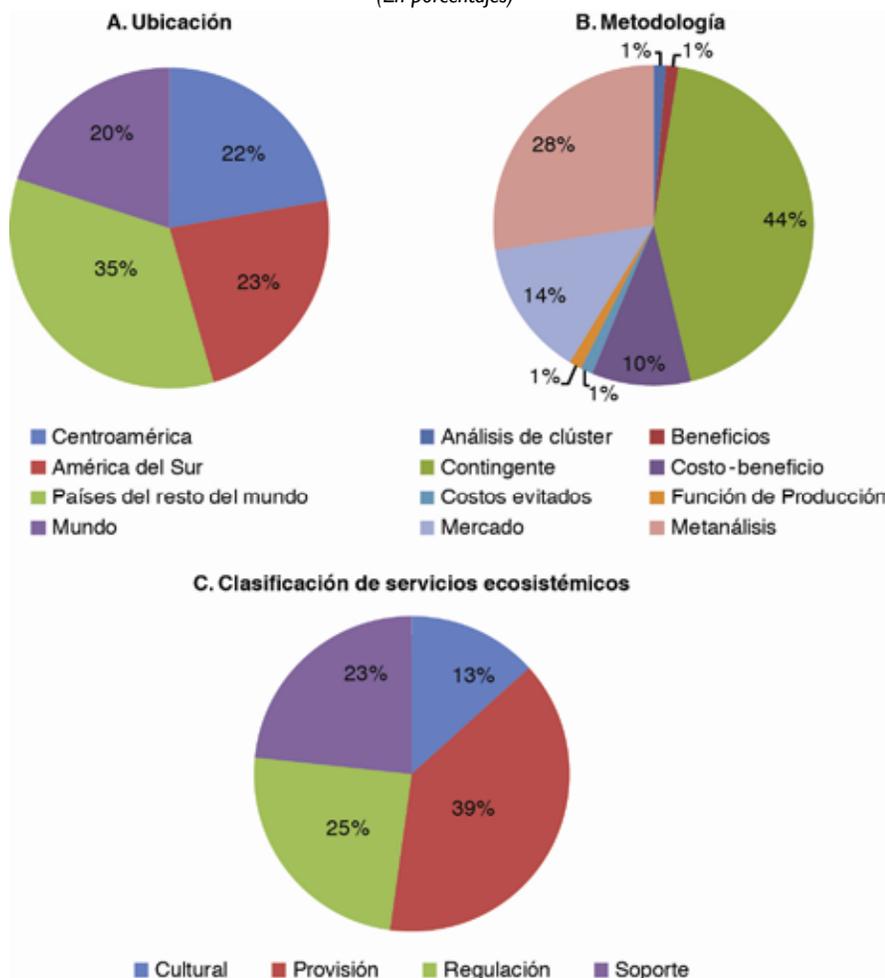
La identificación de las zonas de vida de los bosques tropicales se hizo con el mapa del International Institute for Applied Systems Analysis (1989) (véase mapa 1) y en algunos casos se hizo la identificación por mapas disponibles en internet relativo a la ubicación territorial indicado en el estudio respectivo. En los casos de estudios sobre más de una zona de vida, se repitieron los valores

<sup>4</sup> Freeman (1984) comenzó a valorar la transferencia de beneficios informativos y definió condiciones específicas de transferibilidad. Desde 1992 ha habido muchos estudios formales para crear modelos más sensibles a las características del sitio de intervención de políticas (Osorio, 2006).

en los diferentes lugares. El valor monetario se expresa en dólares constantes de 2000. No se contó con la varianza de todos los estudios, por lo que sus valores fueron estimados por la distancia entre el lugar de estudio y Centroamérica, dando mayor peso a los desarrollados en la región. Los detalles de los estudios para las zonas de vida seleccionadas, incluyendo el valor promedio estimado en dólares/hectárea/año, se muestran en los cuadros del Anexo I.

Aunque ambos ejercicios son diferentes, la secuencia de ZVH desde los valores menores a los más altos es muy parecida. Ambos enfoques tienen limitaciones. El primero promediando todos los valores, como si cada hectárea proporcionara un solo servicio “genérico”. El segundo considera cuatro tipos de servicios, sumando los promedios de valores de cada uno, pero así cada promedio cuenta con menos fuentes de referencia y se asume que se pueden utilizar estos cuatro tipos de servicio al mismo tiempo. Como mencionado anteriormente, no se ha logrado identificar y valorar todos los servicios ecosistémicos, así que los valores presentados deberán considerarse exploratorios y con el propósito de ilustrar las pérdidas asociables al cambio climático.

**GRÁFICO 12**  
**MUNDO: ESTUDIOS DE VALORACIÓN ECONÓMICA DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DEL BOSQUE TROPICAL**  
(En porcentajes)



Fuente: Elaboración propia.

## ESTIMACIONES INICIALES DE VALORES POR ZONA DE VIDA DE BOSQUES TROPICALES

En base a los valores identificados en los 80 estudios de valoración económica de servicios ecosistémicos de los bosques tropicales en diversos países con su total de 275 observaciones útiles, se homologaron los resultados a valores por hectárea por año en dólares de 2000. En seguida, para cada una de las seis ZVH de bosques tropicales más representativas de Centroamérica se realizaron dos ejercicios de metanálisis. El primer ejercicio, estima el valor promedio por hectárea de un servicio ecosistémico “genérico” (véase cuadro 15). Se consideran todos los estudios de cada zona de vida, los cuales valoran servicios de provisión, regulación, soporte o culturales. El resultado obtenido es el valor económico estimado de un servicio promedio por hectárea, bajo el supuesto de que cada hectárea provee un servicio ecosistémico valorado al promedio ponderado. En este caso, los valores estimados varían entre un poco menos de 100 dólares por hectárea por año para bosques secos y muy secos tropicales; aproximadamente 110 por hectárea por año para el bosque húmedo tropical y 130 a 150 dólares para bosque húmedo montano bajo tropical y muy húmedo montano bajo tropical a poco más de 210 dólares para bosque muy húmedo tropical.

El segundo ejercicio estima el valor promedio por hectárea de cada uno de los cuatro tipos de servicios ecosistémicos estudiados: provisión, regulación, soporte o culturales, y posteriormente suma estos promedios por cada tipo de zona de vida (véase cuadro 16). Así, los estudios de valoración económica se dividen por el tipo de servicio y el tipo de zona de vida que analizan. A partir de ellos se obtiene el valor promedio por hectárea para cada tipo de servicio por zona de vida. Con esto es posible calcular el valor por hectárea, considerando la suma del valor promedio por hectárea de cada uno de los cuatro tipos de servicio considerados. Se supone que cada hectárea pueden proveer los cuatro tipos de servicio al mismo tiempo sin una degradación de su ecosistema. (Aunque hay cierto riesgo de externalidades negativas entre los tipos de servicios, se busca minimizarlo no incluyendo el valor de provisión de extracción de madera.) En este caso, los valores estimados varían entre 330 a 355 dólares por hectárea por año para bosques secos y muy secos tropicales; aproximadamente 435 dólares por hectárea por año para el bosque húmedo tropical; 570 y 1.100 dólares para bosque húmedo montano bajo tropical y bosque muy húmedo tropical; y poco menos de 1.420 dólares para bosque muy húmedo montano bajo tropical. (Este último valor corresponde a un único estudio sobre los servicios de soporte por esta categoría que estimó 1.064 dólares por hectárea por año.)

Aunque ambos ejercicios son diferentes, la secuencia de ZVH desde los valores menores a los más altos es muy parecida. Ambos enfoques tienen limitaciones. El primero promediando todos los valores, como si cada hectárea proporcionara un solo servicio “genérico”. El segundo considera cuatro tipos de servicios, sumando los promedios de valores de cada uno, pero así cada promedio cuenta con menos fuentes de referencia y se asume que se pueden utilizar estos cuatro tipos de servicio al mismo tiempo. Como mencionado anteriormente, no se ha logrado identificar y valorar todos los servicios ecosistémicos, así que los valores presentados deberán considerarse exploratorios y con el propósito de ilustrar las pérdidas asociables al cambio climático, reativo a una valoración de referencia sin este fenómeno. A continuación se presenta un resumen de los hallazgos por zona de vida.

**CUADRO 15**  
**VALOR PROMEDIO DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE LAS ZONAS DE VIDA**  
**EN BOSQUES TROPICALES**

(Dólares del 2000 por hectárea y por año)

Zonas de vida	Valor
Bosques muy seco tropical	96,05
Bosque seco tropical	97,59
Bosques húmedo tropical	109,82
Bosque húmedo montano bajo tropical	133,56
Bosque muy húmedo tropical	213,34
Bosque muy húmedo montano bajo tropical	151,61

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO 16**  
**VALOR PROMEDIO DE CUATRO TIPOS DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y SU TOTAL DE LAS ZONAS**  
**DE VIDA EN BOSQUES TROPICALES**

(Dólares del 2000 por hectárea y por año)

Zonas de vida	Provisión	Regulación	Soporte	Cultural	Total
Bosque muy seco tropical	114,50	79,34	107,05	33,05	333,94
Bosque seco tropical	83,51	138,97	92,66	40,45	355,60
Bosque húmedo tropical	111,56	123,70	93,59	106,28	435,13
Bosque húmedo montano bajo tropical	62,11	54,52	223,55	230,93	571,11
Bosque muy húmedo tropical	84,00	225,95	75,66	696,07	1081,66
Bosque muy húmedo montano bajo	97,67	139,49	1 064,32 <sup>a</sup>	120,14	1421,63

Fuente: Elaboración propia.

Nota: El valor promedio está representado en dólares por hectárea (Base 2000).

a Para esta zona de vida y servicio de soporte solo se encontró un estudio, Chopra (1993), su valor puede sesgar los resultados.

## BOSQUE MUY SECO TROPICAL

La evidencia empírica encontrada para el bosque muy seco tropical consiste en la valoración económica del ecosistema utilizando principalmente el método de metanálisis. Destaca que no existen investigaciones sobre los países de Centroamérica. Esta zona de vida ocupa cerca del 0,14% del territorio de Centroamérica. La mayoría de los estudios revisados se refieren al Ecuador, la India y África, donde este tipo de bosque es muy relevante para la regulación de clima, la producción de alimentos y otros insumos y el turismo.

De acuerdo con el primer ejercicio, el valor promedio de los servicios identificados por hectárea en esta zona de vida es 96 dólares por hectárea por año (véase cuadro 15). Los estudios con mayor ponderación son el del Ecuador, microcuenca Jorupe (Motto, 2007), aproximadamente el 52%, que evalúa regulación de agua, vareado, miel, polen, cera y plantas ornamentales, entre otros.

En el caso del segundo ejercicio, la suma de los servicios ecosistémicos fue estimado en 334 dólares por hectárea por año, el rango de los valores obtenidos para los cuatro servicios va de los 33 a 115 dólares por hectárea por año (véase cuadro 16). Sobre servicios de provisión del bosque muy seco tropical el estudio de la regulación del agua en el Ecuador (Motto, 2007) tiene el peso mayor (67,5%). Le siguen el estudio de Chopra (1993) sobre la India y los de Pearce (1999) y Costanza y

otros (1997) sobre este tipo de bosque en todo el mundo. En servicios de regulación, Costanza y otros (1997) aportó un 40% en regulación climática, distribución de agua y manejo de residuos; también con 40% contribuyó Motto (2007) con una sola investigación para el Ecuador y la regulación del agua. En relación con servicios de soporte la investigación de Motto (2007) sobre el Ecuador tiene una ponderación superior al 50% con varios usos de los servicios ecosistémicos. En los servicios de cultura hay una participación de los estudios de Costanza y otros (1997), y Velarde y otros, (2005) sobre África con 53% y 47%, respectivamente.

## BOSQUE SECO TROPICAL

La mayoría de las investigaciones para esta zona de vida utilizan el método de valoración contingente y metanálisis en Costa Rica, el Brasil, Sri Lanka, la India, Guatemala y China, entre otros, así como estudios más agregados sobre África y otros a nivel global. Los servicios con mayor ponderación son los de ciclo nutriente nivel global, secuestro de carbono en África y productos forestales no maderables en la India.

En el primer ejercicio, el valor promedio de los servicios identificados en el bosque seco tropical fue de 98 dólares por hectárea por año (véase cuadro 15). Las investigaciones sobre Costa Rica (Bulte y otros, 2000) y Guatemala (Hernández, 2001) tienen una mayor ponderación pues consideran servicios de regulación climática y del agua, provisión de insumos, recreación y bioperspectiva, entre otros. Estos son aspectos que merecen mayor atención de las políticas ambientales.

En el metanálisis para los servicios de provisión para esta zona de vida se puede observar que las investigaciones para Costa Rica (Bulte y otros, 2000) participan con más de 60% de importancia respecto al total en ese rubro. En los servicios de regulación se observa que la mayoría de las investigaciones analizadas aportan entre un 2% y un 3%, del resto destacan los estudios de Costa Rica (Bulte y otros, 2000) y Guatemala (Hernández, 2001), que ocupan 64,8% del total analizado. Para el servicio de soporte el estudio de Bulte y otros (2000) sobre Costa Rica aporta más del 56%, seguido por el del Brasil (Adams y otros, 2008) con ponderación del 14%. En servicios culturales, el estudio con mayor peso es el de Costa Rica (Bulte y otros, 2000) con 77,8%. La suma de los valores promedio de los diferentes tipos de servicios obtenida mediante el segundo ejercicio fue estimada en 356 dólares por hectárea por año, y los valores van de un rango de 40 a 139 dólares por hectárea por año (véase cuadro 16).

## BOSQUE HÚMEDO TROPICAL

Respecto del bosque húmedo tropical hay varios estudios, la mayoría sobre el Brasil, el Perú, Costa Rica, Guatemala y Honduras. Éstos consideran la valoración contingente, el mercado y el costo de replazo, entre otros. Los servicios ecosistémicos más evaluados son la regulación del clima y del agua, el ecoturismo, el secuestro de carbono y el abastecimiento de insumos no maderables.

El valor promedio obtenido mediante el primer ejercicio para esta zona de vida fue de 110 dólares por hectárea por año (véase cuadro 15). Destacan 14 valores de los estudios sobre países

de Centroamérica con ponderación del 4,8% cada uno y que en conjunto representan cerca del 67%. Esto indica la importancia atribuida a este tipo de bosque en esta región y su impacto mundial.

En el segundo ejercicio la suma de los valores promedio de los servicios fue estimado en 435 dólares por hectárea por año, cuyo rango de los cuatro servicios va de 94 a 124 dólares por hectárea por año (véase cuadro 16). Los servicios de provisión del bosque húmedo tropical tienen estudios que aportan un 11,7% cada uno para Guatemala (Ammour y otros, 2000 y Nations, 1992), Honduras (Barzev, 2002 y Salgado, 1996) y Costa Rica (Bernard y otros, 2009); valoran servicios de productos forestales no maderables, producción agrícola y ganadera y abastecimiento de agua. En servicio de regulación dos estudios aportan cerca del 22% cada uno para Guatemala (Ammour y otros, 2000) y Honduras (Barzev, 2002). Sobre los servicios de soporte destacan los estudios de Echeverría y otros (1995), Fürstet y otros (2004) y Bernard y otros, (2009), los cuales aportan el 76,2% del material. En el caso de los servicios culturales, los estudios de Costa Rica (Fürstet y otros, 2004 y Tobias y Mendelsohn, 1991), y sobre Honduras (Barzev, 2002), tienen una participación del 25% cada uno.

## BOSQUE HÚMEDO MONTANO BAJO TROPICAL

Sobre esta zona de vida hay gran diversidad de estudios enfocados a Centroamérica, América del Sur y otras partes del mundo. La mayoría de ellos son metanálisis y análisis de valoración contingente. Consideran el valor nutricional, el ecoturismo, la regulación del clima y del agua, los valores de existencia y la obtención de productos no maderables y farmacéuticos. El valor promedio obtenido mediante el primer ejercicio fue de 134 dólares por hectárea por año (véase cuadro 15).

El valor promedio estimado mediante el segundo ejercicio fue de 571 dólares por hectárea por año y corresponde a la suma de los servicios ecosistémicos y los valores para cada uno van de un rango de 55 a 231 dólares por hectárea por año (véase cuadro 16). Para el valor calculado en los servicios de provisión cuatro estudios aportan el 71% y se refieren a Honduras, Costa Rica y Belice (Godoy y otros, 2002; Bernard y otros, 2009; Naranjo-Barrantes, 2007 y Balick y Mendelsohn, 1992). Los estudios sobre servicios de regulación con mayor peso son los de Talavera (2002) sobre Honduras y de Tattenbach (1999) sobre Costa Rica con participación del 46,5% en conjunto. En servicios de soporte las ponderaciones de los estudios difieren notablemente entre sí, destacan las de Ecuador (Jaramillo y Zaruma, 2002) y Brasil (Horton y otros, 2003 y Torras, 2000). En servicios culturales hay seis estudios que aportan el 94% (Allen y otros, 2008; Menkhaus y Lober, 1996; Tobias y Mendelsohn, 1991; Naranjo-Barrantes, 2007; Bernard y otros, 2009 y Sena Jr., 1997), todos sobre Costa Rica, indicador de sus importantes servicios ecosistémicos en Centroamérica y el mundo.

