

# DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES

FOTO: FEDERICO SÁNCHEZ



## IBERO REDD+

RED CYTED PARA EL MONITOREO DEL ESTADO DE LA CONSERVACIÓN  
Y RECUPERACIÓN DE BOSQUES HÚMEDOS Y SECOS EN LATINOAMÉRICA  
EN EL CONTEXTO DE LA DEFORESTACIÓN EVITADA

DEGRADACIÓN  
DE BOSQUES EN  
LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES

DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA:  
SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES

Documento elaborado por:

IBERO REDD+

**RED CYTED PARA EL MONITOREO DEL ESTADO DE LA CONSERVACIÓN Y RECUPERACIÓN DE BOSQUES  
HÚMEDOS Y SECOS EN LATINOAMÉRICA EN EL CONTEXTO DE LA DEFORESTACIÓN EVITADA**

Año 2016

Agradecimientos

Este documento sobre "*degradación de bosques en Latinoamérica: síntesis conceptual, metodologías de evaluación y casos de estudio nacionales*" es un producto del trabajo y conocimiento de diferentes personas integrantes de la red IBERO REDD+: red CYTED para el monitoreo del estado de la conservación y recuperación de bosques húmedos y secos en Latinoamérica en el contexto de la deforestación evitada. Agradecemos especialmente a la coordinación realizada por el CREA.

IBERO REDD+

RED CYTED PARA EL MONITOREO DEL ESTADO DE LA CONSERVACIÓN  
Y RECUPERACIÓN DE BOSQUES HÚMEDOS Y SECOS EN LATINOAMÉRICA  
EN EL CONTEXTO DE LA DEFORESTACIÓN EVITADA

# DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES

## Editores

Dolors Armenteras, Tania Marisol González, Javier Retana, Josep Maria Espelta

## Equipo de autores

**Colombia:** Dolors Armenteras Pascual y Tania Marisol González, ECOLMOD, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. Juan Pablo Ramírez-Delgado, Proyecto “Fortalecimiento de capacidades nacionales para REDD+ en Colombia” – Programa ONU-REDD. Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMBYC) – Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Bogotá D.C., Colombia.

**Costa Rica:** Freddy Argotty, Laboratorio de Modelado Ambiental, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE, Costa Rica. María Helena Herrera y Javier Fernández, Fondo Nacional de Financiamiento Forestal - FONAFIFO - Costa Rica.

**España:** Josep Maria Espelta, Javier Retana, Centre de Recerca Ecologica i Aplicacions Forestals-CREAF, Barcelona. Robert Save, Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentaries (IRTA).

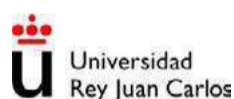
**México:** Consuelo Bonfil, Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México – UNAM.

**Nicaragua:** Verónica Ruiz Gómez, Alejandrina Herrera, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-Managua). Facultad Regional Multidisciplinaria de Estelí (FAREM –Estelí).

**Paraguay:** Larissa Rejalaga Noguera, Carrera de Ingeniería Forestal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción – UNA.



## Socios de la RED:



**Cítese el documento como:** Armenteras, D., González, TM., Retana, J., Espelta, JM. (eds). (2016) Degradación de bosques en Latinoamérica: Síntesis conceptual, metodologías de evaluación y casos de estudio nacionales. Publicado por IBERO-REDD+

**Cítese los capítulos individuales como:** Autores (2016). Capítulo Número X. Título. En Armenteras *et al.* (eds) (2016).

Publicado por IBERO-REDD+ en 2016

Copyright 2016, Red IBERO-REDD+

ISBN: 978-84-15413-36-3

Esta publicación puede ser reproducida en su totalidad o en parte y en cualquier forma para fines educativos o sin fines de lucro, sin ningún permiso especial del titular de los derechos de autor, siempre que se cite la fuente. No se permite el uso de esta publicación para venta o cualquier otro fin comercial sin el permiso previo y por escrito de la Red IBERO-REDD+.

**IBERO REDD+**

RED CYTED PARA EL MONITOREO DEL ESTADO DE LA CONSERVACIÓN  
Y RECUPERACIÓN DE BOSQUES HÚMEDOS Y SECOS EN LATINOAMÉRICA  
EN EL CONTEXTO DE LA DEFORESTACIÓN EVITADA

# DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES

## CONTENIDO

<b>Índice de figuras</b>	<b>5</b>	<b>Colombia</b>	<b>32</b>
<b>Índice de tablas</b>	<b>6</b>	<b>Costa Rica</b>	<b>34</b>
<b>Listado de siglas y acrónimos</b>	<b>7</b>	Cuantificación de la degradación forestal en Costa Rica . . . .	34
<b>Introducción</b>	<b>8</b>	Factores directos e indirectos que inciden en los procesos de degradación forestal . . . . .	34
<b>Degradación de bosques: contexto y definiciones</b>	<b>9</b>	<b>México</b>	<b>36</b>
Contexto . . . . .	9	<b>Nicaragua</b>	<b>38</b>
Definición de bosque . . . . .	10	Cuantificación de la degradación forestal en Nicaragua . . . .	39
Definición de degradación . . . . .	11	Factores directos e indirectos que inciden en los procesos de degradación forestal . . . . .	40
<b>Causas de degradación de los bosques</b>	<b>13</b>	Biomasa y captura de carbono en los diferentes tipos de bosques de Nicaragua . . . . .	40
La tala selectiva y extracción de leña . . . . .	14	El concepto de degradación y los servicios ecosistémicos del bosque . . . . .	42
Los incendios forestales . . . . .	14	<b>Paraguay</b>	<b>43</b>
La fragmentación de los bosques . . . . .	15	Definición de degradación de bosque en el marco de REDD+ en Paraguay . . . . .	43
<b>¿Cómo se mide la degradación?</b>	<b>17</b>	Metodología utilizada para el cálculo del estado de degradación de los bosques en Paraguay . . . . .	43
Avances en la medición de la degradación con sensores remotos . . . . .	17	Descripción de la metodología por sensores remotos . . . . .	44
Avances en la medición de la degradación con datos de campo . . . . .	19	Descripción de la metodología verdad de terreno (GT) . . . . .	44
Otras aproximaciones para la medición de la degradación dentro del contexto REDD+ . . . . .	20	Cambio de uso de la tierra en la ecorregión BAAPA . . . . .	46
<b>Clasificación de grados o estados de degradación</b>	<b>21</b>	<b>Bolivia</b>	<b>48</b>
Aproximación al estudio del estado de degradación de los bosques en Latino América . . . . .	24	<b>Conclusiones</b>	<b>49</b>
<b>Impactos y acciones para mitigar la degradación de los bosques tropicales</b>	<b>28</b>	<b>Bibliografía</b>	<b>52</b>
Acciones para mitigar la degradación de los bosques . . . . .	29		

# DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Características de los bosques y la degradación de bosques. Traducido y adaptado de Schoene <i>et al.</i> 2007 y Lund, 2009 .....	21
<b>Tabla 2.</b> Rangos de C total (Mg/ha) para la definición de estados de degradación por bioma general. ....	24
<b>Tabla 3.</b> Extensión de bosques (km <sup>2</sup> ) en los diferentes estados de degradación por bioma .....	27
<b>Tabla 4.</b> Factores directos e indirectos que inciden en los procesos de degradación forestal en Costa Rica .....	34
<b>Tabla 5.</b> Definiciones de degradación forestal.....	39
<b>Tabla 6.</b> Principales factores que inciden actualmente en los procesos de degradación de bosques.....	40
<b>Tabla 7.</b> Superficie con presencia de árboles, en bosque y fuera del bosque. (INAFOR, 2008).....	40
<b>Tabla 8.</b> Superficie por tipos de bosque: natural y plantaciones .....	41
<b>Tabla 9.</b> Principales causas de la degradación de bosques en Paraguay .....	45
<b>Tabla 10.</b> Cambio de Uso de la Tierra 200-2005 y 23005-2011 en la Ecorregión del BAAPA .....	46

## DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES

# ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ejemplo de árbol de decisiones para establecer si un bosque es degradado. Ej. Usando parámetros FAO para definición de bosque. Importante definir P (% pérdida de copa) y X (años de duración para la disminución) .....	22
<b>Figura 3.</b> Biomasa de América Latina (Figura tomada de Olson <i>et al.</i> 2001) .....	25
<b>Figura 2.</b> Variación natural en biomasa y umbrales para establecer grados de degradación como un proceso de pérdida de biomasa o stock de carbono en el tiempo. P0 es la perturbación. T es el tiempo (antes de T0 se ve reflejada la fluctuación natural (bosque no degradado), después de P0, según la intensidad de la perturbación se define el grado de degradación (baja, media, alta o crítica), Cuando la cobertura se reduce más allá de un % de cobertura X que depende de la definición de bosque utilizada, se habla de superficie deforestada. Acciones de restauración son posibles en todos los casos para recuperar con el tiempo la biomasa. Figura adaptada de (Sasaki <i>et al.</i> 2011b; Thompson <i>et al.</i> 2013) .....	23
<b>Figura 4.</b> Estados de degradación de los bosques por bioma general .....	26
<b>Figura 5</b> Estados de degradación de los bosques por país Latinoamericano. ....	27
<b>Figura 6.</b> Tendencia histórica de cobertura boscosa de Nicaragua 1950-2000 medida por diferentes instancias gubernamentales y organismos. ....	39
<b>Figura 7.</b> Clasificación Basada en objeto .....	43
<b>Figura 8.</b> Estimación del porcentaje de Cobertura de Copa .....	45
<b>Figura 9.</b> Mapa de contenido de C en los Bosques Nativos del BAAPA según su estado de conservación / Degradación.....	47

## DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES

# LISTADO DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS

**AD** Datos de actividad

**BAS** Biomasa arriba del suelo

**BMM** Biomasa de materia muerta

**CMNUCC** Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático

**CONAFOR** Comisión Nacional Forestal

**CYTED** Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología Para el Desarrollo

**DAP** Diámetro a la Altura del Pecho

**ENDE** Estrategia Nacional de Deforestación y Degradación Forestal Evitada

**EVI** Índice de vegetación mejorado

**FAO** Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

**FE** Factores de Emisión

**FFPRI** Instituto de Investigación Forestal y Productos Forestales del Japón

**FREL** Forest Emissions Reference Level

**GEI** Gases de efecto invernadero

**IBERO REDD+** Red CYTED Para el Monitoreo del Estado de la Conservación y Recuperación de Bosques Húmedos y Secos en Latinoamérica en el Contexto de la Deforestación Evitada

**IDEAM** Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

**INF** Inventario Nacional Forestal

**IPCC** Panel Internacional de Cambio Climático

**IUFRO** International Union of Forest Research Organizations

**LIDAR** Radar, Light Detection and Ranging

**MADS** Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Colombia

**MRV** Medición, Reporte y Verificación.

**MODIS** Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer

**PNF** Programa Nacional Forestal

**PNUD** Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

**PNUMA** Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

**PNFM** Productos forestales no maderables

**REDD+** Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation

**SAR** Synthetic Aperture Radar

**SINAC** Sistema Nacional de Áreas de Conservación

**SMBYC** Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMBYC)

**SEMARNAT** Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México

**UNFCCC** Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

**IBERO REDD+**

RED CYTED PARA EL MONITOREO DEL ESTADO DE LA CONSERVACIÓN  
Y RECUPERACIÓN DE BOSQUES HÚMEDOS Y SECOS EN LATINOAMÉRICA  
EN EL CONTEXTO DE LA DEFORESTACIÓN EVITADA

## DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES



FOTO: DOLORS ARMENTERAS

**IBERO REDD+**

RED CYTED PARA EL MONITOREO DEL ESTADO DE LA CONSERVACIÓN  
Y RECUPERACIÓN DE BOSQUES HÚMEDOS Y SECOS EN LATINOAMÉRICA  
EN EL CONTEXTO DE LA DEFORESTACIÓN EVITADA

## DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES

# INTRODUCCIÓN

**Dolors Armenteras, Tania M. González, Javier Retana, Josep Maria Espelta**

El objetivo de la “Red CYTED para el monitoreo del estado de la conservación y recuperación de bosques húmedos y secos en Latinoamérica en el contexto de la deforestación evitada” ha sido la cooperación entre especialistas iberoamericanos de 9 países – Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, España, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay -, para el intercambio de experiencias y la transferencia de conocimientos sobre la conservación y recuperación de bosques en el marco del mecanismo REDD+ (Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation) y otros programas afines. Con el fin de alcanzar este objetivo, la Red ha realizado diferentes actividades para conocer las dinámicas y metodologías adelantadas en los países miembros y, de esta manera aunar esfuerzos para hacer frente a los actuales retos en el manejo de los ecosistemas naturales.



FOTO: DOLORS ARMENTERAS

En los primeros capítulos de este documento se realiza un análisis integral del concepto, definición, métodos de medida, causas y estrategias de mitigación de la **degradación forestal de los bosques húmedos y secos en Latinoamérica en el contexto de la deforestación evitada**. El documento está organizado en varios capítulos incluyendo esta presentación, las definiciones de bosques y degradación usadas, las causas directas y subyacentes, su clasificación, como se mide la degradación, las implicaciones y efectos y, algunas acciones para mitigar la degradación de los bosques.

En lo que respecta a análisis de casos de estudios nacionales, en términos generales son pocos los países Latinoamericanos que han definido la degradación de los bosques dentro de sus contextos específicos, y, por ende, es complicado saber de qué manera miden y evalúan la degradación. Algunos países utilizan definiciones de degradación internacionales como la de la FAO, otros países han elaborado sus propias definiciones, utilizadas estas en muchos marcos normativos. También muchos países miden y establecen valores de degradación sin contar con una definición de ésta como tal (Simula, 2009). El documento “Hacia una Definición de Degradación de los Bosques: Análisis Comparativo de las Definiciones Existentes” (Simula, 2009), menciona algunos indicadores generales utilizados en las definiciones de degradación de bosques: ej. productividad, densidad de la biomasa, cobertura de copas, composición de especies, y estructura. Realmente, en la actualidad la mayoría de países no han podido proveer estimaciones cuantitativas sobre el grado de degradación y algunas de las definiciones son aproximaciones académicas y no oficiales en el contexto de REDD+. Los capítulos finales de este documento presentan el estado del arte sobre la degradación de bosques en los países miembros de la Red Ibero REDD+ y en otros países de América Latina, de los que se ha podido disponer de información.

**IBERO REDD+**

RED CYTED PARA EL MONITOREO DEL ESTADO DE LA CONSERVACIÓN  
Y RECUPERACIÓN DE BOSQUES HÚMEDOS Y SECOS EN LATINOAMÉRICA  
EN EL CONTEXTO DE LA DEFORESTACIÓN EVITADA

## DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES

# DEGRADACIÓN DE BOSQUES: CONTEXTO Y DEFINICIONES

Dolors Armenteras y Tania M. González

## Contexto

La deforestación y la degradación de los bosques son unas de las principales causas de pérdida de biodiversidad, de incremento de emisiones de carbono y de otros gases de efecto invernadero (GEI) (Simula, 2009; Sasaki *et al.* 2011; Budiharta *et al.* 2014). Sin embargo, en los últimos años mientras las tasas de deforestación se han visto reducidas en muchos países, la degradación de los bosques ha aumentado (Budiharta *et al.* 2014).