## BOSQUE MUY HÚMEDO TROPICAL

Los métodos más usados para evaluar el valor promedio por hectárea en esta zona de vida son el de valoración contingente y el metanálisis. Destacan los resultados de Torras (2000) en el Amazonas del Brasil, que reporta valores entre los cuatro dólares y los 381 dólares por hectárea, considerando provisión de insumos, regulación climática, regulación del agua y protección de cuencas. También está el metanálisis de Costanza, y otros, (1997) sobre los bosques tropicales de

todo el mundo y sus servicios ecosistémicos, cuyos valores mayores son el ciclo nutriente y la extracción de materias primas.

De acuerdo al primer ejercicio con el metanálisis, el valor promedio del bosque muy húmedo tropical es 213 dólares por hectárea por año (véase cuadro 15). Este promedio fue obtenido de varios estudios de países de Centroamérica, como Fürst, y otros, (2004), La Gaceta (2002), Hernández (2001), Barzev (2002 y 2004), Segura (1999) y Talavera (2002) que son los que tienen una mayor ponderación.

Para el segundo ejercicio, se obtiene un rango de 76 a 696 dólares por hectárea por año, este último valor para el servicio cultural, con una suma de 1.082 dólares por hectárea por año (véase cuadro 16). Los estudios de mayor peso para el valor del servicio de provisión son los de Barzev (2002 y 2004), Baltodano (2005), Retamal Díaz (2006), Oliveira (1996) y La Gaceta (2002), que en conjunto proporcionan poco más del 67% del material, en especial sobre Nicaragua, Honduras, Guatemala y Costa Rica. Varios de ellos tienen información sobre los servicios de regulación, donde los resultados del metanálisis señalan que los estudios para Costa Rica (Segura, 1999 y La Gaceta, 2002), Guatemala (Hernández, 2001) y Honduras (Talavera, 2002) aportan un mayor porcentaje de peso ya que cada uno registra una ponderación de 15,8% lo que equivale cerca del 64% del total analizado para este tipo de servicio. Los estudios más ponderados del total de servicio de soporte son los de Costa Rica (Ruitenbeek, 1995; Fürst y otros, 2004 y Carranza y otros, 1996) y Guatemala (Sención, 2002). En el caso de los servicios culturales del bosque muy húmedo tropical, el 81% corresponde a los estudios de Shultz, y otros, (1998) y Fürst, y otros, (2004) sobre Costa Rica y Talavera (2002) para Honduras.

## BOSQUE MUY HÚMEDO MONTANO BAJO TROPICAL

Para el caso del bosque muy húmedo montano bajo tropical hay estudios de metanálisis sobre Belice y Costa Rica. Los hay también sobre el Ecuador que evalúan servicios como fijación y secuestro de carbono (Segura, 1999), farmacéuticos (Balick y Mendelsohn, 1992) y recursos no maderables (Jaramillo y Zaruma, 2002). Los estudios de Segura (1999) y Balick y Mendelsohn (1992) son los que tienen más ponderación, cerca del 65%, pero su estimación del valor de la hectárea forestal, es inferior a la media. En el primer ejercicio el valor promedio fue de 152 dólares por hectárea por año (véase cuadro 15).

De acuerdo al segundo ejercicio la suma de los valores promedio de los servicios ecosistémicos fue estimado en 1.422 dólares por hectárea por año, con un rango del valor de los servicios de 98 a 1.064 dólares por hectárea por año (véase cuadro 16). El metanálisis de los servicios de provisión del bosque montano bajo tropical indica que los estudios más ponderados son los de Balick y Mendelsohn (1992) sobre Belice (65%) y la investigación de Jaramillo y Zaruma (2002) sobre el Ecuador (16,3%); el resto de las investigaciones aporta sólo el 18,6%. En el caso de los servicios de regulación, varias investigaciones individuales aportan 4,5%; destaca la investigación de alcance global de Constanza y otros (1997) sobre servicios de regulación climática, control de erosión, ciclo nutriente y tratamiento de residuos; el estudio con mayor ponderación analiza la fijación y secuestro de carbono en Costa Rica (Segura 1999). Sobre servicios de soporte solo se encontró una investigación enfocada en la India (Chopra, 1993), que analiza los beneficios de existencia al cual corresponde el valor de 1.064 dólares por hectárea por año. Sobre servicios culturales de los ecosistemas destaca el estudio de Constanza sobre servicios de recreación.

## 5. ESTIMACIÓN INICIAL DE PÉRDIDAS ECONÓMICAS POR CAMBIOS EN ZONAS DE VIDA ASOCIADOS AL CAMBIO CLIMÁTICO

Considerando que la iniciativa ECCCA tiene la finalidad de alertar sobre los potenciales impactos del cambio climático, se estimó las pérdidas del valor del segundo ejercicio de metanálisis asociadas a los cambios en superficie de las seis zonas de bosque debido a los dos escenarios de cambio climático para la región y por país. Así, con los resultados del metanálisis y los escenarios de cambios en superficies boscosas estimados en las primeras secciones de este estudio, se puede contrastar valores estimados de los bosques en un escenario sin cambio climático comparado con los escenarios menos y más pesimistas de los impactos de este fenómeno.

La estimación se desarrolla de la siguiente forma. Se utilizan los valores del segundo ejercicio de metaanálisis, con la suma para cada ZVH de los valores promedio de los cuatro tipos de servicios a dólares de 2000. Como es altamente complejo estimar valores futuros de estos mismos servicios y el ejercicio busca contrastar valores presentes, se determinan aplicar estos mismos valores a los escenarios futuros. (En teoría un servicio o producto que podría escasearse, debería aumentar su valor unitario. No obstante, como los servicios ecosistémicos no están bien valorados, este proceso probablemente no se daría de una forma efectiva.) Dichos valores por hectárea por año se multiplican por las superficies estimadas para cada una de las seis ZVH de bosques en los escenarios CUT y los dos con cambio climático. Este ejercicio se hace para toda la región y por país. En seguida, se compararon los valores de las superficies de todas las ZVH en cada corte y cada escenario de cambio climático con el valor de las superficies totales del escenario CUT. La diferencia positiva es un costo y la diferencia negativa un beneficio. Se asume que los ecosistemas son usados para el conjunto de los servicios ecológicos.

En el cuadro 17 se muestran los estimados de los valores económicos de las ZVH en el año 2005. Las mayores valorizaciones encuentran en el bosque húmedo tropical, destacando los países de Nicaragua y Guatemala, posteriormente siguen las de bosque húmedo montano bajo tropical y bosque muy húmedo montano bajo tropical, donde para el primero destacan los valores de los países de Panamá y Costa Rica y para el segundo destacan Honduras y Guatemala.

**CUADRO 17**  
**CENTROAMÉRICA: ESTIMACION INICIAL DEL VALOR DE LAS ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE, 2005**  
 (Millones de dólares de 2000)

Zonas de vida	Belice	Costa Rica	El Salvador	Guatemala	Honduras	Nicaragua	Panamá	Centroamérica
Bosque muy húmedo tropical	86,52	655,22	0,00	492,25	0,00	893,52	520,58	2 648,09
Bosque muy húmedo montano bajo tropical	79,93	1 259,05	12,63	1 095,28	22,06	98,57	1 320,25	3 887,78
Bosque húmedo tropical	402,87	305,68	113,41	1 019,23	914,98	1 731,19	991,48	5 478,85
Bosque húmedo montano bajo tropical	201,52	50,22	126,15	1 086,41	1 156,83	585,50	119,44	3 326,07
Bosque seco tropical	111,39	20,68	8,63	608,09	103,34	272,35	25,05	1 149,52
Bosque muy seco tropical	0,00	-	0,00	12,98	0,00	-	0,00	12,98
Total	882,23	2 290,85	260,82	4 314,24	2 197,22	3 581,13	2 976,79	16 503,28

Fuente: Elaboración propia.

En resumen, el valor estimado de los cuatro tipos de servicios ecosistémicos de la superficie de estas seis ZVH existente a 2005 fue de aproximadamente 16,5 mil millones de dólares, variando entre más de 4,3 mil millones de dólares en Guatemala a 260 millones de dólares en El Salvador. En los gráficos 13 a 15 se muestran las evoluciones de estos estimados de acuerdo a los escenarios CUT, CUT y B2 así como CUT y A2.

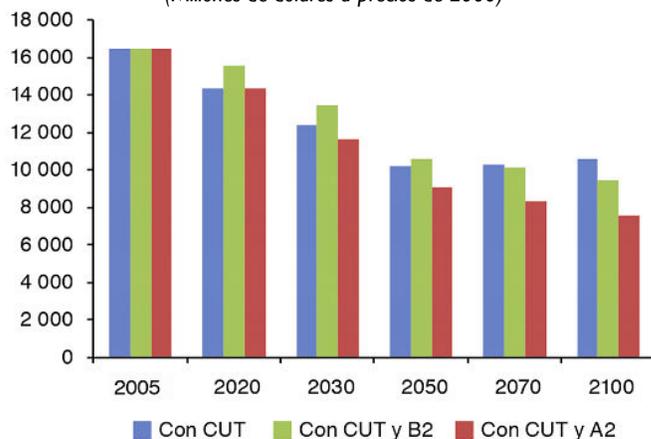
En Centroamérica, manteniendo los mismos valores unitarios en dólares a 2000, considerando el escenario a 2050 y 2100 con CUT y la superficie reducida en las seis ZVH, el valor de los cuatro tipos de servicios, habría reducido a 10,3 y 10,6 mil millones de dólares respectivamente.

Con el escenario menos pesimista (B2) a 2050 y 2100, las sumas serían de 10,6 y 9,6 mil millones de dólares; con un aumento de 3% al corte de 2050, relacionado con un crecimiento de bosques húmedos, y una reducción de 10% a 2100, en ambos cortes respecto al escenario CUT. Con el escenario más pesimista (A2) a estos mismos cortes, los totales serían 9,1 y 7,6 mil millones de dólares; con reducciones de 11% y 29% respecto al escenario CUT. En este último escenario, la caída en la valoración está relacionada con la menor superficie de bosques más húmedos con mayor valor por hectárea.

Se destaca que en el escenario B2 a partir de 2020 el valor del bosque seco tropical se reduce aproximadamente 80%, además también se presenta una disminución en el valor del bosque húmedo montano bajo tropical (de 3.326,07 a 611,88 millones de dólares a 2100) y muy húmedo montano bajo tropical (de 3.887,85 a 1.493,41 millones de dólares a 2100). En el escenario A2 hay una disminución generalizada de todos los tipos de bosques tropicales analizados con excepción del bosque seco tropical y muy seco tropical, los cuales tienen un incremento significativo, pasaron de 1.149,52 a 2.359,16 y de 12,98 a 57,28 millones de dólares a 2100 respectivamente.

**GRÁFICO 13**  
**CENTROAMÉRICA: ESTIMACION INICIAL DE LAS SEIS PRINCIPALES ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE,**  
**2005 Y ESCENARIOS, CON CORTES A 2100**

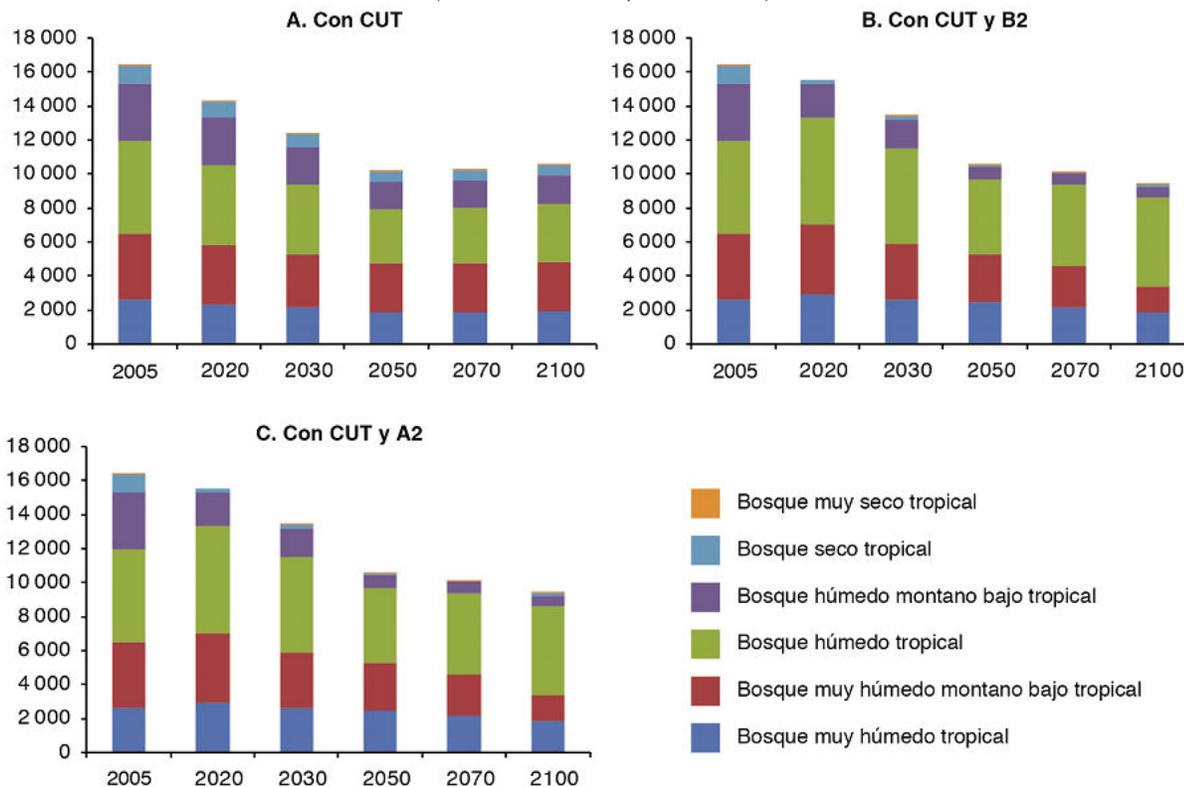
(Millones de dólares a precios de 2000)



Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO 14**  
**CENTROAMÉRICA: ESTIMACION INICIAL DEL VALOR POR ZONA DE VIDA DE HOLDRIDGE,**  
**2005 Y ESCENARIOS, CON CORTES A 2100**

(Millones de dólares a precios de 2000)



Fuente: Elaboración propia.

En 2005 el valor estimado de la superficie de las seis ZVH para los cuatro tipos de servicios ecosistémicos en Belice fue de 880 millones de dólares aproximadamente. En el escenario CUT el valor se reduciría a 710 millones de dólares al corte 2050 y después se mantendría hasta 2100. En el

escenario B2 al corte 2050 el valor sería 8% mayor respecto al escenario CUT, con 770 millones de dólares. Al corte 2100 el valor se habría reducido 7% a 660 millones de dólares. En tanto en el escenario A2 al corte 2050 el valor sería de 590 millones de dólares, 17% menos respecto al escenario CUT. Con el mismo escenario, en 2100 se estima un valor de la superficie de las ZVH de 540 millones de dólares, equivalente a una reducción de 24%.

En 2005 para Costa Rica el valor estimado de los cuatro tipos de servicios ecosistémicos de las seis ZVH fue de aproximadamente 2,3 mil millones de dólares. En 2050 y 2100 con el escenario CUT implicaría una superficie menor en las seis ZVH. De esta manera, el valor de los cuatro tipos de servicios se habría reducido a 1,74 y 1,82 mil millones de dólares, respectivamente. Considerando el escenario B2 a 2050 y 2100, el valor de los servicios sería de 1,72 y 1,43 mil millones de dólares, es decir una reducción de 21% a 2100 respecto al escenario CUT. Con el escenario A2 a estos mismos cortes, los totales serían de 1,69 y 1,39 mil millones de dólares; lo que implicaría una reducción de 23% a 2100 en relación al escenario CUT. Costa Rica es el país con menor diferenciación en los valores de las ZVH.

En El Salvador el valor estimado de los servicios ecosistémicos de las ZVH en 2005 fue de aproximadamente 260 millones de dólares. Considerando el escenario CUT a 2050 y 2100 se estima una reducción en la superficie de las ZVH, su valor se habría reducido a 110 y 90 millones de dólares, respectivamente. Con el escenario B2 a 2050 y 2100, el valor de los servicios sería de 130 y 60 millones de dólares, respectivamente; equivalentes a un aumento de 18% en 2050 y una reducción de 30% a 2100 en relación al escenario CUT. Por su parte, en el escenario A2 a estos mismos cortes, los montos serían de 90 y 60 millones de dólares, es decir una reducción de 18% y 33% respecto al escenario CUT en los cortes considerados.

El valor estimado de los servicios ecosistémicos de las ZVH para Guatemala en 2005 fue de aproximadamente 4,3 mil millones de dólares. Los escenarios estiman una reducción en la superficie de las ZVH, como consecuencia, el valor de los cuatro tipos de servicios ecosistémicos se habría reducido en el escenario CUT a 2,4 mil millones de dólares en 2005 y este valor se mantendrá hasta 2100. Con el escenario B2 a 2050 y 2100, los montos serían de 2,8 y 2,6 mil millones de dólares; con aumentos de 19% al corte de 2050 y de 10% a 2100 respecto al escenario CUT, debido a la existencia de superficie de bosque con mayor valor. Con el escenario A2 a estos mismos cortes, los totales serían de 2 y 1,6 mil millones de dólares; es decir una reducción de 17% y 34% en relación con el escenario CUT en los dos cortes considerados.

En Honduras el valor estimado de los servicios ecosistémicos de la superficie de las ZVH existentes en 2005 fue de aproximadamente 2,2 mil millones de dólares. Tomando en cuenta el escenario CUT a 2050 y 2100 el valor de los cuatro tipos de servicios se habría reducido a 1,1 y 1,2 mil millones de dólares respectivamente. Con el escenario B2 a 2050 y 2100, los totales serían 1,3 y 1,2 mil millones de dólares, un aumento de 13% al corte de 2050 respecto al escenario CUT. Con el escenario A2 a estos mismos cortes, los totales serían 1 y 0,9 mil millones de dólares; equivalente a una reducción de 10% y 23% respecto al escenario CUT en los cortes considerados.

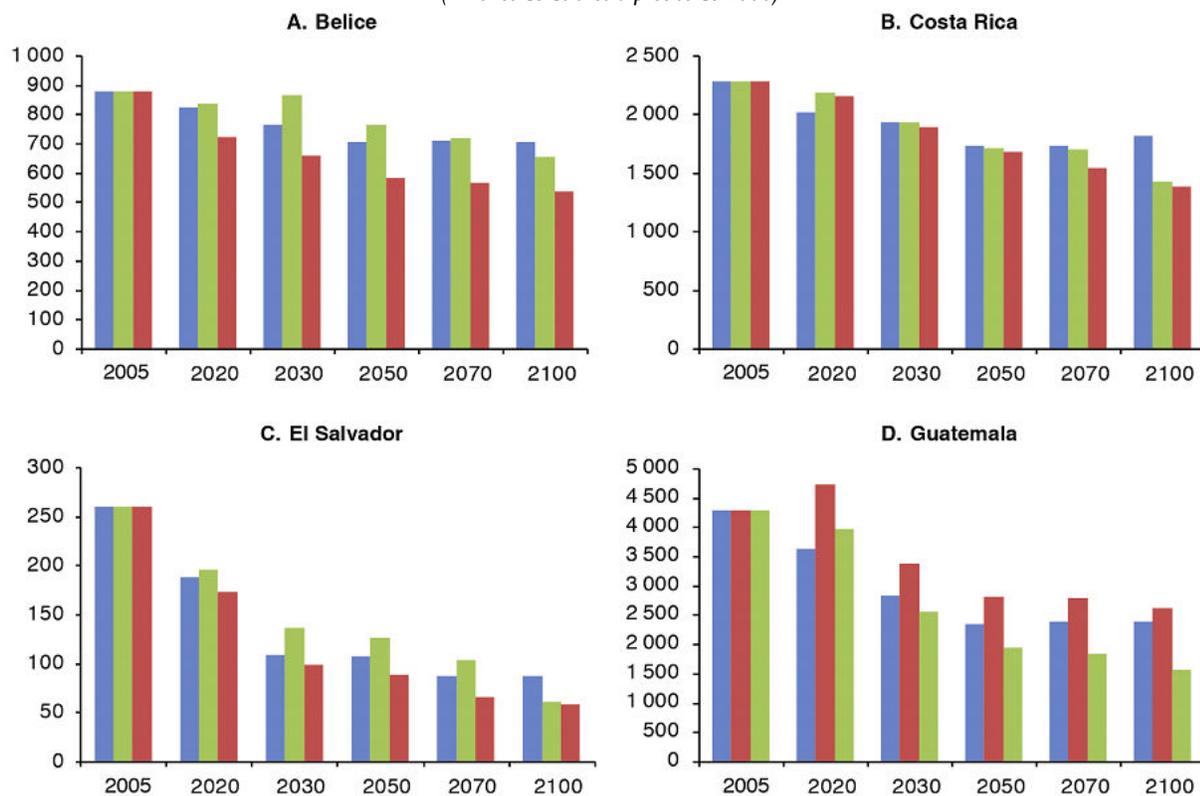
En 2005 el valor estimado de los servicios ecosistémicos de las seis ZVH existentes en Nicaragua fue de aproximadamente 3,6 mil millones de dólares. El valor de los cuatro tipos de servicios se habría reducido en el escenario CUT a 1,9 y 2 mil millones de dólares respectivamente. Con el escenario B2 también a 2050 y 2100, el valor sería de 2,2 y 2 mil millones de dólares; lo que representa un aumento de 15% al corte de 2050 respecto al escenario CUT. Tomando en cuenta el

escenario A2 a estos mismos cortes, los totales serían 1,8 y 1,7 mil millones de dólares; es decir, una reducción de 7% y 15% en relación con el escenario CUT.

En 2005 el valor estimado de los servicios ecosistémicos de la superficie de las seis ZVH existentes en Panamá fue de aproximadamente 3 mil millones de dólares. Considerando el escenario con cambio de uso de tierra a 2050 y 2100. El valor de los cuatro tipos de servicios se habría reducido a 2,3 y 2,4 millones de dólares respectivamente. Con el escenario B2 a 2050 y 2100, el valor sería de 1,7 y 1,5 mil millones de dólares; equivalente a una reducción de 26% y 38%, respectivamente, en relación al escenario CUT. Considerando el escenario A2 a estos mismos cortes, los totales serían 2 y 1,3 mil millones de dólares, una reducción de 14% y 43% respecto al escenario CUT. Es importante señalar que la mayor valoración en el A2 respecto al B2 hasta 2070 puede estar relacionada con la superficie del bosque muy húmedo montano bajo tropical, la cual es mayor a la que se presenta en el escenario B2, y con el valor generado para esta ZVH (véase cuadro 16). El valor de servicios de soporte para el bosque muy húmedo montano bajo tropical puede estar afectado por el hecho de que solo se encontró un estudio, Chopra (1993), el cual podría sesgar los resultados.

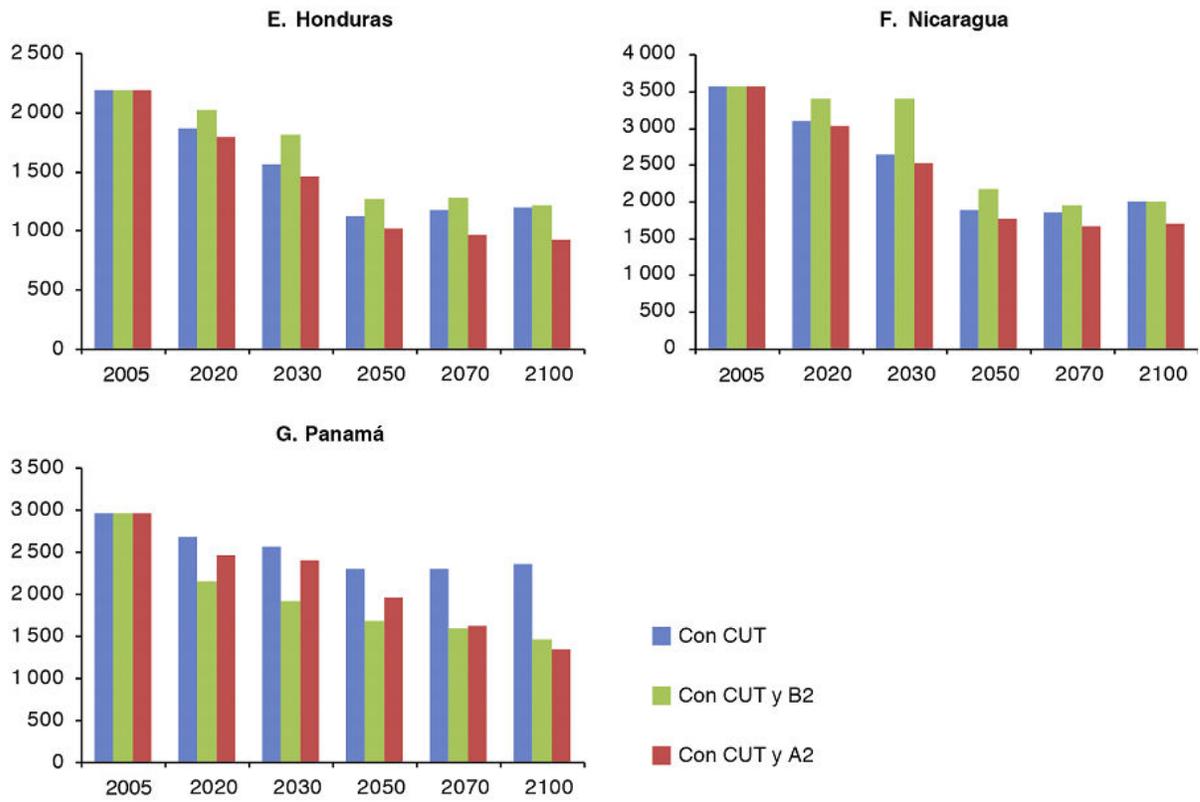
**GRÁFICO 15**  
**CENTROAMÉRICA: ESTIMACIÓN INICIAL DE LAS SEIS PRINCIPALES ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE, 2005 Y ESCENARIOS POR PAÍS, CON CORTES A 2100**

(Millones de dólares a precios de 2000)



(continúa)

(continuación Gráfico 15)



Fuente: Elaboración propia.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los bosques han evolucionado a lo largo de los milenios debido a los cambios progresivos del clima y la geología. Ahora están amenazados como nunca antes por la velocidad e intensidad de la presión directa de las actividades humanas y del cambio climático provocado por estas actividades. Se han identificado posibles impactos del cambio climático en los ecosistemas naturales de la región: aumento de plagas, contaminación en los sistemas acuáticos, decoloración de corales, erosión costera, pérdida de hábitat, incendios forestales e inundaciones, propagación de especies invasoras, nuevos vectores de enfermedades, entre otros.

Este estudio ha estimado los cambios en la superficie de las Zonas de Vida de Holdridge de los bosques tropicales de la región. En el año 2005, Centroamérica contaba con una cobertura natural aproximada de 28,5 millones de hectáreas. De acuerdo con la clasificación de Holdridge, la región tiene seis zonas de vida boscosa principales. Las dos mayores son el bosque tropical húmedo distribuido en la costa del Atlántico, la costa Pacífico de Costa Rica y el Departamento El Petén en Guatemala y el bosque húmedo montano bajo tropical en el centro de Honduras y Guatemala, parte de Nicaragua y Belice y Altiplano Occidental Guatemalteco. Ambas zonas juntas representan cerca de 65% de la cobertura natural de la región. Las zonas bosque seco tropical, bosque muy húmedo montano bajo tropical y bosque muy húmedo tropical representan 29%.

En el escenario con cambio de uso de tierra (sin cambio climático), la cobertura natural perdería 11,6 millones de hectáreas al pasar a 16,9 millones de hectáreas hacia el corte 2100. La reducción ocurriría durante la primera mitad del presente siglo, pues hacia el 2050 se alcanzaría una cobertura de 16,3 millones de hectáreas, lo que significa que en la segunda mitad del siglo habría variaciones positivas. Dentro del marco de esta evolución de la cobertura natural, se estimaron los cambios probables de las zonas de vida sin cambio en las condiciones de temperatura y precipitación, por un lado, y con los cambios previstos de ambas variables en los escenarios menos pesimista (B2) y más pesimista (A2) del IPCC.

En el escenario con cambio de uso de tierra, el bosque tropical húmedo pasaría de 12,6 millones de hectáreas en 2005 a 7,4 millones de hectáreas en 2050, con una cierta recuperación de superficie en la segunda mitad del siglo. La superficie a 2100 sería de 7,8 millones de hectáreas, una reducción de 38% relativo a 2005. En el escenario menos pesimista (B2), esta ZVH disminuiría a 10,2 millones de hectáreas en el 2050 y aumentaría en la segunda mitad del siglo para terminar en 12 millones de hectáreas, representando 71% de la cobertura natural a 2100. Con el escenario más pesimista (A2), la superficie bajaría a ocho millones de hectáreas en 2050 y a 7,5 millones de hectáreas al final del siglo. No obstante, aun representaría 44% de la cobertura natural.

La superficie del bosque húmedo montano bajo tropical con cambio de uso de tierra al corte 2050 bajaría a 2,8 millones de hectáreas respecto a los 5,8 millones en 2005. Hacia el corte 2070 se mantendría constante y en 2100 subiría ligeramente a 2,9 millones de hectáreas, por una disminución de aproximadamente el 50% respecto de 2005. En el escenario CUT y B2 la disminución de esta zona

de vida sería más drástica, pues al corte 2050 se tendrían 1,3 millones de hectáreas. Seguiría disminuyendo hasta 1,1 millones de hectáreas en 2100, lo que representaría 6% de la cobertura natural frente al 21% que representaba en 2005. En el escenario CUT y A2 a la mitad del siglo, esta zona de vida podría tener más superficie que en el escenario B2, 1,6 millones de hectáreas, pero bajaría a 0,8 millones de hectáreas en 2100, representando solo 5% de la cobertura natural.

El bosque seco tropical contaba con 3,2 millones de hectáreas en 2005. En el escenario con cambio de uso de tierra al corte 2050 se reduciría a 1,9 millones de hectáreas, una reducción de 42%. En la segunda mitad del siglo, su superficie quedaría relativamente estable. En el escenario CUT y B2 la reducción de esta zona de vida sería drástica; al corte de 2050 bajaría a 0,3 millones de hectáreas. En la segunda mitad del siglo se recuperaría hasta 0,6 millones de hectáreas en 2100, lo que representa menos de 4% de la cobertura natural frente a 11% en 2005. En el escenario CUT y A2 esta zona de vida podría expandirse y tener 3,4 millones de hectáreas al corte de 2050. En los cortes 2070 y 2100 se presentaría un incremento importante para terminar el siglo con 6,6 millones de hectáreas, representando 39% de la cobertura natural de Centroamérica.

En el escenario con cambio de uso de tierra, el resto de las ZVH (bosque muy seco tropical, bosque húmedo montano tropical, bosque muy húmedo montano tropical y bosque pluvial montano bajo tropical) se reducirían y acabarían el siglo con menos de 100.000 hectáreas cada uno. En el escenario CUT y B2 podrían desaparecer las superficies del bosque seco montano bajo tropical y del bosque húmedo montano tropical. En el escenario CUT y A2 las zonas de vida que desaparecerían serían el bosque húmedo montano tropical y el bosque pluvial montano bajo tropical, pero podrían aparecer nuevas zonas de vida, como el bosque muy seco montano bajo tropical.

En resumen, ambos escenarios demuestran patrones diferenciados de ZVH con el tiempo, uno hacia zonas más secas (en A2) y otro hacia zonas más húmedas (en B2). Ambos escenarios estiman un aumento de las zonas húmedas alrededor del corte 2020 y una reducción de la diversidad de zonas de vida con el paso de las décadas. Se prevén variaciones en los cambios que experimentarían diferentes países. Por ejemplo, el bosque húmedo tropical de Belice representaría 90% del total en 2100 con B2, pero con A2 44% podría ser bosque seco tropical. En cambio, Costa Rica experimentaría patrones más similares en los tres escenarios y mantendría una mayor diversidad de ZVH.

La segunda parte de este estudio continúa el esfuerzo de la iniciativa ECCCA de sistematizar la información disponible sobre la valoración económica de ecosistemas y su biodiversidad para estimar valores actuales y pérdidas futuras atribuibles al cambio climático (véase Capítulo 6, CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011). En este estudio se utiliza la técnica del metanálisis para establecer valores económicos estimados de los bosques tropicales. Consiste en un análisis estadístico de los estudios empíricos disponibles y de sus características comunes y diferencias para obtener una visión integrada de tendencias en la valorización que no siempre son captadas por cada estudio específico. El metanálisis adapta la información original y permite aplicarla a otros contextos ante la escasez de estudios de la región. El estimador del efecto combinado es una media ponderada de los valores identificados en cada estudio. Se dio mayor peso a los estudios desarrollados en la región y menor a los de otras regiones del mundo.