La deforestación y la degradación de bosques representan estados, procesos y conceptos diferentes. La deforestación, definida como una disminución de la cubierta de bosque es resultado, en Latinoamérica, de la expansión de la frontera agrícola, la tala ilegal, los incendios forestales y agropecuarios, los proyectos de infraestructuras y la extracción de minerales (Armenteras *et al.* 2015). Por su parte, y a diferencia de la deforestación, en la que hay un proceso de conversión de cobertura boscosa a no boscosa, la **degradación (proceso) ocurre mientras se mantiene la cobertura** (Sasaki y Putz 2009; Simula 2009) y resulta en una pérdida de algunas funciones de los bosques (estado) que puede llegar a ser irreversible (Lund, 2009). **En la degradación se considera que los bosques pierden o reducen su capacidad para proveer servicios ecosistémicos o sufren cambios mayores en su composición de especies, provocando afectaciones a nivel social, cultural y ecológico (Sasaki y Putz 2009)**. Pese de tratarse de conceptos diferentes, existe una fuerte relación entre la deforestación y la degradación de los bosques (Tarrasón *et al.* 2010; Souza *et al.* 2013). En muchos casos la degradación es un precursor de deforestación, aunque en otras ocasiones los bosques pueden permanecer degradados durante mucho tiempo sin llegar al estado de deforestación (Simula 2009; Tarrasón *et al.* 2010)

Por lo general, la degradación en bosques tropicales ocurre principalmente a través de la tala selectiva, los incendios forestales (Souza *et al.* 2013; Budiharta *et al.* 2014) y los efectos de borde en relación con la fragmentación

del bosque (Tarrasón *et al.* 2010), siendo la degradación un estado como consecuencia del proceso originado por estas causas. Las actividades antrópicas producen cambios duraderos en la estructura de los bosques y sus funciones. En algunos estudios se considera que la degradación de bosques produce tantas emisiones como la deforestación, pero todavía hay una gran limitación de datos (Sasaki y Putz 2009), por lo que es importante avanzar en compilar la información existente que aporte conocimiento sobre este proceso.



■ AMAZONAS-COLOMBIA  
FOTO: TANIA GONZÁLEZ

## Definición de bosque

Para hablar de degradación de bosques, es importante empezar por revisar la definición de bosque que se utiliza, ya que ésta condiciona enormemente su aplicación posterior. Por lo general, las definiciones de bosque involucran parámetros de umbrales que incluyen una superficie mínima, altura mínima

IBERO REDD+

RED CYTED PARA EL MONITOREO DEL ESTADO DE LA CONSERVACIÓN  
Y RECUPERACIÓN DE BOSQUES HÚMEDOS Y SECOS EN LATINOAMÉRICA  
EN EL CONTEXTO DE LA DEFORESTACIÓN EVITADA

## DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES

de árboles y nivel mínimo de cubierta de copas. Las definiciones más comúnmente utilizadas de bosque son las de la Organización de las Naciones Unidas para Agricultura y Alimentos (FAO) y los Acuerdos Marrakesh del Protocolo de Kioto (Angelsen *et al.* 2009). La FAO define **bosque como un área con árboles de más de 5 metros de altura y con una cobertura del dosel superior al 10%, en áreas de más de 0,5 hectáreas**. Esta definición no incluye las áreas que son de uso agrícola o urbano, pero sí incluye las plantaciones utilizadas para fines forestales o de protección, espacios protegidos y de interés científico, histórico o cultural (FAO, 2001).

Por otra parte, la convención marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático o (CMNUCC o UNFCCC United Nations Framework Convention on Climate Change), define **bosque como una superficie mínima de tierra de 0,05-1,0 hectáreas con cubierta de árboles con copas de más del 10% al 30%, con una altura mínima de 2-5 metros**. En esta definición, a diferencia de la definición de la FAO, no se excluyen formaciones vegetales abiertas o jóvenes que, aunque no hayan alcanzado los parámetros establecidos se espera que lo hagan en un futuro. Esta definición presenta un poco más de flexibilidad a los países que están diseñando un plan de monitoreo de bosques y deforestación con un fuerte componente de sensores remotos. El uso de datos de sensores remotos permite la aplicación de distintos umbrales para los parámetros de superficie y cubierta de copas mínimas según las circunstancias de cada región. Adicionalmente esta definición permite definir las zonas cubiertas de árboles que se van a incluir o excluir dentro de REDD (Angelsen *et al.* 2009), por ejemplo Sasaki *et al.* (2011) definen bosque como un área con una extensión superior a 0,05 hectáreas con árboles con copas >20% y con altura superior a los 3 metros como punto de partida en su propuesta para el estudio de degradación global de bosques.

El empleo de una definición de bosques consensuada para el mecanismo REDD ha sido propuesto como una necesidad, puesto que si no sucede se reflejará en diferentes reportes. Esto hace el sistema de monitoreo más complicado y no se podrán integrar distintos tipos de datos e informaciones fácilmente (Angelsen *et al.* 2009). Simula (2009) propone unos criterios generales con los que debe contar una definición de bosque:

- ser una definición clara, concisa, y contextualizada,
- útil y eficaz para el uso previsto,

- multipropósito,
- coherente con el tiempo y armonizada en el espacio,
- no debe interferir con otras definiciones relacionadas con los bosques,
- fácilmente aplicable para facilitar la recopilación de datos, la presentación de informes y la verificación.



■ NARIÑO-COLOMBIA  
FOTO: FRANCISCO LUQUE

### Definición de degradación

Hoy en día es posible decir que no existe una definición consensuada de la degradación de los bosques. Muchos investigadores y tomadores de decisiones apoyan una definición unificada de degradación, debido a que contribuiría a dar lineamientos prácticos para proteger la biodiversidad, fomentar el uso sostenible de los bosques, implementar los proyectos REDD y promover el desarrollo sostenible (Sasaki y Putz 2009). Esta posible definición consensuada debería considerar toda la gama de condiciones biofísicas y sociales en las que los bosques se desarrollan, la variedad de formas en que pueden ser degradados, y considerar los servicios ecosistémicos que prestan dichos bosques (Sasaki y Putz 2009). Esta complejidad de requerimientos hace que sea técnica y científicamente difícil de definir, pero hay algunas aproximaciones en este sentido presentadas en una revisión exhaustiva de las definiciones con énfasis en varios aspectos (biodiversidad, biomasa, general, suelos) y su origen antrópico o natural (Lund 2009).

La **degradación forestal se ha definido como un proceso de reducción de la calidad de los bosques** (Lund, 2009). También es considerada como **un proceso de cambio que afecta negativamente a las características**

## DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES

**del bosque (Simula, 2009)** y se sugiere como uno de los procesos que reduce la capacidad de un bosque para suministrar servicios ecosistémicos clave, como es el caso del almacenamiento de carbono (FAO, 2010; Thompson *et al.* 2013; Bustamante *et al.* 2015). Así, desde la perspectiva de la CMNUCC para REDD +, la degradación forestal se refiere a una pérdida de las reservas de carbono dentro de áreas boscosas que siguen siendo boscosas. Se trata de un impacto negativo causado por el hombre y que puede llegar a afectar los procesos ecológicos de los ecosistemas (Herold *et al.* 2011). En una línea similar, Sasaki *et al.* (2011) consideran a la degradación forestal como la pérdida de árboles y sus reservas de carbono hasta el punto de no poder ser calificada la zona como de área boscosa, mientras que Lanly (2003) define degradación como un proceso que se caracteriza por la disminución de la calidad de la superficie forestal en uno o más elementos (ej. estrato vegetal, fauna y el suelo) y, las interacciones entre estos componentes y su funcionamiento.