Se identificaron 80 estudios de valoración económica de servicios ecosistémicos de los bosques tropicales en diversos países. Algunos abarcan más de un servicio, dando un total de 275 observaciones útiles para nuestro propósito. El 22% se refiere a Centroamérica y 23% a Sudamérica, mientras que 35% aborda países específicos de otras regiones del mundo y 20% son análisis globales. La mayoría de ellos utiliza el método de valoración contingente (44%), 28% son metanálisis en sí, 14% son

análisis de mercado y 10% de costo-beneficio. Cerca de 64% consideran servicios de provisión y regulación; el resto corresponde a servicios de soporte (23%) y culturales (13%). Todas las estimaciones fueron homologadas a valores por hectárea por año en dólares de 2000.

Para cada una de las seis ZVH de bosques tropicales más representativas se realizaron dos ejercicios de metanálisis. El primero estima el valor promedio por hectárea de un servicio ecosistémico “genérico”. Se consideran todos los estudios de cada zona de vida, los cuales valoran servicios de provisión, regulación, de soporte o culturales. El resultado es el valor estimado de un servicio promedio por hectárea, bajo el supuesto de que cada hectárea provee un servicio ecosistémico valorado al promedio ponderado. Las estimaciones varían entre un poco menos de 100 dólares por hectárea por año para bosques seco y muy seco tropicales, aproximadamente 110 dólares por hectárea por año para el bosque húmedo tropical, de 130 dólares a 150 dólares para bosques húmedo y muy húmedo montano bajo tropical, y poco más de 210 dólares para bosque muy húmedo tropical.

El segundo ejercicio estima la suma del valor promedio por hectárea de cada uno de los cuatro tipos de servicios ecosistémicos estudiados: provisión, regulación, de soporte o culturales, por cada zona de vida. Así, la valoración económica se divide por tipo de servicio y tipo de zona de vida. A partir de estos valores se obtiene el valor promedio por hectárea de cada tipo de servicio por zona de vida. Sumando estos cuatro promedios, se asume que cada hectárea puede proveer los cuatro tipos de servicio al mismo tiempo sin degradación de su ecosistema. Se buscó minimizar el riesgo de externalidades negativas, excluyendo el valor de la extracción de madera. Las estimaciones varían entre 330 dólares y 355 dólares por hectárea por año para bosques muy secos y secos tropicales respectivamente; aproximadamente 435 dólares por hectárea por año para el bosque húmedo tropical; 570 dólares para bosque húmedo montano bajo tropical, 1.100 dólares para bosque muy húmedo tropical y poco menos de 1.420 dólares para bosque muy húmedo montano bajo tropical (este último valor es el más alto de los estimados e incluye un solo estudio en la categoría de servicios de soporte que estimó 1.064 dólares por hectárea por año).

La progresión de menor a mayor valor por hectárea de las ZVH secas hacia las más húmedas es parecida en ambos ejercicios. Pero ambos tienen limitaciones. El primero se basa en el promedio de todos los valores de cada ZVH, como si cada hectárea proporcionara un solo servicio “genérico”. El segundo genera valores promedio por cuatro tipos de servicios para cada ZVH, las cuales se suman. Así, cada promedio tienen menos fuentes de referencia. Igualmente, se asume que es posible utilizar los cuatro tipos de servicio al mismo tiempo. Como se mencionó, no se ha logrado identificar y valorar todos los servicios ecosistémicos, así que los valores presentados deberán considerarse exploratorios con el propósito de representar las pérdidas asociables al cambio climático.

Considerando que la iniciativa ECCCA tiene la finalidad de alertar sobre los potenciales impactos del cambio climático, se estiman las pérdidas de valor del segundo ejercicio por cambios de superficie de las seis ZVH en la región y por país en ambos escenarios de cambio climático. En resumen, el valor anual estimado de los cuatro tipos de servicios ecosistémicos de las seis ZVH en 2005 fue de aproximadamente 16,5 mil millones de dólares. Manteniendo los valores en dólares de 2000, considerando el escenario con cambio de uso de tierra a los cortes de 2050 y 2100, el valor de los cuatro tipos de servicios se reduciría a 10,3 y 10,6 mil millones de dólares, respectivamente. Agregando el escenario menos pesimista (B2) a los efectos de CUT con los mismos cortes, las sumas serían 10,6 y 10,9 mil millones de dólares, con un aumento de 3% al corte de 2050 debido al aumento de bosques húmedos en este período inicial, y una reducción de 10% a 2100, respecto al escenario

únicamente con CUT. Combinando los escenarios CUT y el más pesimista de cambio climático (A2) en los mismos cortes, los totales serían 9,1 y 7,6 mil millones de dólares con reducciones de 11% y 29% relativo al escenario CUT. En este escenario, la caída de la valoración se relaciona con la reducción de superficie de bosques más húmedos que tienen un mayor valor por hectárea.

De éstos resultados podría interpretarse que el escenario B2 posiblemente beneficie a los servicios ecosistémicos en las primeras décadas de este siglo, pero es importante hacer varias acotaciones. El estudio evalúa las condiciones de temperatura y precipitación relacionadas con las distintas ZVH, pero aún queda por analizar si el conjunto de formas de vida en las ZVH realmente podrán adaptarse a los tiempos y las tasas de cambio en la precipitación y temperatura combinados con las presiones de CUT. Igualmente, es importante recalcar que las actuales tendencias de emisiones de GEI se acercan más al escenario A2 que con B2, por lo que la probabilidad de darse éste efecto es menor. A partir de 2070 en el escenario CUT y B2 y desde el corte 2030 en CUT y A2, se registran pérdidas de este estimado de valor relativo al escenario CUT sin cambio climático.

Finalmente, es importante resaltar que todos, los tres escenarios sugieren pérdidas de valor relativo a los estimados para 2005: con CUT se perdería 38% a 2050 y 36% a 2100; con CUT y B2 el valor bajaría 36% y 42% a estos mismos cortes; y con CUT y A2 las pérdidas serían de 45% y 54% respectivamente. Estos resultados confirman que reducir la deforestación y avanzar en la protección y la recuperación de ecosistemas naturales es un reto de desarrollo en sí mismo, y sugieren que el cambio climático, especialmente el escenario más pesimista y tendencial de emisiones, traería mayores pérdidas de bosques y de sus servicios ecosistémicos.

Es importante señalar que las estimaciones de los cambios potenciales en las ZVH al cambio climático presentan un grado de incertidumbre y son difíciles de establecer con precisión tanto con respecto a cambios en su ubicación y extensión. Es imprescindible recalcar que una parte importante de servicios ecosistémicos no ha sido valorada. Así que los resultados del estudio deben entenderse como indicaciones de las tendencias, no proyecciones de cifras exactas; y sirven principalmente para contrastar las pérdidas relativas entre el escenario de CUT sin cambio climático y los escenarios menos y más pesimista de este fenómeno.

Este estudio ha estimado los potenciales cambios en ecosistemas con referencia a la clasificación de ZVH, ya que la inclusión de variables de temperatura y precipitación lo hace indicada para modelar impactos de los escenarios de cambio climático. Esto es un primer paso, ya que futuros análisis tendrán la compleja tarea de explorar la capacidad de los ecosistemas y sus especies miembros para evolucionar, “desplazarse” y mantener su integridad bajo estas condiciones cambiantes climáticas. Igualmente, se deberá tomar en cuenta que la degradación y fragmentación por la presión directa de las sociedades complica esta adaptación. Estos trabajos futuros pueden aprovechar los análisis sobre el efecto de los cambios de los patrones intraanuales de precipitación, aridez y meses secos, disponibles en otras publicaciones de esta Serie técnica 2012.

La sistematización de los diversos estudios de valorización económica encontrados, realizada por medio del método de metaanálisis, proporciona resultados que podrán servir en otros ejercicios de valorización, incluyendo evaluaciones de impactos de eventos extremos. Evidencia la necesidad de incentivar más estudios de los servicios ecosistémicos de la región y opciones de su valorización, especialmente de zonas menos estudiadas como el bosque muy húmedo montano bajo tropical.

La adaptación humana al cambio climático está claramente ligada a la adaptación de los ecosistemas de los cuales depende, especialmente en regiones como Centroamérica. Responder a este

reto requerirá incorporar el papel de los servicios ambientales en la valoración de la eficiencia y sostenibilidad de nuestras actividades económicas y tomar medidas fuera del mercado para generar incentivos y marcos regulatorios adecuados. Al respecto, es necesario considerar el principio de precaución y establecer un estándar mínimo, considerando la irreversibilidad de la pérdida biológica, el riesgo y la incertidumbre. Debido a que el cambio climático y la pérdida de hábitats por otros factores interactúan en el paisaje, se recomienda aumentar y fortalecer el sistema de Áreas Naturales Protegidas (más de 550 en la región) y corredores biológicos para abarcar mayor escala bio-geográfica, dar mayor amplitud a la definición de zonas de protección y ordenación del territorio y reforzar la protección de refugios climáticos. Estos esfuerzos pueden complementarse con programas de agricultura sostenible, el aprovechamiento forestal sustentable y el rescate de cultivos criollos y especies silvestres endémicas con resistencia a los efectos climáticos previstos.

Otras medidas para facilitar la adaptación de los bosques son: crear programas para que las comunidades desarrollen la capacidad de conservación y recuperación de los ecosistemas con los que conviven, incluyendo la adopción de tecnologías apropiadas para medios de vida sostenibles, aprovechando al máximo los conocimientos tradicionales y la diversificación de sus fuentes de sustento; mejorar los sistemas de gestión de los bosques, incluyendo el control de la deforestación y los incendios forestales, la forestación y la reforestación; establecer y promover sistemas de regulación y certificación del ecoturismo como contribución a la defensa de los ecosistemas naturales, evitando desarrollos turísticos e inmobiliarios convencionales que degraden sus atributos naturales e impulsar proyectos ecoturísticos o de naturaleza y “aventura”, manejados por los propietarios de los predios.

No solamente hay sinergias potenciales de la protección e uso sostenible de los ecosistemas con las iniciativas de reducción de emisiones de GEI, sino con un número de acciones relacionadas con el desarrollo sostenible e incluyente, como la producción agrícola más sostenible, la gestión integral de cuencas y agua, el rescate de cultivos criollos y especies silvestres endémicas, mayor acceso a la energía eléctrica y programas de pago por servicios ambientales a beneficio de la población rural de bajos ingresos. Todas estas medidas requieren ser instrumentadas en programas y presupuestos.

En este sentido, el recurso hídrico es de suma importancia para la protección de los bosques, otros ecosistemas y su biodiversidad. La conservación de los bosques es esencial para la gestión de las cuencas. Se requieren esfuerzos amplios para hacer más eficiente el uso del agua, reducir su contaminación y reciclarla en los sectores de demanda doméstica, agropecuaria, industrial y de servicios.

Se requerirá mayor coordinación con el sector agropecuario para restaurar las áreas degradadas y de baja productividad según criterios de calidad de la producción primaria, sostenibilidad de la producción y reforestación para diferentes usos; evitar la extensión de la zona agrícola hacia los ecosistemas naturales, intensificando los sistemas de producción, mejorando su eficiencia y gestionando los paisajes rurales según objetivos de conservación, ampliar la valoración económica de los ecosistemas y sus servicios relacionados con la producción agrícola, incluyendo la polinización, control de plagas, regulación de humedad y clima local, en apoyo a las decisiones de los productores sobre su conservación y protección.

El ordenamiento ambiental del territorio es fundamental para alcanzar el desarrollo sustentable y una distribución más óptima de la población, de sus actividades y de la infraestructura productiva nacional para prevenir daños y pérdidas por eventos extremos. Los ecosistemas naturales pueden reducir la vulnerabilidad de la población a eventos climáticos extremos y fungir como

complementos o sustitutos de la inversión en infraestructura que puede tener costos más elevados. Por ejemplo, las plantaciones forestales y los manglares costeros proveen protección contra tormentas, inundaciones, huracanes y tsunamis.

Es recomendable ampliar y precisar los esquemas financieros que incentiven el manejo sustentable de los bosques y reconozcan el valor económico de sus servicios ambientales, incluyendo los hidrológicos y de sumidero de carbono. La región tiene experiencias como el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO) de Costa Rica, el *Protected Areas Conservation Trust* de Belice (PACT), el Programa de Incentivos Forestales (PINFOR) y el Programa de Incentivos para Pequeños Poseedores de Tierras de Vocación Forestal o Agroforestal (PINEP) de Guatemala y el Programa de Certificados de Incentivos Forestales de Panamá. En esta línea se ha propuesto la creación de un Fondo Mesoamericano para el Pago por Servicios Ambientales, cuyo objetivo es contribuir al desarrollo sostenible de la región, fortaleciendo el régimen de cooperación e integración para la gestión ambiental (PNUMA, CCAD y SICA, 2010). Se hace necesario generar conciencia social sobre las funciones de los ecosistemas y su bienestar asociado.

En las políticas nacionales de cambio climático se podría considerar la conveniencia de establecer planes voluntarios de reducción neta de la deforestación a escalas nacional y regional, y financiar estos esfuerzos vía programas orientados a la adaptación, el Mecanismo de desarrollo limpio (MDL), otros mercados de bonos de reducciones de emisiones, mediante pagos por servicios ambientales; establecer metas de conservación ecológica y aprovechamiento sostenible de los ecosistemas terrestres a escalas nacional y regional y considerar la conveniencia de establecer metas territoriales de carbono capturado y almacenado por ecosistemas. Sería conveniente vincular las metas de conservación con las de bienestar de la población, particularmente de la que convive con los ecosistemas, como el uso de estufas de leña eficientes, acceso a la electricidad y pago por servicios ambientales.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abeygunawardana, P. y W.A.R. Wickramasinghe (1992), An economic evaluation of non-timber forest products in Hantana forest. Multipurpose tree species in Sri Lanka, research and development. Proceedings of the Second Regional Workshop Organized by the National Research Committee in Multipurpose Tree Species.
- Adams, C., R. Seroa da Motta, R.A. Ortiz, J. Reid, C.E. Aznar y P.A. de Almeida Sinisgalli (2008), «The use of contingent valuation for evaluating protected areas in the developing world: Economic valuation of Morro do Diabo State Park, Atlantic Rainforest, São Paulo State (Brazil)», *Ecological Economics*, vol. 66, págs. 359-370.
- Allen, B., L. Lines y D. Hamilton (2008), «The economic importance of Extending Habitat Protection Beyond Park Boundaries: A Case Study from Costa Rica», *The George Wright Forum: Journal of Parks, Protected Areas, and Cultural Sites*, vol. 25, N° 1.
- Alpizar, F., F. Carlsson y M.A. Naranjo (2007), «Small farmer's determinants of private adaptation to climate change strategies», *Environment for Development Initiative (EfD)*.
- Ammour, T., N. Windevoxhel y G. Sencion (2000), «Economic Valuation of mangroves ecosystems and sub-tropical forests in Central America», en M. Dore y R. Guevara (eds.), *Sustainable Forest Management and Global Climate Change: selected case studies from the Americas*, Edward Elgar. ISBN 1 84064 161 4, págs. 166-197.
- Anderson, E. y otros (2008), «Potential impacts of climate change on biodiversity in Central America, Mexico and Dominican Republic», *CATHALAC/USAID, Panama City*, vol. 105.
- Anderson, A. y W. Ioris (1992), «The logic of extraction: resource management and income generation by extractive producers in the Amazon», en K. Redford y C. Padoch, (eds), *Conservation of neotropical forests: Working from traditional resource use*, págs. 175-199, New York, Columbia University Press.
- Anderson, A.B., P.H. May y M. Balick (1991), *The Subsidy from nature: Palm forests, peasantry, and development on an Amazon frontier*, Columbia University Press, New York.
- Apps, M. J. y D.T. Price (1996) *Forest Ecosystems, Forest Management and Global Carbon Cycle*. Springer-Verlag, New York.
- Arrow, K. J., G. Daily, P. Dasgupta, S. Levin, S., K.G. Maler, E. Maskin, D. Starrett, T. Sterner y T. Tietenberg (2000) «Managing ecosystem resources», *Environmental Science and Technology*, vol. 34, págs. 1401-1406.
- Baines, C. (2000), «A forest of other issues», *Landscape Design*, N° 294, págs. 46-47.
- Balick, M.J. y R. Mendelsohn (1992), «Assessing the economic value of traditional medicines from tropical rain forests», *Conservation Biology*, vol. 6, N° 1, págs. 128 -130.
- Balkan, E., y J. R. Kahn (1988), «The value of changes in deer hunting quality: a travel cost approach», *Applied Economics*, vol. 20, págs. 533-539.
- Baltodano Picado, ME. (2005), *Economic valuation of the hydric environmental service offer in Jucuapa and Calico sub watersheds, Matagalpa, Nicaragua*.
- Banco Mundial (2010), *Convenient solutions to an inconvenient truth*, Banco Mundial.
- Bann, C. (1999), *A contingent valuation of the mangroves of Benut, Johor State, Malaysia*, Report for Johor State Forestry Department/DANCED/Darudec.
- Bann C. (1997), *Aneconomic analysis of tropical forest land use options, Ratanakiri Province, Cambodia*, Economy and Environment Program for Southeast Asia Research Report Series, Noviembre.
- Barbier, E. B., J.C. Burgess y C. Folke (1994), *Paradise Lost?: the Ecological Economics of Biodiversity*, Earthscan, London.
- Barzev, R. (2004) *Guía Metodológica de Valoración Económica de los Servicios Hídricos a nivel de Cuenca*.

- Barzev, R. (2002), Valoración económica integral de los bienes y servicios ambientales de la Reserva del Hombre y la Biosfera Río Plátano, Proyecto Manejo Reserva del Hombre y la Biosfera de Rio Platano, Corredor Biológico Mesoamericano (CBM), Tegucigalpa.
- Batagoda, B. (1997), Valuing Rainforests, Ph D Thesis, Norwich: University of East Anglia.
- Bauer, L. (1995), «Resistance: A threat to the insecticidal crystal proteins of *Bacillus thuringiensis*», *Florida Entomologist*, vol. 78, N° 3.
- Bernard, F., R. de Groot y J. Campos (2009), «Valuation of tropical forest services and mechanisms to finance their conservation and sustainable use: A case study of Tapantí National Park, Costa Rica», *Forest Policy and Economics*, vol. 11, N° 3, págs. 174–183.
- Bishop, J.T. (1999), Valuing forests: A review of methods and applications in developing countries. London, Environmental Economics Programme, International Institute for Environment and Development.
- Borenstein, M., Hedges, L.V., Higgins, J.T., Rothstein, H., (2009), *Introduction to Meta- Analysis*, John Wiley and Sons, New York.
- Brookshire, D. S., M.A. Thayer, W.D. Schulze, y R.C. d'Arge (1982), «Valuing public goods: a comparison of survey and hedonic approaches», *American Economic Review*, vol. 72, págs. 165-178.
- Brown, K. y D.W. Pearce (1994), «The economic value of non-marketed benefits of tropical forests: carbon storage» en: J. Weiss (Ed.), *The Economics of Project Appraisal and the Environment*, Elgar, Londres, págs. 102–123.
- Bulte, E.H., M. Joenje y H.G.P. Jansen (2000), «Is there too much or too little natural forest in the Atlantic Zone of Costa Rica?», *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 30, N° 3, págs. 495-506.
- Caldecott, J. (1988), «A variable management system for the hill forests of Sarawak, Malasia», *Journal of Tropical Forest Science*, vol. 1, N° 2, págs. 103-113.
- Campos, M. (s/f), «Cambio climático en Centroamérica», Comité Regional de Recursos Hidráulicos (CRRH) [en línea] <<http://www.aguayclima.com/pdf/CambioClimaticoenCentroamerica.pdf>>.
- Carlson, E.S., D.G. Feltus y E.E. Langenau (1984), Recreational value of selected forest lands in Northern Lower Michigan, Michigan Department of Natural Resources Wildlife Division, Reporte N° 2991.
- Carranza C.F, B. Aylward, J. Echeverría, J. Tosi y R. Mejías (1996), Valoración de los servicios ambientales de los bosques de Costa Rica, ODA-MINAE, CCT, San José, Costa Rica.
- Carrolli G y R. Lede (1993), «Meta-Análisis: Una valiosa técnica de investigación», *Actualizaciones Tocoginecológicas AGORA*, vol. 4, N° 46.
- CATHALAC(Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe)/USAID (United States Agency for International Development) (2008), Impactos potenciales del cambio climático en la biodiversidad de Centroamérica, México y República Dominicana, Panamá.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe), CCAD/SICA (Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo/ Sistema de Integración Centroamericana), UKAID (UK Department for International Development) y DANIDA(Agencia de Cooperación para el Desarrollo de Dinamarca) (2011), *La Economía del Cambio Climático en Centroamerica. Reporte Técnico 2011*, Organización de las Naciones Unidas, CEPAL, LC/MEX/L.1016, México, D.F.
- Chen, W.Y. (2006), Assessing the services and value of green spaces in Urban Ecosystem: A case of Guangzhou City. PhD Thesis, The University of Hong Kong, Hong Kong.
- Chopra K (1993), «The value of non-timber forest products: an estimation for tropical deciduous forests in India», *Economic Botany*, vol. 47, págs. 251-57.
- Christensen, J.H., y otros (2007), «Regional climate projection», en *Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, Reino Unido y Nueva York, EE.UU., Cambridge University Press.
- Cigarán M.P., M.E. Gutiérrez y M. Gallo (2009), Evaluación climática del Marco de Asistencia de las Naciones Unidas para el Desarrollo, El Salvador 2007-2011: resumen ejecutivo, Proyecto Integración de riesgos y oportunidades del cambio climático en los procesos nacionales de desarrollo y en la programación de SNU, El Salvador, PNUD.

- Clark, D. (2004), «Tropical forests and global warming: Slowing it down or speeding it up?», *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 2, N° 2.
- Costanza, R., y H. E. Daly (1992), «Natural capital and sustainable development», *Conservation Biology*, vol. 6, págs. 37-46.
- Costanza, R., R. d'Arge, R. de Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R. V. O'Neill, J. Paruelo, R.G. Raskin, P. Sutton y M. van den Belt (1997), «The value of the world's ecosystem services and natural capital», *Nature*, vol. 387, págs. 253-260.
- d'Arge, R. C., y J. F. Shogren (1988), «Non-market asset prices: a comparison of three valuation approaches», en: H. Folmer, y E. van Ierland (eds.) *Valuation Methods and Policy Making en Environmental Economics*, vol. 36, págs. 15-36, Elsevier, Amsterdam.
- Daily, G. (2000), «Management objectives for the protection of ecosystem services», *Environment Science and Policy*, vol. 3, págs. 333-339.
- Daily, G.(ed.) (1997), *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*, Island Press, Washington, DC.
- Daily, G., P.A. Matson y P.M. Vitousek (1997), «Ecosystem services supplied by soil», en: G. Daily (ed.) *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*, Island Press, Washington, DC, págs. 113-132.
- Davis, C. (2008), «Protecting forests to save the climate: REDD challenges and opportunities», *EarthTrends*, vol. 28 [en línea] <<http://earthtrends.wri.org/updates/node/303>>.
- De Bach, P. (1974), *Biological Control by Natural Enemies*. Cambridge University Press, London.
- Derzon J. (2008), *Introduction to Meta-analysis*, Batelle Memorial Institute, Presentado en el AEA/CDC Summer Institute.
- Dickinson, R. E. (ed.) (1987) *The Geophysiology of Amazonia: Vegetation and Climate Interactions*, Wiley, New York.
- Dudley, N. (ed.) (2008), *Guidelines for applying protected area management categories*, IUCN (International Union of Conservation of Nature), Gland, Switzerland.
- Echeverría, J., M. Hanrahan y R. Solórzano (1995), «Valuation of non-priced amenities provided by the biological resources within the Monteverde Cloud Forest Preserve, Costa Rica», *Ecological Economics*, vol. 13, N° 1, págs 43–52.
- EFE (Agencia de noticias) (2010), «La deforestación y el cambio climático preocupan a la Comisión Forestal de A. Latina», Guatemala, 27 de mayo de 2010.
- Ehrlich, P. R., y H.A. Mooney (1983), «Extinction, substitution, and the ecosystem services», *BioScience*, vol. 33, págs. 248-254.
- Enquist, C. (2002), «Predicted regional impacts of climate change on the geographical distribution and diversity of tropical forests in Costa Rica», *Journal of Biogeography*, vol. 29, N° 4.
- Espinosa, C. y M. Asqueros (2000), *El valor de la biodiversidad en Chile. Aspectoseconómicos, ambientales y legales*, Documento de Trabajo.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2010), AQUASTAT. FAO's Information System on Water and Agriculture [en línea] <<http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/indexesp.stm>> [accedido: 20 de octubre de 2010].
- Farber, S. (1988), «The value of costal wetlands for recreation: an application of travel cost and contingent valuation methodologies», *Journal of Environmental Management*, vol. 26, págs. 299-312.
- Fearnside, P. (1997), «Environmental services as a strategy for sustainable development in rural Amazonia», *Ecological Economics*, vol. 20, N° 1, págs. 53–70.
- Feeley, K. y otros (2007), «Decelerating growth in tropical forest trees», *Ecology letters*, vol. 10, N° 6.
- Figuroa, E. (2010), «Valor económico del servicio ecosistémico, Banco Genético Natural para la Prospección Farmacológica: El caso del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Chile», *Panorama Socioeconómico*, año 28, N° 40, págs. 34-51.
- Freeman, R.E. (1984), *Strategic Management: A Stakeholder Approach*, Pitman, Boston.
- Fürst, E. y otros (2004), *Desarrollo y conservación en interacción: ¿Cómo y en cuanto se benefician la economía de las áreas silvestres protegidas en Costa Rica?*, INBio-CINPE, Heredia, Costa Rica.

- Gatto, M., y G.A. De Leo (2000), «Pricing biodiversity and ecosystem services: the never-ending story», *Bioscience*, vol. 50, págs. 347-355.
- Garrod, G. D. y K.G. Willis (1997a), «The non-use benefits of enhancing forest biodiversity: a contingent ranking study», *Ecological Economics*, vol. 21, págs. 45-61.
- Garrod, G. D. y K.G. Willis (1997b), «The recreational value of tropical forests in Malaysia», *Journal of World Forestry Resource Management*, vol. 8, págs. 183-201.
- Girod (2008), «Mainstreaming adaptation in national protected areas systems in Central America by scaling up biological corridors and forest landscape restoration», «Climate Change and biodiversity in the Americas», Canadian International Development Agency y Smithsonian Institution.
- Glass, G.V., McGaw, B., Smith, M.L. (1981), *Meta-Analysis in Social Research*, Sage Publications, Beverly Hills.
- Godoy, R., H. Overman, J. Demmer, L. Apaza, E. Byron, T. Huanca, W. Leonard, W. Pérez, V. Reyes-García, V. Vadez, D. Wilkie, A. Cubas, K. McSweeney y N. Brokaw (2002), «Local financial benefits of rain forests: comparative evidence from Amerindian societies in Bolivia and Honduras», *Ecological Economics*, vol. 40, págs. 397-409.
- Gram, S. (2001), «Economic valuation of special forest products: an assessment of methodological shortcomings», *Ecological Economics*, vol. 36, págs. 109-117.
- Green, C. H. (1992), «The economic issues raised by valuing environmental goods», en: A. Coker, y C. Richards (eds.), *Valuing the Environment: Economic Approaches to Environmental Evaluation*, Belhaven Press, London, págs. 28-61.
- Grifo, F. y Rosenthal, J. (eds.) (1997), *Biodiversity and Human Health*. Island Press, Washington, DC.
- Grimes, A., S. Loomis, P. Jahnige, M. Burnham, K. Onthank, R. Alarcón, W.P. Cuenca, C.C. Martinez, D. Neill, M. Balick, B. Bennett y R. Mendelsohn (1994), «Valuing the rain forest: the economic value of non-timber forest products in Ecuador», *Ambio*, vol. 23, N° 7, págs. 405-410.
- Gunatilake, H.M., D. Senaratne y P. Abeygunawardena (1993), «Role of non-timber forest products in the economy of peripheral communities of Knuckles National Wilderness Area of Sri Lanka: A farming systems approach», *Economic Botany*, vol. 47, N° 3, Julio - Septiembre, págs. 275-281.
- Guthiga, P.M., J. Mburu, K. Holm-Mueller, J. Kasina y M. Cramer (2008), «Costs and benefits of conserving Kakamega forest under three different management approaches», en el Congreso Internacional Biodiversity of Africa-Observation and Sustainable Management for our Future!, 29 de septiembre – 3 de octubre, Spier, RSA.
- Hadker, N., S. Sharma, A. David, y T.R. Muraleedharan (1997), «Willingness to Pay for Borivli National Park: Evidence from a Contingent Valuation», *Ecological Economics*, vol. 21, págs. 105 -122.
- Hall, D. O., F. Rosillo-Calle, R.H. Williams y J. Woods (1993), «Biomass for energy», en: T. B. Johansson, H. Kelly, A. Reddy y R. H. Williams (eds.), *Renewable energy sources for fuels and electricity*, Island Press, Washington, DC, págs. 593-652.
- Hannah, L., y otros (2002), «Conservation of Biodiversity in a Changing Climate», *Conservation Biology*, vol.16, N°1.
- Heal, G. (2000a), «Valuing ecosystem services», *Ecosystems*, vol. 3, págs. 24-30.
- Heal, G. (2000b), *Nature and the Marketplace: Capturing the Value of Ecosystem Services*, Island Press, Washington, DC.
- Hernández O.H. (2001), *Valoración económica del recurso hídrico, subcuenca Jones, Sierra de las Minas, Guatemala*, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Hijmans, R.J., S.E. Cameron, J.L. Parra, P.G. Jones y A. Jarvis (2005), «Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas», *International Journal of Climatology*, vol. 25, págs. 1965-1978.
- Hillel, D. J. (1992), *Out of the Earth: Civilization and the Life of the Soil*, University of California Press, Berkeley, CA.
- Hodell, D. A. y otros (2008), «An 85-ka record of climate change in lowland Central America», *Quaternary Science Reviews*, vol. 27, N° 11-12.
- Hodgson, G. y J.A. Dixon (1988), *Logging versus fisheries and tourism in Palawan*, Environment and Policy Institute, N° 7, East-West Center, Honolulu, Hawaii.
- Holdridge, L., (2000), *Ecología basada en zonas de vida*, IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura), San José. Costa Rica.

- Holdridge, L., (1947), «Determination of World Plant Formations from Simple Climatic Data», *Science*, vol. 105, N°. 2727, págs 367-368.
- Horton, B., G. Colarullo, I. Bateman y C. Peres (2003), «Evaluating non-users willingness to pay for a large-scale conservation programme in Amazonia», *Environmental Conservation*, vol. 30, págs. 139-146.
- Hughes, B. (2008), «International Futures: The IFs Model», Documento presentado en la reunión anual en ISA's 49th Annual Convention, Bridging Multiple Divides, Hilton San Francisco, San Francisco, CA.
- INBio (Instituto Nacional de Biodiversidad) (2004), *Biodiversidad en Centroamérica*.
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático) (2007a), *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press.
- \_\_\_\_\_ (2007b), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press.
- \_\_\_\_\_ (2007c), *Climate Change, 2007: Mitigation Options: Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press.
- Jaramillo, G. y J. Zaruma (2002), *Catastro y valoración de la vegetación nativa protectora: Dudas, Mazar, Llavircay, Púlpito y Juval*, inscrita en la parroquia Rivera, Ecuador.
- Jim, C. Y. y W.Y. Chen (2009), «Ecosystem services and valuation of urban forests in China», *Cities*, vol. 26, págs.187-194.
- Jiménez, M. (2009), «Resiliencia de los ecosistemas naturales terrestres de Costa Rica al cambio climático.», Tesis del programa de educación para el desarrollo y la conservación, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Jouanno, J. y otros (2008), «The mesoscale variability in the Caribbean Sea», *Ocean Modelling*, vol. 23, N° 3-4, págs.82-101.
- Karmalkar, A., R. Bradley y H. Díaz (2008), «Climate change scenario for Costa Rican montane forests», *Geophysical Research Letters*, vol. 35.
- Kramer, R., N. Sharma y M. Munasinghe (1995), *Valuing Tropical Forests: Methodology and Case Study of Madagascar*, Environment Paper No.13, Washington DC: World Bank.
- Krutilla, J.V. (1991), *Environmental resource services of Malaysian moist tropical forest, resources for the Future*, Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Kumari, K. (1995), *Sustainable Forest Management: Myth or a Reality? Exploring the Prospects for Malaysia*, Centre for Social and Economic Research on the Global Environment, GEC.
- La Gaceta, (2002), *Leyes y Decretos. Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica*, 4 de octubre de 2002. No. 129. San José, Costa Rica.
- Lawton, R. y otros (2001), «Climatic impact of tropical lowland deforestation on nearby montane cloud forests», *Science*, vol. 294, N° 5542.
- Lette, H. y H. de Boo (2002), *Economic valuation of forests and nature: A support tool for effective decision-making*, International Agricultural Centre (IAC) Wageningen and National Reference Centre for Agriculture, Nature Management and Fisheries (EC-LNV),
- Livengood, K. R. (1983), «Value of big game from markets for hunting leases: the hedonic approach», *Land Economics*, vol. 59, págs. 287-291.
- Locatelli, B., y P. Imbach (2010), «Migración de ecosistemas bajo escenarios de cambio climático: el rol de los corredores biológicos en Costa Rica», en: *Adaptación al cambio climático y servicios ecosistémicos en América Latina*, Libro de actas del Seminario Internacional sobre Adaptación al Cambio climático: el Rol de los Servicios Ecosistémicos, Martínez y otros (eds.), Turrialba, Costa Rica.
- Loomis, J. (1987), «The economic value of instream flow: methodology and benefit estimates for optimum flows», *Journal of Environmental Management*, vol. 24, págs. 169- 179.
- Luijten, J., L.Miles y E.Cherrington (2006), «Land use change modeling for three scenarios for the MAR region», Technical report. Watershed Analysis for the Mesoamerican Reef Data CD, World Resources Institute. Washington, D.C.