Por otro lado, alguno de los criterios generales propuestos con los que debería contar una definición común de degradación son, según Simula (2009), los siguientes:

- ser detallada en términos de considerar todos los bienes y servicios forestales;
- considerar los diferentes tipos de cambios naturales o inducidos por el hombre en los bosques;
- contener términos claros apoyados por variables e indicadores aplicables, mensurables y detectables;
- considerar diversas escalas temporales y espaciales;
- disponer de herramientas para su medición y evaluación, y
- contar con puntos de referencia, valores de umbral relevantes y diferentes niveles de resiliencia a través de indicadores.

En general, las definiciones de degradación de bosques mencionan cambios en la estructura del bosque, la dinámica y las funciones ecosistémicas, asociadas en gran medida a causas de origen humano (Thompson *et al.* 2013). Quizás el aspecto común que se puede encontrar en las definiciones de degradación forestal radica en que, por lo general, hay una reducción de la biomasa. Esto puede reflejar más directa o indirectamente una disminución de la cubierta y del carbono, reducción de la diversidad biológica y reducción de la calidad del suelo (Lund, 2009). No obstante, es importante resaltar que actualmente todavía la definición e interpretación de bosque degradado varía en función de factores como los intereses de conservación o socioculturales, el interés en la captura de carbono o los procesos de gestión de la tierra, entre otros (Lund, 2009). Así, Lund (2009) sugiere que la definición más objetiva de degradación con respecto a la pérdida de stocks de carbono sería la de pérdida inducida por el hombre de por lo menos el Y% de los stocks de carbono forestal a largo plazo (persistente durante X años o más) desde un momento de tiempo (T) y que no califique como deforestación (es decir, que no sobrepase el umbral definido como definición de bosque) o ninguna actividad elegida bajo el artículo 3.4 del Protocolo de Kyoto (Schoene *et al.* 2007 y Mollicone y Souza, 2007).

Otros estudios abogan por poner un mayor énfasis en el concepto de degradación forestal como pérdida de servicios ecosistémicos proveídos (Tarrason *et al.* 2010) al considerarse esta acepción como más fácilmente comprensible y cuantificable especialmente por aquellos más afectados por este fenómeno (ej. comunidades locales) y por tanto más interesados e involucrados en su evitación (Ravera *et al.* 2015). No obstante no es claro hasta qué punto índices de degradación biológicos o ecológicos coinciden con índices con un mayor énfasis social aunque existen algunos estudios en esta dirección (Tarrasón *et al.* 2010).

## DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES

# CAUSAS DE DEGRADACIÓN DE LOS BOSQUES

**Tania M. González y Dolors Armenteras**

Este capítulo analiza las causas de degradación de los bosques. Según algunas de las definiciones descritas en el capítulo anterior en las que hay una disminución de biomasa por ejemplo, la degradación de bosques podría darse también por perturbaciones naturales como por ejemplo huracanes o vientos o la caída de un árbol. No obstante, para efectos de este documento y para diferenciar cuando las perturbaciones son naturales, sólo se considerará degradación cuando hay factores antrópicos que indirecta o directamente inciden en este proceso. Los factores indirectos suelen ser de tipo económico, institucional, políticas nacionales que promueven la expansión de la agricultura, la ganadería, la minería y las infraestructuras. Por otro lado, el cambio climático, la fragmentación o la propagación de especies invasoras son las causas indirectas más reportadas (Lund, 2009; Simula, 2009; Bustamante *et al.* 2015).

Procesos como los incendios de origen antrópico, la tala selectiva o la sobreexplotación de un recurso son las causas directas más comúnmente reportadas como origen de degradación de bosques (Lund, 2009; Simula, 2009; Bustamante *et al.* 2015). El grado de afectación de los bosques debido a estas perturbaciones antrópicas depende de su frecuencia, intensidad, extensión, calidad y origen (Simula, 2009). Finalmente, las características biofísicas del sitio donde ocurren las perturbaciones y también la gobernanza o gestión de los bosques en la zona (Bustamante *et al.* 2015), influyen también en el proceso de degradación y en la diferenciación de diversos grados de degradación (Lund, 2009).

A continuación, se desarrollan algunos de los principales impulsores directos sobre la degradación de los bosques:



■ SAN ANTONIO, LA GUAJIRA-COLOMBIA  
FOTO: FRANCISCO LUQUE



■ ARAUCA-COLOMBIA.  
FOTO: TANIA GONZÁLEZ



■ CUNDINAMARCA-COLOMBIA.  
FOTO: TANIA GONZÁLEZ

**IBERO REDD+**

RED CYTED PARA EL MONITOREO DEL ESTADO DE LA CONSERVACIÓN  
Y RECUPERACIÓN DE BOSQUES HÚMEDOS Y SECOS EN LATINOAMÉRICA  
EN EL CONTEXTO DE LA DEFORESTACIÓN EVITADA

## DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES



■ AMAZONIA  
FOTO: FRANCISCO LUQUE



FOTO: DOLORS ARMENTERAS

### La tala selectiva y extracción de leña

Posiblemente, la tala selectiva y la extracción de leña son una de las principales causas de degradación de los bosques. Las emisiones de CO<sub>2</sub> causadas por tala selectiva podrían llegar a significar entre el 60% y el 123% de las emisiones reportadas por deforestación en la Amazonia (Asner *et al.* 2005). Sin duda, las actividades de extracción de leña o la tala para extracción de madera tienen un efecto sobre la biomasa presente en un bosque principalmente por la remoción selectiva de la madera de valor. La degradación del bosque se produce cuando las pérdidas de biomasa superan las ganancias por regeneración a lo largo del tiempo (Pearson *et al.* 2014). En muchos casos hay impactos adicionales a la extracción selectiva que se dan por pérdidas de biomasa de los árboles circundantes, que generalmente resultan dañados con la caída de los árboles de valor, o también impactos asociados a la creación de la infraestructura necesaria para la extracción y arrastre de la madera (Pearson *et al.* 2014). El daño residual adicional puede llegar a representar del 20 al 30 % de las pérdidas de biomasa de la tala selectiva como resultado de un aumento, entre otros, en las tasas de mortalidad de los individuos remanentes (Martin *et al.* 2015). El volumen de madera extraída es un indicador que puede asociarse a la pérdida de biomasa en un bosque y su consecuente degradación (Martin *et al.* 2015). En algunos casos se ha asociado el porcentaje de reducción de biomasa con la intensidad de la extracción maderera (Burivalova *et al.* 2014; Martin *et al.* 2015), por ejemplo bosques donde se ha realizado una única extracción comercial de intensidad de 50m<sup>3</sup>/ha, el 76% de carbono logra permanecer (Putz *et*

*al.* 2012). Las prácticas de manejo forestal de impacto reducido afectan en menor medida la biomasa remanente y minimizan los impactos sobre la biodiversidad en los bosques tropicales (Burivalova *et al.* 2014; Martin *et al.* 2015).

### Los incendios forestales

Los incendios forestales son una de las principales perturbaciones que influyen en la degradación de los bosques (Souza *et al.* 2013; Budiharta *et al.* 2014; Bustamante *et al.* 2015). Aunque son un mecanismo natural en muchos ecosistemas, las acciones humanas han alterado los regímenes, en particular en las últimas décadas en los trópicos. El alcance y la frecuencia de los incendios ha aumentado gracias a impulsores como la expansión de la agricultura y ganadería, la fragmentación y la tala (Thompson *et al.* 2013). Los fuegos tienen múltiples efectos sobre la estructura de los bosques y el almacenamiento de carbono, pero también influyen en factores físicos como el microclima y tienen importantes efectos sobre la biodiversidad (afectación de redes tróficas) (Bustamante *et al.* 2015). Además, los incendios pueden fomentar o fortalecer a las especies de plantas invasoras, conduciendo a una mayor degradación y por consiguiente disminuyendo los servicios ecosistémicos. Como consecuencia de un incendio se producen cambios en estructura y composición de los bosques por lo general acompañados de un aumento en la cantidad y disponibilidad de material combustible. Esto combinado con posibles cambios microclimáticos aumentan por lo

## DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES



FOTO: DOLORS ARMENTERAS

general el riesgo de posteriores eventos de incendios (Müller *et al.* 2014; Bustamante *et al.* 2015). Los incendios reducen la fertilidad del suelo y puede verse afectada incluso la resistencia de los ecosistemas, haciendo que disminuyan las probabilidades de recuperación o reutilización (Müller *et al.* 2014).

### La fragmentación de los bosques

La fragmentación de los bosques es una de las principales amenazas a los ecosistemas forestales tropicales. La fragmentación es debida a cambios en el uso del suelo, que conducen a una reducción de la superficie forestal y a la división de

los bosques en parches que con el tiempo pueden reducir su tamaño, lo que acarrea un aislamiento del hábitat (Thompson *et al.* 2013). El efecto de la fragmentación del hábitat sobre la diversidad de las especies varía en función de los diferentes hábitats y taxones (Simula, 2009). No obstante, la reducción de hábitat combinado con el aislamiento de los fragmentos remanentes y la aparición de más bordes entre tipos de hábitat, resulta en muchas ocasiones en cambios en la estructura y composición de la vegetación de borde y eventualmente resulta en el aislamiento de poblaciones de especies silvestres. Cambios en factores poblacionales pueden afectar la capacidad de adaptación de ciertas especies y ecosistemas a los cambios de clima, aumentar la probabilidad de eventos de fuego, alterar los factores ambientales, afectar la dispersión y el movimiento de muchos organismos, etc.



■ CUNDINAMARCA-COLOMBIA.  
FOTO:TANIA GONZÁLEZ

## IBERO REDD+

RED CYTED PARA EL MONITOREO DEL ESTADO DE LA CONSERVACIÓN  
Y RECUPERACIÓN DE BOSQUES HÚMEDOS Y SECOS EN LATINOAMÉRICA  
EN EL CONTEXTO DE LA DEFORESTACIÓN EVITADA

## DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES

Adicional a las consecuencias ecológicas a nivel de especies, la fragmentación es considerada un proceso causante de degradación debido a que se pueden ver alterados no sólo la composición sino también el funcionamiento de los ecosistemas y la pérdida de procesos ecológicos importantes. Por ejemplo, los procesos de fragmentación no sólo reducen el almacenamiento de carbono a escala de paisaje, sino que también incrementan la susceptibilidad de los bordes de los fragmentos a otro tipo de perturbaciones como por ejemplo la ocurrencia de incendios o especies invasoras (Broadbent *et al.* 2008). Esto es mediado por cambios en la estructura y composición de la vegetación, además de las importantes alteraciones microclimáticas que se dan cuando se crea un borde (Broadbent *et al.* 2008). Sin duda la fragmentación del bosque crea unas condiciones que interactúan de manera sinérgica con el fuego, por medio de la creación de entornos inflamables cerca de los bordes, en mayor medida durante las estaciones secas, aumentando la probabilidad de incendios (Bustamante *et al.* 2015). Los efectos de la fragmentación dependerán del tamaño de los fragmentos, de la composición de dichos fragmentos, de lo que ocurra fuera de los fragmentos, de su evolución previa a la fragmentación (Simula, 2009) y por supuesto del tipo de bosque y su estado inicial.

Los incendios y la fragmentación están también relacionados y existen sinergias entre estas causas con estudios que indican que la frecuencia de incendios en un bosque está asociada a su estado de fragmentación (Armenteras *et al.* 2013). Finalmente, las especies exóticas invasoras son una de las fuertes causas de pérdida de biodiversidad y degradación de los ecosistemas a través de mecanismos tales como la competencia, la herbívora, la propagación de enfermedades y la depredación (Thompson *et al.* 2013). Existe también una sinergia entre el estado de fragmentación y la introducción de especies invasoras (Wright, 2005; McDonald y Urban, 2006). Finalmente el resultado de la acción individual o en sinergia de estas causas resulta en una extensión de la degradación variable. Los procesos de degradación del bosque pueden o no afectar a grandes áreas, pero por lo general la afectación no se distribuye por igual en un territorio, ya que se suele centrar en áreas específicas (Herold *et al.* 2011). El proceso de degradación puede ser repentino o ser un proceso gradual que puede extenderse por largos períodos de tiempo (Simula, 2009). En este sentido la velocidad a la que se produzca el cambio, junto con la percepción de cuando un bosque es degradado está influenciado por las causas de degradación reconocidas en cada zona, los bienes o servicios de interés, y las escalas temporales y espaciales consideradas (Thompson *et al.* 2013. Ravera *et al.* 2015).

## DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES

# ¿CÓMO SE MIDE LA DEGRADACIÓN?

**Juan Pablo Ramírez-Delgado, Tania M. González, Dolores Armenteras**

Medir la degradación de los bosques es más complejo que medir la deforestación. Como se ha mencionado en capítulos anteriores, la deforestación implica pérdida de cobertura y prácticamente es definida por una variable binaria, bosque - no bosque. Por su parte, la degradación puede ocurrir sin que sea perceptible o sin que se pierda la cobertura de manera visible, haciendo que sea más difícil de observar con imágenes de sensores remotos o trabajo de campo (Herold *et al.* 2011, Bustamante *et al.* 2015). Este proceso ha sido descrito a través del uso de variables como cambios en la densidad del dosel y el sotobosque (Lambin, 1999), cambios en la riqueza de especies de plantas o animales (Devi y Behera 2003) y cambios en las reservas de carbono frente a una línea base de condiciones aparentemente no perturbadas (Harrison, 2011). Thompson y colegas (2013) han propuesto medirla a través del uso de criterios como la productividad (volumen en pie de todos los árboles y productos forestales no maderables), la biodiversidad (diversidad de las especies), las perturbaciones inusuales (especies invasoras), las funciones protectoras (erosión del suelo y flujo o volumen del agua) y el almacenamiento de carbono (carbono almacenado y especies de árboles con alta densidad de madera). En este sentido, el cálculo de la degradación se dificulta debido a que es complejo determinar el estado inicial de referencia y los criterios de salud ecológica de un ecosistema en cuestión, ya que las diferencias entre ecosistemas para estas variables son muy notables. Es importante entonces que antes de medir la degradación se establezca un tiempo o línea base, tanto de referencia temporal como de estado de partida, para distinguir las diferentes causas o la causa específica y los grados de degradación que estén afectando una zona determinada (Lanly 2003; Thompson *et al.* 2013; Morales-Barquero *et al.* 2014; Bustamante *et al.* 2015).