- Magrin, G. y otros (2007), *Latin America. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ML Parry, OF Canziani, JP Palutikof, PJ van der Linden y CE Hanson (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.
- Mahapatra, A. K. y D.D. Tewari, (2005), «Importance of non-timber forest products in the economic valuation of dry deciduous forests of India», *Forest Policy and Economics*, vol. 7, págs. 455-467.
- Maille, P., y R. Mendelsohn (1993), «Valuing ecotourism in Madagascar», *Journal of Environmental Management*, vol. 38, págs.213-218.
- MARENA (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Nicaragua) (2001), *Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*, Nicaragua, Nicaragua.
- MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador) (2000), *Impactos del cambio climático en el sector agropecuario de la zona costera de El Salvador*, San Salvador.
- McMillan, M. L., B.C. Reid y D.W. Gillen (1980), «An extension of the hedonic approach for estimating the value of quiet», *Land Economics*, vol. 56, págs.315-328.
- Menkhaus, S. y D. J. Lober (1996), «Internationa ecotourism and the valuation of tropical of rainforest in Costa Rica», *Journal of Environmental Management*, vol. 47, págs.1-10.
- Mendelsohn, R. (1997), «Notes on economic plants», *Economic Botany*, vol. 51, N°. 3, págs. 328.
- Millennium Ecosystem Assessment (2005), *Ecosystems and Human well-being: Synthesis*, Island Press, Washington, D.C.
- MINAET y otros (1999), *Estudios de cambio climático en Costa Rica, componente bosques: vulnerabilidad de los bosques de Costa Rica ante el cambio climático, período de predicción 1999 - 2030*, San José, Costa Rica.
- More, T., T. Stevens y P. G. Allen (1988), «Valuation of urban parks», *Landscape and UrbanPlanning*, vol. 15, págs.139-152.
- Mori, S. (1992), «The Brazil nut industry - past, present, and future», en: M. Plotkin y L. Famolare (eds.). *Sustainable Harvest and Marketing of Rain Forest Products*. Washington, D.C.: Island Press.
- Motto, P. (2007), *Valoración económica del Bosque Seco, Proyecto Gestión Concertada Para el control de la Desertificación y la regeneración del Bosque Seco en los Cantones de Zapotillo y Macará*.
- Nabhan, G. P., y S.I. Buchmann (1997), «Services provided by pollinators», en: G. C. Daily (ed.) *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*, Island Press, Washington, DC, págs. 133-150.
- Naranjo-Barrantes, M.A. (2007), *The contribution of protected nature areas towards socio-economics development in Costa Rica: A cluster analysis of Braulio Carrillo National Park*, Wagerine University, Thesis.
- Nations, J.D. (1992), «Xateros, Chicleros, and Pimenteros: Harvesting Renewable Tropical Forest Resources in the Guatemala Petén» en K.H. Redford y C. Padoch, eds. *Conservation of Neotropical Forest: Working from traditional resources use*, New York, Columbia University Press.
- Naylor, R. L. y P.R. Ehrlich (1997), «Natural Pest Control Services and Agriculture», en: G. C. Daily (ed.), *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*, Island Press, Washington, DC, págs. 151-174.
- Oliveira, K.R. (1996), *Valoración Económica de bienes y servicios ambientales en sistemas agrícolas de San Miguel, Petén, Guatemala*.CATIE.
- Osorio, J. D. (2006), «El método de transferencia de beneficios para la Valoración económica de servicios ambientales: Estado del arte y aplicaciones», *Semestre Económico*, vol. 9, págs. 107-124.
- Ouyang, Z., R. Wang y J. Zhao (1999), «Ecosystem Services and their economic valuation», *Chinese Journal of Applied Ecology (in Chinese)*, vol. 10, págs. 635-640.
- Oyarzún, C.E., L. Nahuelhual y D. Núñez (2005), «Los servicios ecosistémicos del bosque templado lluvioso: producción de agua y su valoración económica», *Revista Ambiente y Desarrollo*, 20(3)-21(1), págs. 88-95.
- Padoch, C. y W. de Jong. (1989), «Production and profit in agroforestry: An example from the Peruvian Amazon». En: J. Browder (ed.), *Fragile Lands of Latin America*. Westview Press, Boulder.
- Parmesan C. y G. Yohe (2003), «A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems», *Nature*, vol.421, págs. 37-42.

- Pearce, D.W. (1999) Can Non-Market Values Save the World's Forests, en Forestry Commission, The Living Forest: Non-Market Benefits of Forestry, The Stationery Office, Londres, UK.
- Pearce, D. W. (1993), Economic Value and the Natural World, Earthscan, London.
- Pearce, D. W. (1990), An economic approach to saving the tropical forest, University of Oxford and Oxford Economic Research Associates, London.
- Pearce, D.W. y E. Moran (1994), The Economic Value of Biodiversity, Earthscan Publications, Londres.
- Pearce, D.W. y C.G.Pearce (2001), The Value of Forest Ecosystems, Report to the Secretariat of the United Nations Convention on Biological Diversity Technical Series N°. 4, Montreal, Canada.
- Pearce, D. W. y J.J. Warford (1993), World Without End: Economics, Environment, and Sustainable Development. Oxford University Press, Oxford.
- Peters, C., A. Gentry y R. Mendelsohn (1989), «Valuation of an Amazon rainforest», *Nature*, vol. 39, págs. 655-656.
- Pimentel, D. (ed.) (1991), CRC Handbook of Pest Management in Agriculture, CRC Press, Segunda edición, USA.
- Pimentel, D., J. Allen, A. Beers, L. Guinand, A. Hawkins, R. Linder, P. McLaughlin, B. Meer, D. Mousonda, D. Perdue, S. Poisson, R. Salazar, S. Siebert, y K. Stoner (1993), «Soil erosion and agricultural productivity».en: D. Pimentel (ed.) World Soil Erosion and Conservation. Cambridge University Press, Cambridge, págs. 277-292.
- Pinedo-Vasquez, M., D. Zarin y P. Jipp (1992), «Economic returns from forest conversion in the Peruvian Amazon», *Ecological Economics*, vol.6, N°.2, págs. 163-173.
- Piri, M., M. Mosannan Mozafari y E. Javdan (2010), «Estimating the individual's willingness to pay for forest existence value (Case study: Arasbaran forest)», *Journal of Forest and Wood Products (JFWP)*, Iranian Journal of Natural Resources, vol. 62, N°. 4, págs. 343-357.
- PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) (2007), «Perspectivas del Medio Ambiente Mundial GEO4. Resumen para los tomadores de decisiones».
- PNUMA/CCAD (Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo)/SICA (Sistema de Integración Centroamericana) (2010), Propuesta para el establecimiento de un Fondo Mesoamericano para el Pago por Servicios Ambientales.
- Pounds, J., M. Fogden y J. Campbell (1999), «Biological response to climate change on a tropical mountain», *Nature*, vol. 398, N° 6728.
- Portney, P. R. (1994), «The contingent valuation debate: why economists should care», *Journal of Economic Perspectives*, vol. 8, págs. 3-17.
- Prescott-Allen, R., y C. Prescott-Allen (1990), «How many plants feed the world?», *Conservation Biology*, vol. 4, págs. 365-374.
- PROMEIO (Programa Estratégico de Monitoreo y Evaluación de la Biodiversidad) (2010), Estado actual y futuro de la biodiversidad en Centroamérica, Reporte Técnico.
- Pushpakumara, D.K.N.G., H.B. Kotagama, B. Marambe, G. Gamage, K.A.I.D. Silva, L.H.P. Gunaratne, C. Wijesundara y S.S.D.K. Karaluvinne (2002), «Prospects of pharmaceutical prospecting to finance biodiversity conservation in Sri Lanka», *Sri Lankan Journal of Agricultural Economics*, vol. 4, págs. 39-71.
- Randall, A. (1987), *Resource Economics: An Economic Approach to Natural Resource and Environmental Policy*. Segunda edición, John Wiley & Son, New York.
- Randall, A. (1991), «Total and nonuse value», en: J. B. Braden, and C. D. Kolstad (eds.) *Measuring the Demand for Environmental Quality*, Elsevier Science Publishers, B. V. North Holland, págs. 303-332.
- Regens, J. L. (1991), «Measuring environmental benefits with contingent markets», *Public Administration Review*, vol. 51, págs. 345-352.
- Retamal, M. (2006), Valoración económica de la oferta del servicio ecosistemico hídrico para consumo humano en el municipio de Copán Ruinas, Honduras, CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza), trabajo de Tesis.
- Rombach, M. C., y K.D. Gallagher (1994), «The brown planthopper: promises, problems, and prospects», en: E. A. Heinrichs (ed.) *Biology and Management of Rice Insects*, Wiley, London, págs. 693-712.
- Rosenberger, R.S. y J.B. Loomis (2003), «Benefit transfer», en: P. Champ, K. Boyle y T. Brown (eds.), *A Primer on Non-Market Valuation*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.

- Rosenberg, D. y otros (1995), «Biological corridors: form, function, and efficacy», *BioScience*, vol. 47, N°. 10, AIBS: The First 50 Years (Nov., 1997), págs. 677-687.
- Ruitenbeek, J. 1995. «Evaluating Bintuni Bay: Some Practical Lessons in Applied Resource Valuation». preparado para the Economy and Environment Program for Southeast Asia (EEPSEA) Fifth Biannual EEPSEA Workshop.
- Ruitenbeek, H.J. (1992), «The rainforest supply price: a tool for evaluating rainforest conservation expenditures», *Ecological Economics*, vol. 6, N°. 1, pp. 57-78.
- Ruitenbeek, H.J. (1989), «Appendix 13: Korup National Park Social Cost Benefit Analysis» en World Wildlife Fund, Republic of Cameroon, Korup Project: Plan for Developing the Park and its Support Zone, London: WWF.
- Saez, M., A. Figueiras, F. Ballester, S. Pérez-Hoyos, R. Ocaña, y A. Tobías (2001), «Comparing meta-analysis and ecological-longitudinal analysis in time-series studies. A case study of the effects of air pollution on mortality in three Spanish cities», *Epidemiol Community Health*, vol. 55, págs. 423-432.
- Salgado, L. (1996), Valoración económica del agua para uso urbano proveniente del Parque Nacional La Tigra, Tegucigalpa, Honduras, Tesis de Maestría, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Salzman, J. (1998), «Ecosystem services and the law», *Conservation Biology*, vol. 12, págs. 497- 498.
- Sanders, R. A. (1986), «Urban vegetation impacts on the urban hydrology of Dayton Ohio», *Urban Ecology*, vol. 9, págs. 361-376.
- Scheffer, M., W. Brock, W. y F. Westley (2000), «Socioeconomic mechanisms preventing optimum use of ecosystem services: an interdisciplinary theoretical analysis», *Ecosystems*, vol. 3, págs. 451-471.
- Schiff, J. L. (2008), *Cellular automata: a discrete view of the world*, John Wiley & Sons. United States of America.
- Schultz, S. y otros (1998), «Opportunities and limitations of contingent valuation surveys to determine national park entrance fees: evidence from Costa Rica», *Environment and Development Economics* vol. 3, págs. 131-149.
- Schwartz, J. (1994), «Air pollution and daily mortality: A review and meta-analysis», *Environ Res*, vol. 64, págs. 36-52.
- Segura, M. (1999), Valoración del servicio de fijación y almacenamiento de carbono en bosques privados en el área de conservación cordillera volcánica central, Costa Rica. CATIE.
- Seidl, A. y A. Steffens (2000), «Global valuation of ecosystem services: application to the Pantanal da Nhecolandia, Brazil», *Ecological Economics*, vol. 33, págs. 1-6.
- Sena Jr. (1997), Valoración económica de las actividades de recreación en el lago Cachi, Cartago, Costa Rica. CATIE.
- Sención, G.J. (2002), Valoración Económica de un ecosistema del bosque tropical Petén, Guatemala, Documento de Trabajo, Universidad de la República Facultad de Ciencias Sociales, Diciembre.
- Shahwahid, M.H.O., A.G. Awang Noor, N. Abdul Rahim, Y. Zulkifli y U. Razani (1997), Economic benefits of watershed protection and trade-off with timber production: A case study in Malaysia, Singapore: Economy and Environment Program for Southeast Asia.
- Smith, J., S. Mourato, E. Veneklaas, R. Labarta, K. Reategui y G. Sánchez (1998), Can global environmental markets help to control tropical deforestation?. Evidence from the Peruvian Amazon, First World Congress on Environmental and Resource Economics Venecia, Junio 25 y 27, 1998.
- Smith. V. K. (1991), «Household production functions», en: J. B. Braden, y C. D. Kolstad (eds.), *Measuring the Demand for Environmental Quality*, Elsevier Science, Amsterdam, págs. 41-76.
- Southgate, D., M. Coles-Ritchie y P. Salazar-Canelos (1995), Can we save tropical forests by harvesting non-timber products? Case Study, Environmental and Natural Resources Policy and Training Project, N°.3, Noviembre.
- Southwick, E. E, y L. Southwick (1992), «Estimating the economic value of honey bees (Hymenoptera: Apidae) as agricultural pollinators in the United States», *Economic Entomology*, vol. 85, págs. 621-633.
- Stanley, T. D. (2001), «Wheat from Chaff: Meta-analysis as Quantitative Literature Review», *Journal of Economic Perspectives*, vol. 15, N°. 3, págs. 131-150.
- Starrett, D. A. (2000), «Shadow pricing in economics», *Ecosystems*, vol. 3, págs. 16-20.
- Stern, D. I. (1999), «Use value, exchange value, and resource scarcity», *Energy Policy*, vol. 27, págs. 469-476.
- Tajbakhsh, M. 1993. Personal communication, Conservation International, Washington D.C
- Talavera, P.S., (2002), Valoración de productos y servicios derivados del Bosque Comunal Toncontín, Honduras. CATIE.

- Tattenbach, F., (1999), Valoración Económica de los Servicios Ambientales: La experiencia de Costa Rica. SINADES. [En línea]: <<http://www.mideplan.go.cr/sinades/PUBLICACIONES/biodiversidad/index-7.html>> [Consulta: 24 de Mayo, 1999].
- Tilman, D. (1997), «Biodiversity and ecosystem functioning», en: G. Daily (ed.) *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press, Washington, DC, págs. 93-112.
- Tobias D. y R. Mendelshon (1991). Excedente del consumidor derivado de visitas a una selva pluvial de Costa Rica. En Mounasinghe, Mohan (1994). *Aspectos Ambientales y Decisiones Económicas en los Países en Desarrollo*. Dirección de Proyectos y Programación de Inversiones. ILPES. Santiago de Chile
- Tobias, D. y R. Mendelsohn (1991), «Valuing ecotourism in a tropical rain-forest reserve», *Ambio*, vol. 38, págs. 91-93.
- Torras, M. (2000), «The total economic value of Amazonian deforestation, 1978–1993», *Ecological Economics*, vol. 33, N° 2, págs. 283–297.
- Tyrväinen, L. (1997), «The amenity value of the urban forest: an application of the hedonic pricing method», *Landscape and Urban Planning*, vol. 37, págs. 211-222.
- Tyrväinen, L. y A. Miettinen (2000), «Property prices and urban forest amenities», *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 39, págs. 205-223.
- UNDG (United Nations Development Group) (2009), «Guidelines for UN Country Teams on preparing a CCA and UNDAF» [en línea] <<http://www.undg.org/?P=232>>.
- UNFAO (United Nations Food and Agriculture Organization) (1996), *FAO Yearbook: Fishery Statistics*, vol. 82.
- Velarde, S., Y. Malhib, D. T. Morand, J. Wrighte y S. Hussaind (2005), «Valuing the impacts of climate change on protected areas in Africa», *Ecological Economics*, vol. 53, págs. 21–33.
- Verburg, P. y otros (2002), «Land use change modelling at the regional scale: The CLUE-S model», *Environmental Management*, vol. 30, N° 3.
- Vitousek, P. M., H. A. Mooney, J. Lubechenco, y J. M. Melillo (1997), «Human domination of earth's ecosystems», *Science*, vol. 277, págs. 494-499.
- Williams, J., S. Jackson y J. Kutzbach (2007), «Projected distributions of novel and disappearing climates by 2100 AD», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 104, N° 14.
- Wilson, E. O. (1989), «Threats to biodiversity», *Scientific American*, vol. 261, págs. 108-116.
- Woodwell, G. M. y F. T. Mackenzie (eds.) (1995) *Biotic Feedbacks in the Global Climatic System: Will the Warming Feed the Warming?* Oxford University Press, New York.
- World Resources Institute (WRI) (1994) *World Resources: A Guide to the Global Environment*, Oxford University Press, Oxford.