Medir la degradación forestal dentro del contexto de implementación de REDD+ puede basarse en dos componentes: datos de actividad (AD), para evaluar los cambios en el área de bosque en el tiempo, y factores de emisión (FE), para evaluar los cambios en promedio de las reservas de carbono por unidad de área en el tiempo (cambios en las reservas de carbono en Mg C/ha) (Herold *et al.* 2011; GOF-C-GOLD 2014). Los datos de actividad para

detectar deforestación se pueden obtener fácilmente a partir de imágenes de satélite. Sin embargo, la detección de la degradación forestal a partir de estos datos sigue siendo un desafío para que sean incorporados a un sistema de monitoreo de bosques y carbono, y más aún para evaluar los cambios en las reservas de carbono en el tiempo (Bustamante *et al.* 2015). La medición de los parámetros que permiten medir este proceso y llegar a establecer un estado, o incluso varios grados del mismo, se clasifican en aquellos que se realizan a través de levantamientos de información de campo, sensores remotos o de una combinación de ambas estrategias (Herold *et al.* 2011; Thompson, 2011; Bustamante *et al.* 2015). Utilizar una combinación de ambas podría permitir obtener resultados más confiables y precisos, así como también otorgar soluciones objetivas, prácticas y costo efectivas para desarrollar y mantener iniciativas REDD+ (Herold 2011; GOF-C-GOLD 2014). Sin embargo, y dependiendo de la escala de trabajo en la que se esté realizando la estimación, una aproximación podría ser más adecuada que otra. En este sentido, la información obtenida directamente en campo podría ser más útil para estudios a escalas subnacionales y las técnicas de teledetección para escalas nacionales. Sin embargo, hay que tener en cuenta que no hay una sola metodología para medir la degradación y que la mayoría se complementan entre sí (Herold *et al.* 2011; Bustamante *et al.* 2015).

### Avances en la medición de la degradación con sensores remotos

Los sensores remotos se han utilizado como herramientas para detectar la degradación forestal con relación a cambios estructurales en los bosques (ver GOF-C-GOLD 2014). De acuerdo con la literatura, se han planteado tres estrategias para medir la degradación forestal con sensores remotos en el contexto de implementación de REDD+ (Herold *et al.* 2011; GOF-C-GOLD 2014):

[a] *Metodologías directas.* Estas se enfocan en detectar directamente cambios en el dosel, pequeños claros y cambios estructurales como

## DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES



IMAGEN DE SENTINEL, MUNICIPIO SAN JOSE DE GUAVIARE

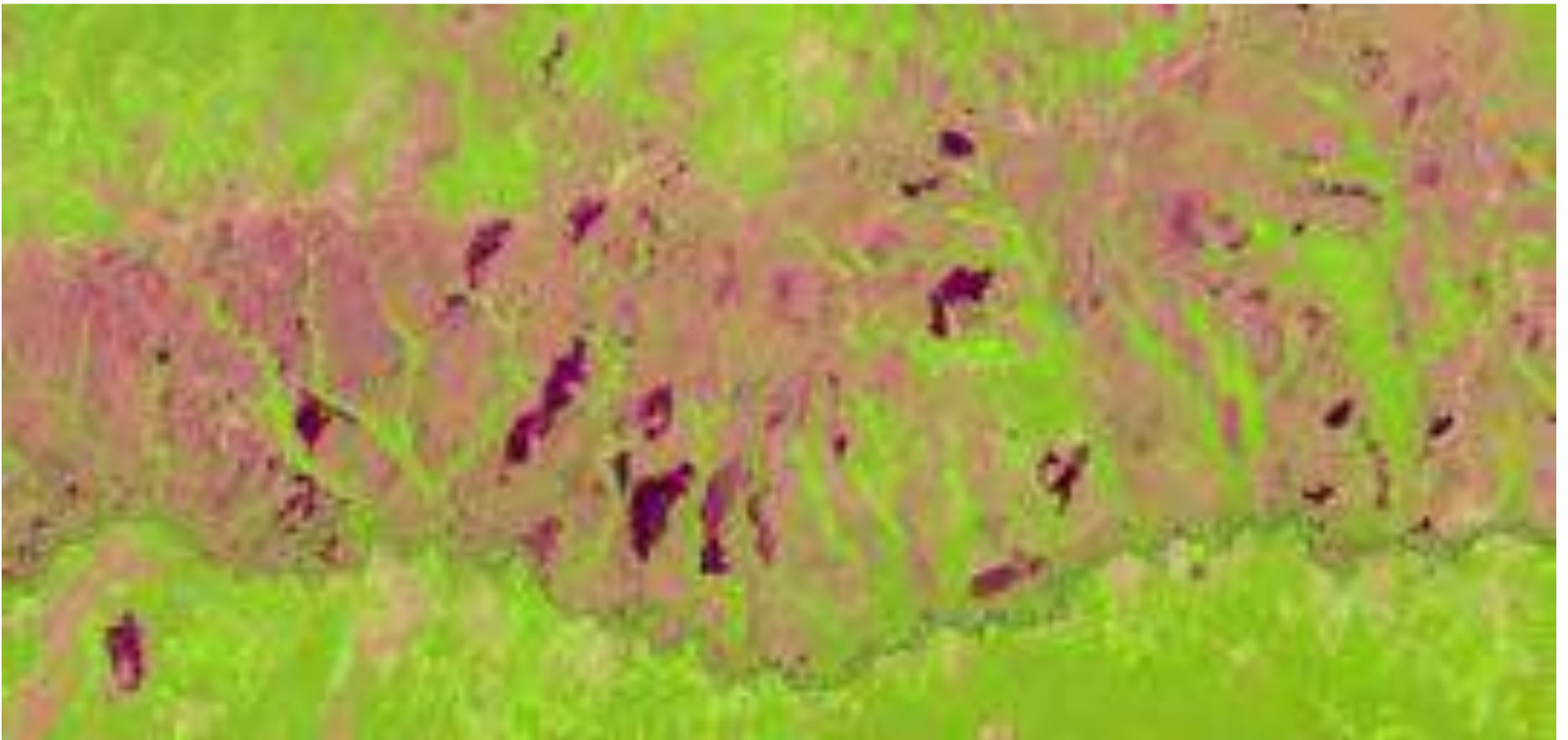


FOTO: IMAGEN DE SATÉLITE LANDSAT PATH 6 ROW 58, EN MORADO OSCURO ÁREAS QUEMADAS

**IBERO REDD+**

RED CYTED PARA EL MONITOREO DEL ESTADO DE LA CONSERVACIÓN  
Y RECUPERACIÓN DE BOSQUES HÚMEDOS Y SECOS EN LATINOAMÉRICA  
EN EL CONTEXTO DE LA DEFORESTACIÓN EVITADA

## DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES

resultado de perturbaciones forestales. Mediante estas metodologías se ha explorado el potencial de los sensores remotos pasivos (datos ópticos) a través de la interpretación visual (INPE 2008) y usando diferentes indicadores tales como valores de respuesta espectral (Asner *et al.* 2002), índices de vegetación (Matricardi *et al.* 2010) o herramientas más avanzadas como análisis de mixtura espectral (Souza *et al.* 2013) y de series de tiempo (Hirschmugl *et al.* 2014). También se han utilizado sensores remotos activos (datos SAR y LiDAR) para obtener datos en 3D, con los cuales se han detectado perturbaciones estructurales en los bosques como resultado de la degradación con resultados bastante prometedores (Joshi *et al.* 2015).

- [b] *Metodologías indirectas.* Estas tienen un enfoque dirigido hacia el análisis de la fragmentación de bosques y de la infraestructura humana asociada a la extracción de productos forestales. Mediante estas metodologías se han identificado exitosamente áreas de bosques degradados durante largos períodos de tiempo (Potapov *et al.* 2008; Zhuravleva *et al.* 2013; Margono *et al.* 2014; Grecchi *et al.* 2015; Haddad *et al.* 2015; Riitters *et al.* 2015). Sin embargo, estas observaciones han sido poco frecuentes y de menor calidad que las realizadas con metodologías directas.
- [c] *Metodologías para el monitoreo de emisiones de carbono a partir de la quema de biomasa.* Estas incluyen la detección de fuegos activos, el mapeo de áreas post-incendio (cicatrices de fuego) y la caracterización de incendios forestales (e.j. la severidad y/o energía liberada por el incendio) (Lentile *et al.* 2006; Herold *et al.* 2011). Mediante estas metodologías se han combinado datos de áreas quemadas obtenidos a partir de sensores remotos con modelos biogeoquímicos o de carga de combustible para estimar emisiones (Schultz *et al.* 2008; van der Werf *et al.* 2010). Esta estrategia ha aportado información sobre las emisiones de los bosques quemados, pero no ha sido muy apropiada para evaluaciones de periodos históricos (Herold *et al.* 2011).

La medición de la degradación por sensores remotos presenta varias desventajas. Entre ellas están la presencia de nubes (para datos ópticos), las limitaciones en la capacidad de detección (especialmente a escala fina), la no diferenciación de las causas y las complejas interpretaciones de las imágenes para diferenciar cambios por medio del procesamiento de datos (Herold *et al.* 2011). Aunque los sensores remotos permiten la identificación de los factores incidentes en la degradación como la tala, los incendios y la extensión de las zonas afectadas, estas herramientas solo detectan cambios

en el dosel de los bosques, dejando encubiertos los cambios que ocurren en el sotobosque (Bustamante *et al.* 2015). Sin embargo, la disponibilidad cada vez mayor de imágenes satelitales con mejor resolución espacial y temporal, combinado con trabajos puntuales de campo, podrían permitir un avance en el seguimiento a la degradación de los bosques.

### Avances en la medición de la degradación con datos de campo

Otra de las estrategias que se han planteado para medir la degradación forestal es a través de la obtención de datos de campo para evaluar las variaciones del carbono almacenado en bosques a lo largo del tiempo (Nepstad *et al.* 1999; Herold *et al.* 2011; Skutsch *et al.* 2011; GOF-C-GOLD 2014; Pearson *et al.* 2014). Esta estrategia incluye métodos basados en:

- [a] *inventarios forestales* nacionales o subnacionales,
- [b] *datos de estudios de campo* específicos (incluyendo entrevistas) y de investigaciones con *parcelas permanentes* en bosque (frecuentemente implementados como estudios locales),
- [c] *datos forestales comerciales* (i.e. concesiones madereras y estimaciones sobre las cosechas)
- [d] *datos "proxy"* obtenidos de los mercados nacionales tales como tasas estimadas de producción de madera de los aserraderos, sus ventas y estadísticas de exportación de madera.

Utilizar esta estrategia para monitorear la degradación forestal podría verse limitada ya que generalmente no hay disponibilidad de datos de campo y/o de cobertura de la tierra que sean históricamente consistentes para evaluar la degradación que ha ocurrido en el pasado. Esto podría ser crítico para que sean establecidas a nivel nacional, especialmente en los países en desarrollo que con frecuencia carecen de estos datos (Bustamante *et al.* 2015; Herold *et al.* 2011a). Sin embargo, y dada la falta de datos históricos de biomasa para establecer puntos de referencia apropiados y la capacidad limitada para la medición y/o monitoreo de la degradación forestal mediante el uso de sensores remotos, Morales-Barquero y colegas (2014) proponen que la degradación podría ser medida utilizando un punto de referencia local que represente una baja o nula degradación y que tenga características biofísicas comparables.

## DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES

### Otras aproximaciones para la medición de la degradación dentro del contexto REDD+

No hay un solo método para medir y/o monitorear la degradación forestal en el contexto de implementación de REDD+. Al final, la decisión de cómo hacerlo siempre dependerá de una serie de factores que incluyen el tipo de degradación a evaluar, la escala espacial y temporal considerada, la línea base de referencia, la disponibilidad de datos históricos, las capacidades y recursos, y las potencialidades y limitaciones de los diferentes enfoques de medición y monitoreo (Bustamante *et al.* 2015; Morales-Barquero *et al.* 2014; Thompson *et al.* 2013; Herold *et al.* 2011a).

Una de las herramientas que han sido utilizadas para estudiar la degradación de bosques son las matrices de estratificación del estado de los bosques con base al nivel de degradación (Budiharta *et al.* 2014). Estas han sido recientemente aplicadas en Indonesia para priorizar la restauración de áreas deforestadas y degradadas, como insumo de información para las iniciativas REDD+ en la región (Budiharta *et al.*, 2014). Otra de las formas en que se ha medido degradación es por medio de la comparación de la zona de estudio con el bosque circundante (Lund, 2009). Por lo tanto, al contar con condiciones de referencia determinadas a un tipo de ecosistema forestal, inclusive en diferentes etapas de sucesión, se puede analizar la existencia y el alcance de la degradación (Thompson *et al.* 2013).

## DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES

# CLASIFICACIÓN DE GRADOS O ESTADOS DE DEGRADACIÓN

Dolors Armenteras y Tania M. González

A partir de las definiciones de bosque y de degradación como proceso lo más clara posible, y de algunas aproximaciones para la medición descritas en anteriores capítulos, es posible llegar a determinar si un bosque está degradado. Lund (2009) propone una lista de características (Tabla 1) y

umbrales definidos en cada caso específico para construir una clasificación o árbol de decisión (Figura 1) combinando estos umbrales para clasificar si un bosque está o no degradado.

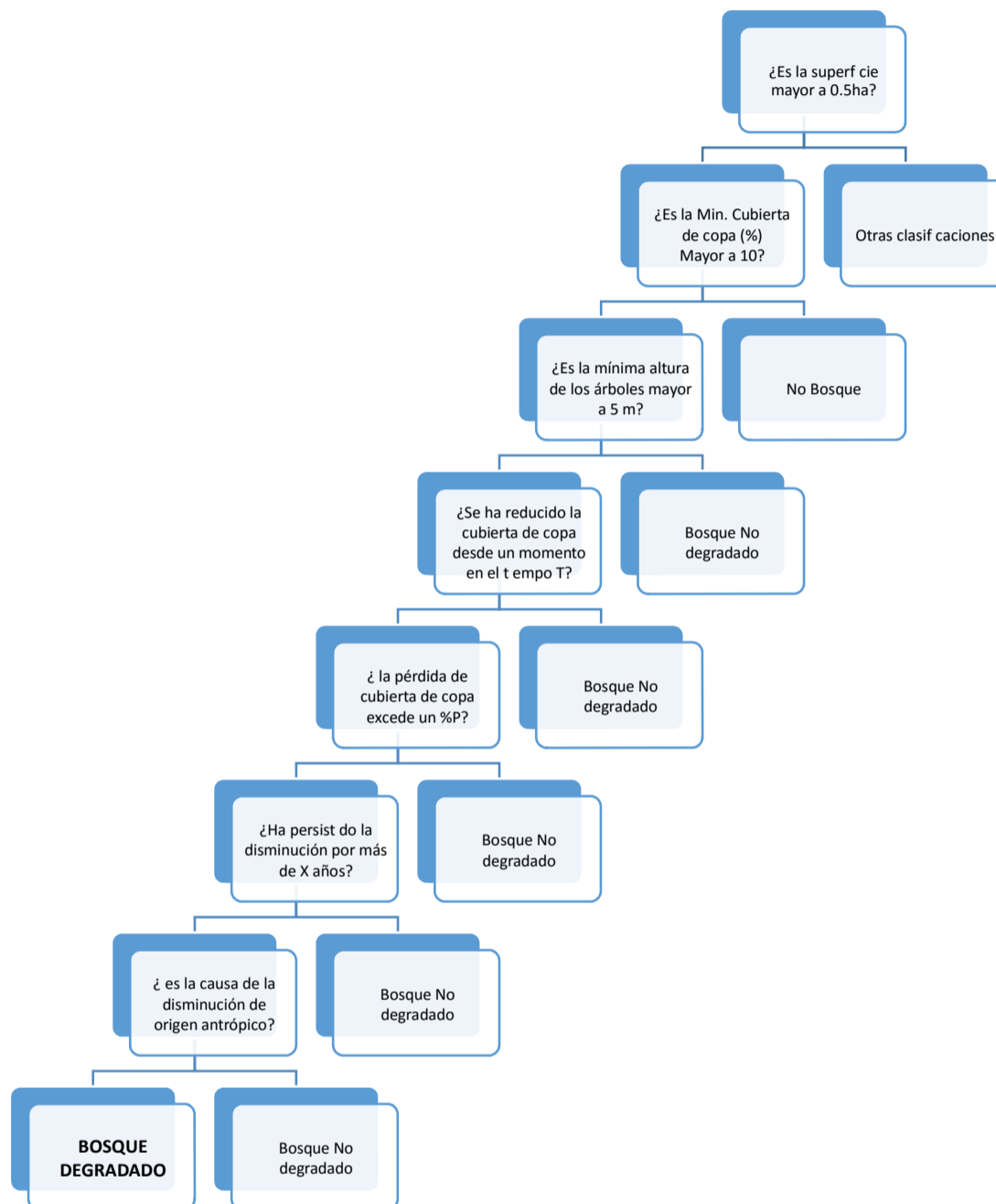
**Tabla 1.** Características de los bosques y la degradación de bosques. Traducido y adaptado de Schoene et al. 2007 y Lund, 2009