### Bases de datos

Temperatura promedio anual, precipitación promedio anual, elevación

Hijmans, R.J., S.E. Cameron, J.L. Parra, P.G. Jones y A. Jarvis (2005), «Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas», *International Journal of Climatology*, vol. 25, págs. 1965-1978. Disponible en [www.WorldClim.org](http://www.WorldClim.org)

# ANEXO I. METANÁLISIS: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE ESTUDIOS DE VALORACIÓN ECONÓMICA POR ZONAS DE VIDA

CUADRO A1  
MUNDO: VALORACIÓN ECONÓMICA DEL BOSQUE MUY HÚMEDO TROPICAL, 1984-2008

Autor	Año	País	Lugar	Metodología	Servicio ecosistémico	Valor promedio (Dólares a precios de 2000/Ha/Año)	Ponderación (%)	Tipo de Servicio
Carlson y otros	1984	Estados Unidos	Northern Lower Michigan	ND	Recreación	22,27	0,37	C
Caldecott	1988	Malasia	Sarawak	Mercado	Flora y fauna	7,78	0,37	P
Hodgson y Dixon	1988	Filipinas	Bacuit	Beneficios	Ecoturismo	632,19	0,37	C
Ruitenbeek	1989	Camerún	Korup	ND	Prevención de inundaciones	2,78	0,37	R
Peters y otros	1989	Perú	Mishana	ND	Cosecha productos no maderables	583,50	0,84	P
Anderson y otros	1991	Brasil	Amazonas	ND	Alimentos	74,61	0,84	P
Krutila	1991	Malasia	Bosque Tropical	Contingente	Regulación climática	424,89	0,37	R
Gunatillake y otros	1993	Sri Lanka	Sinharaja	Mercado	Flora	12,64	0,37	P
Chopra	1993	India	Bosque Tropical	ND	Materias primas	116,80	0,37	P
Chopra	1993	India	Bosque Tropical	ND	Beneficios de existencia	1 064,32	0,37	S
Grimes y otros	1994	Ecuador	Napo	Contingente	Alimentos	53,44	0,84	P
Grimes y otros	1994	Ecuador	Napo	Contingente	Otras materias primas	70,86	0,84	P
Grimes y otros	1994	Ecuador	Napo	Contingente	Farmacéutico	10,46	0,84	P
Brown y Pearce	1994	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Regulación climática	116,17	0,21	R
Pearce y Moran	1994	Mundo	Bosque Tropical	Contingente	Regulación climática	232,34	0,21	R
Pearce y Moran	1994	Mundo	Bosque Tropical	Contingente	Valor de opción	12,78	0,21	S
Kramer y otros	1995	Madagascar	Mantandia	Contingente	Existencia	53,30	0,37	S
Kramer y otros	1995	Madagascar	Mantandia	Contingente	Turismo	23,87	0,37	C

(continúa)

(continuación Cuadro A 1)

	1995	Madagascar	Mantandia	Función de Producción	Control de inundaciones	6,74	0,37	R
Kramer y otros	1995	Madagascar	Mantandia	Mercado	Flora y fauna	3,89	0,37	P
Kramer y otros	1995	Peru	Mishana	ND	Cosecha productos no maderables	240,27	0,84	P
Ruitenbeek	1995	Bolivia	Beni	Metanálisis	Beneficios de existencia	9,04	0,84	S
Ruitenbeek	1995	Filipinas	St. Paul	Metanálisis	Beneficios de existencia	9,04	0,37	S
Ruitenbeek	1995	Costa Rica	Santa Rosa	Metanálisis	Beneficios de existencia	9,04	3,35	S
Ruitenbeek	1995	Nigeria	Oban	Metanálisis	Beneficios de existencia	9,04	0,37	S
Kumari	1995	Malasia	Selangor	ND	Protección para agua de irrigación	16,95	0,37	S
Carranza y otros	1996	Costa Rica	Bosque Tropical	Contingente	Valoración de Ecosistema	52,69	3,35	S
Oliveira	1996	Guatemala	Perén	Mercado	Alimentos	280,02	3,35	P
Batagoda	1997	Sri Lanka	Sinharaja	Costo-beneficio	Arboles y herbáceas	366,67	0,37	P
Batagoda	1997	Sri Lanka	Sinharaja	Costo-beneficio	Flora	180,90	0,37	P
Batagoda	1997	Sri Lanka	Sinharaja	Costo-beneficio	Flora	13,62	0,37	P
Batagoda	1997	Sri Lanka	Sinharaja	Costo-beneficio	Fauna	1,95	0,37	P
Garrod y Willis	1997	Malasia	ND	Contingente	Ecoturismo	719,73	0,37	C
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Regulación climática	239,21	0,21	R
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Regulación de disturbios	5,36	0,21	R
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Regulación de agua	6,44	0,21	R
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Oferta de agua	8,58	0,21	P
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Control de erosión	262,81	0,21	R
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Formación de suelo	10,73	0,21	R
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Ciclo nutriente	989,01	0,21	S
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Tratamiento de residuos	93,32	0,21	R
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Producción de alimentos	34,33	0,21	P
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Materias primas	337,89	0,21	P
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Recursos Genéticos	43,98	0,21	P
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Recreación	120,14	0,21	C
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Cultural	2,15	0,21	C
Bann	1997	Camboya	Ratanakiri	Contingente	Extracción comercial de madera	214,54	0,37	P
Fearnside	1997	Brasil	Amazonas	Metanálisis	Regulación climática	75,09	0,84	R
Fearnside	1997	Brasil	Amazonas	Metanálisis	Regulación de agua	20,38	0,84	R
Mendelsohn	1997	Mundo	Bosque Tropical	Contingente	Valor de opción	18,24	0,21	S
Fearnside	1997	Brasil	Amazonas	Metanálisis	Valor de opción	21,45	0,84	S
Shahwahid y otros	1997	Malasia	Selangor	ND	Extracción de agua para hidroenergía	4,29	0,37	P
Shultz y otros	1998	Costa Rica	Volcán Poás	Mercado	Ecoturismo	923,98	3,35	C

(continúa)

(continuación Cuadro A1)

Shultz y otros	1998	Costa Rica	Manuel Antonio	Mercado	Ecoturismo	2 241,86	3,35	C
Smith y otros	1998	Peru	Campo Verde, Pucallpa	Contingente	Preservación ambiental	70,77	0,84	S
Smith y otros	1998	Peru	Campo Verde, Pucallpa	Contingente	Agroforestación	43,31	0,84	P
Segura	1999	Costa Rica	Reserva forestal cordillera volcánica central	Contingente	Fijación y secuestro de carbono	71,00	3,35	R
Pearce	1999	Mundo	Bosque Tropical	Contingente	Farmacéutico	10,34	0,21	P
Torras	2000	Brasil	Amazonas	Contingente	Regulación climática	153,03	0,84	R
Torras	2000	Brasil	Amazonas	Contingente	Regulación de agua	19,00	0,84	R
Torras	2000	Brasil	Amazonas	Contingente	Protección de cuencas	4,00	0,84	R
Torras	2000	Brasil	Amazonas	Contingente	Retención de suelo	238,05	0,84	S
Torras	2000	Brasil	Amazonas	Contingente	Provisión de insumos	381,08	0,84	P
Torras	2000	Brasil	Amazonas	Contingente	Recreación	37,01	0,84	C
Torras	2000	Brasil	Amazonas	Contingente	Valores de existencia de los bosques	194,04	0,84	S
Hernández	2001	Guatemala	Subcuencalones, Biosfera de Sierra de las Minas	Costos evitados	Regulación de agua	23,00	3,35	R
Barzev	2002	Honduras	Reserva del Hombre y la Biosfera Río Plátan	Mercado	Producción agrícola y ganadera	5,52	3,35	P
Talavera	2002	Honduras	Toncuntin	Costo-beneficio	Regulación de agua, protección de la biodiversidad, fijación de carbono y belleza escénica	87,50	3,35	R
Barzev	2002	Honduras	Reserva del Hombre y la Biosfera Río Plátan	Mercado	Bienes no maderables	6,78	3,35	P
Talavera	2002	Honduras	Toncuntin	Costo-beneficio	Recreación	27,40	3,35	C
Sención	2002	Guatemala	Petén	ND	Valoración de Ecosistema	28,72	3,35	S
La Gaceta	2002	Costa Rica	Tierras altas de Heredia	Metanálisis	Reforestación	852,00	3,35	R
La Gaceta	2002	Costa Rica	Tierras altas de Heredia	Contingente	Plantaciones establecidas	92,00	3,35	P
Barzev	2002	Honduras	Reserva del Hombre y la Biosfera del Río Plátano	Mercado	Abastecimiento de agua	1,77	3,35	P
Horton y otros	2003	Brasil	Amazonas	Contingente	Protección y servicios	41,18	0,84	S
Fürst y otros	2004	Costa Rica	Volcán Poás	Mercado	Recreación	66,07	3,35	C
Fürst y otros	2004	Costa Rica	Parque Nacional Cahuita	Análisis de clúster	Hábitat	183,23	3,35	S

(continúa)

(continuación Cuadro A I)

Barzev	2004	Honduras	Reserva Natural Cordillera Dipilto – Jalapa	Costo-beneficio	Abastecimiento de agua	4,61	3,35	P
Baltodano	2005	Nicaragua	Subcuencas de los ríos Jucuapa y Calico, Matagalpa	Mercado	Abastecimiento de agua	13,33	3,35	P
Retamal	2006	Nicaragua	Copán Ruinas	Costo-beneficio	Abastecimiento de agua	91,67	3,35	P
Adams y otros	2008	Brasil	Morro do Diabo, Sao Paulo	Contingente	Conservación áreas protegidas	48,31	0,84	S
Guthiga y otros	2008	Kenia	Kakamega	Contingente	Leña	26,40	0,37	P
Guthiga y otros	2008	Kenia	Kakamega	Contingente	Pastos	30,40	0,37	P
Guthiga y otros	2008	Kenia	Kakamega	Contingente	Paja	5,60	0,37	P
Guthiga y otros	2008	Kenia	Kakamega	Contingente	Carbón vegetal	0,80	0,37	P
Guthiga y otros	2008	Kenia	Kakamega	Contingente	Conservación de suelo	34,40	0,37	S
Guthiga y otros	2008	Kenia	Kakamega	Contingente	Regulación de agua	7,20	0,37	R
Guthiga y otros	2008	Kenia	Kakamega	Contingente	Recreación	4,00	0,37	C
Guthiga y otros	2008	Kenia	Kakamega	Contingente	Legado (herencia cultural) (bequest)	24,00	0,37	S
Guthiga y otros	2008	Kenia	Kakamega	Contingente	Secuestro de carbón	847,96	0,37	R

ND = No se especifica la información.

P = Provisión, R = Regulación, S = Soporte, C = Cultural.

Nota: El valor promedio está representado en dólares por hectárea (Base 2000).

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO A2**  
**MUNDO: VALORACIÓN ECONÓMICA DEL BOSQUE MUY HÚMEDO MONTANO BAJO TROPICAL, 1992-2002**

Autor	Año	País	Lugar	Metodología	Servicio ecosistémico	Valor promedio (Dólares a precios de 2000)/Ha./Año)	Ponderación (%)	Servicio
Balick y Mendelsohn	1992	Belice	Cayo	Contingente	Farmacéutico	47,25	32,43	P
Chopra	1993	India	Bosque Tropical	ND	Materias primas	116,80	3,60	P
Chopra	1993	India	Bosque Tropical	ND	Beneficios de existencia	1 064,32	3,60	S
Brown y Pearce	1994	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Regulación climática	116,17	2,03	R
Pearce y Moran	1994	Mundo	Bosque Tropical	Contingente	Regulación climática	232,34	2,03	R
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Regulación climática	239,21	2,03	R
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Control de erosión	262,81	2,03	R
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Ciclo nutriente	989,01	2,03	R
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Tratamiento de residuos	93,32	2,03	R
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Materias primas	337,89	2,03	P
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Recreación	120,14	2,03	C
Segura	1999	Costa Rica	Reserva forestal cordillera volcánica central	Contingente	Fijación y secuestro de carbono	71,00	32,43	R
Pushpakumara y otros	2002	Sri Lanka	Knuckles		Farmacéutico	336,95	3,60	P
Jaramillo y Zaruma	2002	Ecuador	Cuenca Río Paute	Metanálisis	Recursos no maderables	124,45	8,11	P

ND = No se especifica la información.

P = Provisión, R = Regulación, S = Soporte, C = Cultural.

Nota: El valor promedio está representado en dólares por hectárea (Base 2000).

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO A3**  
**MUNDO: VALORACIÓN ECONÓMICA DEL BOSQUE HÚMEDO TROPICAL, 1989-2008**

Autor	Año	País	Lugar	Metodología	Servicio ecosistémico	Valor promedio (Dólares a precios de 2000)/Ha./Año)	Ponderación (%)	Servicio
Padoch y de Jong	1989	Perú	Iquitos	Función de producción	Flora	20,42	1,19	P
Tobias y Mendelsohn	1991	Costa Rica	Monteverde CloudForest	Contingente	Ecoturismo	82,20	4,77	C
Pinedo-Vásquez y otros.	1992	Perú	Iquitos	Función de producción	Flora	19,45	1,19	P
Nations	1992	Guatemala	Petén	ND	Flora	9,72	1,19	P
Anderson e Ioiris	1992	Brasil	Isla Combu	ND	Flora	76,84	1,19	P
Mori	1992	Brasil	Manaos	Mercado	Nueces	94,34	1,19	P
Tajbakhsh	1993	México	Montes azules	ND	Existencia	12,06	1,19	S
Chopra	1993	India	Bosque Tropical	ND	Materias primas	116,80	0,55	P
Brown y Pearce	1994	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Regulación climática	116,17	0,50	R
Pearce y Moran	1994	Mundo	Bosque Tropical	Contingente	Regulación climática	232,34	0,50	R
Pearce y Moran	1994	Mundo	Bosque Tropical	Contingente	Valor de opción	12,78	0,50	S
Echeverría y otros	1995	Costa Rica	Monteverde CloudForest	Contingente	Beneficios de existencia	268,94	4,77	S
Salgado	1996	Honduras	Parque Nacional La Tigra, Tegucigalpa, Honduras	Contingente	Abastecimiento de agua	5,83	4,77	P
Garrod y Willis	1997	Malasia	ND	Contingente	Ecoturismo	719,73	0,55	C
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Regulación climática	239,21	0,50	R
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Regulación de disturbios	5,36	0,50	R
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Regulación de agua	6,44	0,50	R
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Oferta de agua	8,58	0,50	P
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Control de erosión	262,81	0,50	R

(continúa)

(continuación Cuadro A3)

Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Formación de suelo	10,73	0,50	R
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Tratamiento de residuos	93,32	0,50	S
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Producción de alimentos	34,33	0,50	P
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Materias primas	337,89	0,50	P
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Recursos genéticos	43,98	0,50	P
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Recreación	120,14	0,50	C
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Cultural	2,15	0,50	C
Mendelsohn	1997	Mundo	Bosque Tropical	Contingente	Valor de opción	18,24	0,50	S
Bann	1999	Malasia	Johor	Contingente	Ecoturismo	2,92	0,55	C
Bann	1999	Malasia	Johor	Contingente	Protección de pesquerías	511,59	0,55	R
Pearce	1999	Mundo	Bosque Tropical	Contingente	Farmacéutico	10,34	0,50	P
Seidl y Steffens	2000	Brasil	Pantanal da Nhecolandia	Metanálisis	Regulación de gas	78,24	1,19	R
Seidl y Steffens	2000	Brasil	Pantanal da Nhecolandia	Metanálisis	Regulación de clima	52,00	1,19	R
Seidl y Steffens	2000	Brasil	Pantanal da Nhecolandia	Metanálisis	Regulación de agua	440,06	1,19	R
Seidl y Steffens	2000	Brasil	Pantanal da Nhecolandia	Metanálisis	Control de erosión	73,66	1,19	R
Seidl y Steffens	2000	Brasil	Pantanal da Nhecolandia	Metanálisis	Formación de suelo	25,99	1,19	R
Seidl y Steffens	2000	Brasil	Pantanal da Nhecolandia	Metanálisis	Ciclo de nutrientes	214,98	1,19	R
Seidl y Steffens	2000	Brasil	Pantanal da Nhecolandia	Metanálisis	Tratamiento de residuos	586,71	1,19	R
Seidl y Steffens	2000	Brasil	Pantanal da Nhecolandia	Metanálisis	Polinización	14,25	1,19	R
Seidl y Steffens	2000	Brasil	Pantanal da Nhecolandia	Metanálisis	Control biológico	13,12	1,19	S
Seidl y Steffens	2000	Brasil	Pantanal da Nhecolandia	Metanálisis	Hábitat refugio	123,00	1,19	S

(continúa)

(continuación Cuadro A3)

Seidl y Steffens	2000	Brasil	Pantanal da Nhecolândia	Metanálisis	Producción de alimentos	62,03	1,19	P
Seidl y Steffens	2000	Brasil	Pantanal da Nhecolândia	Metanálisis	Materias primas	87,19	1,19	P
Seidl y Steffens	2000	Brasil	Pantanal da Nhecolândia	Metanálisis	Recursos genéticos	9,56	1,19	P
Seidl y Steffens	2000	Brasil	Pantanal da Nhecolândia	Metanálisis	Recreación	182,82	1,19	C
Seidl y Steffens	2000	Brasil	Pantanal da Nhecolândia	Metanálisis	Cultural	493,87	1,19	C
Ammour y otros	2000	Guatemala	Petén	Costo de reemplazo	Productos forestales no maderables	765,44	4,77	P
Ammour y otros	2000	Guatemala	Petén	Costo de reemplazo	Productos forestales no maderables	29,18	4,77	P
Ammour y otros	2000	Guatemala	Petén	Costo de reemplazo	Perdida de nutrientes	20,42	4,77	R
Gram	2001	Perú	Iquitos: Casa Grande y Yanallpa	Mercado	Productos forestales, comunidades indígenas	12,55	1,19	P
Barzev	2002	Honduras	Reserva del Hombre y la Biosfera Río Plátan	Mercado	Producción agrícola y ganadera	5,52	4,77	P
Barzev	2002	Honduras	Reserva del Hombre y la Biosfera Río Plátan	Mercado	Secuestro de carbono	57,41	4,77	R
Barzev	2002	Honduras	Reserva del Hombre y la Biosfera Río Plátan	Contingente	Belleza escénica	8,12	4,77	C
Fürts y otros	2004	Costa Rica	Cahuita	Mercado	Recreación	40,30	4,77	C
Fürst y otros	2004	Costa Rica	Parque Nacional Chirripo	Análisis de clúster	Hábitat (ecoturismo y recursos hídricos)	13,96	4,77	S
Velarde y otros	2005	África	Namibia, Sudáfrica y Zimbabwe	Trasferencia de beneficios	Turismo	296,56	0,55	C
Velarde y otros	2005	África	Namibia, Sudáfrica y Zimbabwe	Trasferencia de beneficios	Uso comunidad	3,33	0,55	P
Bernard y otros	2009	Costa Rica	Parque Nacional Tapantí	Contingente	Hábitat	42,74	4,77	S
Bernard y otros	2009	Costa Rica	Parque Nacional Tapantí	Contingente	Abastecimiento de agua	0,34	4,77	P

ND = No se especifica la información.

P = Provisión, R = Regulación, S = Soporte, C = Cultural.

Nota: El valor promedio está representado en dólares por hectárea (Base 2000).

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO A4**  
**MUNDO: VALORACIÓN ECONÓMICA DEL BOSQUE HÚMEDO MONTANO BAJO TROPICAL, 1988-2010**

Autor	Año	País	Lugar	Metodología	Servicio ecosistémico	Valor promedio (Dólares a precios de 2000/Ha/Año)	Ponderación (%)	Servicio
Hodgson y Dixon	1988	Filipinas	Bacuit	ND	Protección de pesquerías	390,17	0,63	R
Tobias y Mendelsohn	1991	Costa Rica	Monteverde	Costo de viaje	Ecoturismo	155,62	5,66	C
Balick y Mendelsohn	1992	Belice	Cayo	Contingente	Farmacéutico	47,25	5,66	P
Gunatilake y otros	1993	Sri Lanka	Knuckles	ND	Farmacéutico	39,93	0,63	P
Chopra	1993	India	Bosque Tropical	ND	Materias primas	116,80	0,63	P
Chopra	1993	India	Bosque Tropical	ND	Beneficios de existencia	1 064,32	0,63	S
Brown y Pearce	1994	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Regulación climática	116,17	0,35	R
Pearce y Moran	1994	Mundo	Bosque Tropical	Contingente	Regulación climática	232,34	0,35	R
Pearce y Moran	1994	Mundo	Bosque Tropical	Contingente	Valor de opción	12,78	0,35	S
Menkhaus y Lober	1996	Costa Rica	Monteverde	Costo de viaje	Ecoturismo	176,43	5,66	C
Sena Jr.	1997	Costa Rica	Cachi	Contingente	Recreación	580,65	5,66	C
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Regulación climática	239,21	0,35	R
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Regulación de disturbios	5,36	0,35	R
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Regulación de agua	6,44	0,35	R
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Oferta de agua	8,58	0,35	P
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Control de erosión	262,81	0,35	R
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Formación de suelo	10,73	0,35	R
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Ciclo nutriente	989,01	0,35	S
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Tratamiento de residuos	93,32	0,35	S
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Producción de alimentos	34,33	0,35	P
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Materias primas	337,89	0,35	P
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Recursos genéticos	43,98	0,35	P

(continúa)

(continuación Cuadro A4)

	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Recreación	120,14	0,35	C
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Cultural	2,15	0,35	C
Mendelsohn	1997	Mundo	Bosque Tropical	Contingente	Valor de opción	18,24	0,35	S
Pearce	1999	Mundo	Bosque Tropical	Contingente	Farmacéutico	10,34	0,35	P
Tattenbach	1999	Costa Rica	Cuencas del Río Sarapiquí	Costo-Beneficio	Conservación y manejo forestal	40,00	5,66	R
Torras	2000	Brasil	Amazonas	Contingente	Regulación climática	153,03	1,41	R
Torras	2000	Brasil	Amazonas	Contingente	Regulación de agua	19,00	1,41	R
Torras	2000	Brasil	Amazonas	Contingente	Protección de cuencas	4,00	1,41	R
Torras	2000	Brasil	Amazonas	Contingente	Retención de suelo	238,05	1,41	S
Torras	2000	Brasil	Amazonas	Contingente	Provisión de insumos	381,08	1,41	P
Torras	2000	Brasil	Amazonas	Contingente	Recreación	37,01	1,41	C
Torras	2000	Brasil	Amazonas	Contingente	Valores de existencia de los bosques	194,04	1,41	S
Godoy y otros	2002	Honduras	Yapuwas	Mercado	Productos forestales no maderables	48,85	5,66	P
Jaramillo y Zaruma	2002	Ecuador	Cuenca Río Paute	Metanálisis	Suelo	13,12	1,41	S
Jaramillo y Zaruma	2002	Ecuador	Cuenca Río Paute	Metanálisis	Protección al ecosistema	26,81	1,41	R
Jaramillo y Zaruma	2002	Ecuador	Cuenca Río Paute	Metanálisis	Protección a la biodiversidad	23,93	1,41	R
Jaramillo y Zaruma	2002	Ecuador	Cuenca Río Paute	Metanálisis	Protección del agua	9,57	1,41	R
Jaramillo y Zaruma	2002	Ecuador	Cuenca Río Paute	Metanálisis	Fijación de carbono	19,15	1,41	R
Jaramillo y Zaruma	2002	Ecuador	Cuenca Río Paute	Metanálisis	Recursos no maderables	47,87	1,41	P
Pushpakumara y otros	2002	Sri Lanka	Knuckles	ND	Farmacéutico	305,37	0,63	P
Talavera	2002	Honduras	Bosque Comunal Toncontin	Costo-Beneficio	Regulación de agua	27,40	5,66	R
Horton y otros	2003	Brasil	Amazonas	Contingente	Protección y servicios	41,18	1,41	S
Oyarzún y otros	2005	Chile	Valdivia	Contingente	Rendimiento hídrico	68,34	1,41	P
Naranjo-Barrantes	2007	Costa Rica	Braulio Carrillo	Mercado	Recreación	31,25	5,66	C

(continúa)

(continuación Cuadro A4)

Naranjo-Barrantes	2007	Costa Rica	Parque Nacional Braulio Carrillo	Análisis de clúster	Bioprospección	15,25	5,66	P
Allen y otros	2008	Costa Rica	Monteverde	Beneficio directo-encuestas	Turismo	501,09	5,66	C
Bernard y otros	2009	Costa Rica	Tapantí	Contingente	Recreación	10,26	5,66	C
Bernard y otros	2009	Costa Rica	Tapantí	Costos evitados	Oferta de agua, recreación y turismo	34,51	5,66	P
Figueroa	2010	Chile	Archip. Juan Fernández	Contingente	Farmacéutico	7,72	1,41	P

ND = No se especifica la información.

P = Provisión, R = Regulación, S = Soporte, C = Cultural.

Nota: El valor promedio está representado en dólares por hectárea (Base 2000).

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO A5  
MUNDO-VALORACIÓN ECONÓMICA DEL BOSQUE SECO TROPICAL, 1991-2010**

Autor	Año	País	Lugar	Metodología	Servicio ecosistémico	Valor promedio (Dólares a precios de 2000/Ha/Año)	Ponderación (%)	Servicio
Maille y Mendelsohn	1993	Madagascar	Beza	Costo de viaje	Ecoturismo	402,66	1,19	C
Abeygunawardana y Wickremasinghe	1992	Sri Lanka	ND	Encuesta de hogares	Productos forestales no maderables	61,36	1,19	P
Chopra	1993	India	Bosque Tropical	ND	Materias primas	116,80	1,19	P
Brown y Pearce	1994	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Regulación climática	116,17	0,67	R
Pearce y Moran	1994	Mundo	Bosque Tropical	Contingente	Regulación climática	232,34	0,67	R
Pearce y Moran	1994	Mundo	Bosque Tropical	Contingente	Valor de opción	12,78	0,67	S
Hadker y otros	1997	India	Borivli	Contingente	Uso y existencia	325,93	1,19	S
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Regulación climática	239,21	0,67	R
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Regulación de disturbios	5,36	0,67	R
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Regulación de agua	6,44	0,67	R

(continúa)

(continuación Cuadro A5)

	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Oferta de agua	8,58	0,67	P
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Control de erosión	262,81	0,67	R
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Formación de suelo	10,73	0,67	R
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Ciclo nutriente	989,01	0,67	S
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Tratamiento de residuos	93,32	0,67	R
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Producción de alimentos	34,33	0,67	P
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Materias primas	337,89	0,67	P
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Recursos Genéticos	43,98	0,67	P
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Cultural	2,15	0,67	C
Mendelsohn	1997	Mundo	Bosque Tropical	Contingente	Valor de opción	18,24	0,67	S
Pearce	1999	Mundo	Bosque Tropical	Contingente	Farmacéutico	10,34	0,67	P
Bulte y otros	2000	Costa Rica	Zona Atlántica	Contingente	Regulación climática	108,54	10,67	R
Bulte y otros	2000	Costa Rica	Zona Atlántica	Contingente	Provisión de insumos	72,36	10,67	P
Bulte y otros	2000	Costa Rica	Zona Atlántica	Contingente	Bioperspectiva	10,34	10,67	P
Bulte y otros	2000	Costa Rica	Zona Atlántica	Contingente	Recreación	5,17	10,67	C
Bulte y otros	2000	Costa Rica	Zona Atlántica	Contingente	Valores de existencia de los bosques	10,34	10,67	S
Hernández	2001	Guatemala	Subcuenca Jones, Biosfera de Sierra de las Minas	Costos evitados	Regulación de agua	23,00	10,57	R
Pushpakumara y otros.	2002	Sri Lanka	Knuckles	ND	Farmacéutico	305,37	1,19	P
Velarde y otros	2005	África	Namibia, Sudáfrica y Zimbabwe	Trasferencia de beneficios	Secuestro de carbono	877,71	1,19	R
Velarde y otros	2005	África	Namibia, Sudáfrica y Zimbabwe	Trasferencia de beneficios	Turismo	17,31	1,19	C
Velarde y otros	2005	África	Namibia, Sudáfrica y Zimbabwe	Trasferencia de beneficios	Uso comunidad	2,33	1,19	P
Velarde y otros	2005	África	Namibia, Sudáfrica y Zimbabwe	Trasferencia de beneficios	Farmacéutico	1,30	1,19	P

(continúa)

(continuación Cuadro A5)

Mahapatra y Tehuari	2005	India	Dhenkanal	Mercado	Productos forestales no maderables	950,80	1,19	P
Chen	2006	China	Guangzhou	Costos evitados	Capacidad de fotosíntesis	583,53	1,19	R
Jim y Chen	2009	China	Guangzhou	Costos evitados	Regulación de calidad del aire	8,80	1,19	R
Adams y otros	2008	Brasil	Morro do Diabo	Contingente	Uso y existencia	48,31	2,67	S
Adams y otros	2008	Brasil	Morro do Diabo	Contingente	Conservación áreas protegidas	48,30	2,67	R
Piri y otros	2009	Irán	Bosque de Arasbaran	Contingente	Existencia	488,35	1,19	S
Piri y otros	2009	Irán	Bosque de Arasbaran	Contingente	Existencia	437,27	1,19	S
Figuerola	2010	Chile	Matorral Chileno	Contingente	Farmacéutico	0,03	2,67	P

ND = No se especifica la información.

P = Provisión, R = Regulación, S = Soporte, C = Cultural.

Nota: El valor promedio está representado en dólares por hectárea (Base 2000).

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO A6**  
**MUNDO: VALORACIÓN ECONÓMICA DEL BOSQUE MUY SECO TROPICAL, 1993-2007**

Autor	Año	País	Lugar	Metodología	Servicio ecosistémico	Valor promedio (Dólares a precios de 2000/Ha/Año)	Ponderación (%)	Servicio
Chopra	1993	India	Bosque Tropical	ND	Materias primas	116,80	4,61	P
Brown y Pearce	1994	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Regulación climática	116,17	2,59	R
Pearce y Moran	1994	Mundo	Bosque Tropical	Contingente	Regulación climática	232,34	2,59	R
Pearce y Moran	1994	Mundo	Bosque Tropical	Contingente	Valor de opción	12,78	2,59	S
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Regulación climática	239,21	2,59	R
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Regulación de disturbios	5,36	2,59	R
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Regulación de agua	6,44	2,59	R
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Oferta de agua	8,58	2,59	P
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Formación de suelo	10,73	2,59	S
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Tratamiento de residuos	93,32	2,59	R
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Producción de alimentos	34,33	2,59	P
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Recursos genéticos	43,98	2,59	P
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Recreación	120,14	2,59	C
Costanza y otros	1997	Mundo	Bosque Tropical	Metanálisis	Cultural	2,15	2,59	C
Mendelsohn	1997	Mundo	Bosque Tropical	Contingente	Valor de opción	18,24	2,59	S
Pearce	1999	Mundo	Bosque Tropical	Contingente	Farmacéutico	10,34	2,59	P
Velarde y otros	2005	África	Namibia, Sudáfrica y Zimbabue	Trasferencia de beneficios	Turismo	1,44	4,61	C
Motto	2007	Ecuador	Microcuena Jorupe	Mercado	Vareado	182,71	10,37	S
Motto	2007	Ecuador	Microcuena Jorupe	Mercado	Plantas ornamentales	199,32	10,37	P
Motto	2007	Ecuador	Microcuena Jorupe	Mercado	Miel, polen y cera	50,66	10,37	P
Motto	2007	Ecuador	Microcuena Jorupe	Mercado	Usos varios	176,90	10,37	P
Motto	2007	Ecuador	Microcuena Jorupe	Costo de oportunidad	Regulación de agua	25,13	10,37	R

ND = No se especifica la información.

P = Provisión, R = Regulación, S = Soporite, C = Cultural.

Nota: El valor promedio está representado en dólares por hectárea (Base 2000).

Fuente: Elaboración propia.