Indicadores	Parámetros	FAO 2003	IPCC 2003	Su necesidad <sup>1</sup>	
Bosques	<b>Clasificación de bosques</b>				
	Mínima área (ha)	0.5	0.05-1		
	Mínimo Ancho de banda (m)	20			
	Mínima Cubierta de copa (%)	10	10-30		
	Mínima Altura del árbol (m)	5	2-5		
	Exclusiones	Sí			
Bosques degradados	<b>Tipo de bosque</b>				
	<b>Cambios al interior del bosque</b>				
	Estructura				
	Cubierta de copa				
	Composición de especies				
	<b>Cantidad de la disminución de la capacidad de gestionar:</b>				
	Productividad				
	Bienes y Servicios				
	Reservas de carbono		>Y%		
	Otras funciones				
	<b>Escala de tiempo</b>		Largo	Largo	
	<b>Duración específica</b>			X-Años	
	<b>Causas</b>				
	Inducidas por el hombre				
	Natural				
	<b>Estado de referencia</b>				
	Bosque natural				
Sitio					
Reservas de carbono iniciales					

1. Introduzca un valor umbral o un control para cada parámetro que sea aplicable a su situación.

# DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES



**Figura 1.** Ejemplo de árbol de decisiones para establecer si un bosque es degradado. Ej. Usando parámetros FAO para definición de bosque. Importante definir P (% pérdida de copa) y X (años de duración para la disminución)

También es posible la distinción de más de un estado de bosque degradado en términos del grado o nivel de degradación (ej. leve, moderado, fuertemente o críticamente degradado). Este tipo de clasificación es importante cuando se requiere monitorear cambios por ejemplo ocurridos durante un proceso de degradación e identificar áreas de priorización para tomar acciones (Simula, 2009).

Determinar diferentes grados de degradación puede ser complejo debido a la naturaleza del proceso y dependerá tanto del estado inicial, como de las medidas para cuantificarlo y los umbrales que se definan. (Simula, 2009)

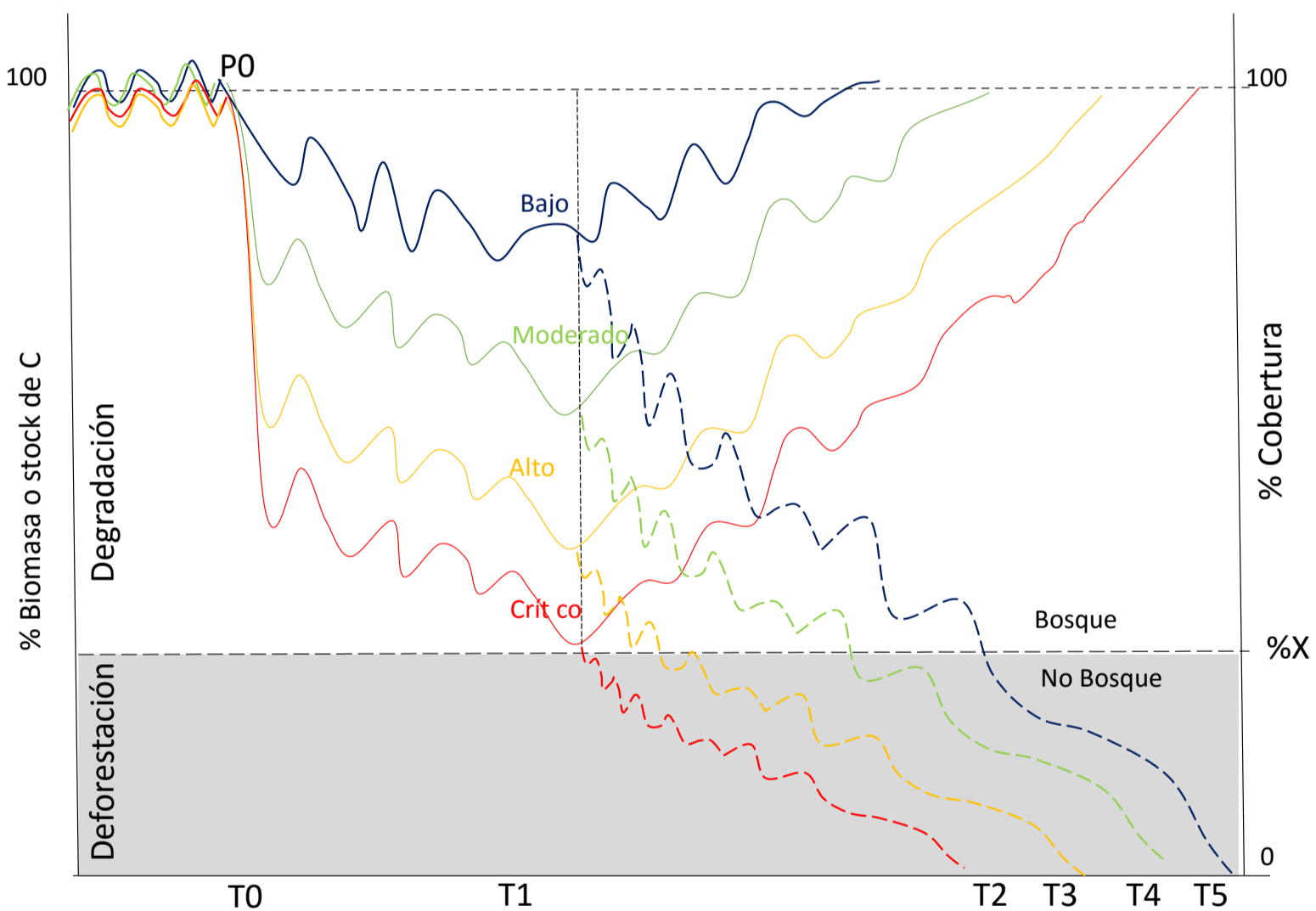
Para determinar grados de degradación se requiere de la especificación de valores de umbral para establecer los límites entre bosque no degradado y bosque degradado y superficie deforestada. En este sentido, la Figura 2 ilustra por ejemplo una clasificación general de grados de degradación. Partiendo de un estado inicial en el tiempo T<sub>0</sub> (en el que un bosque presenta unas fluctuaciones naturales), es posible hacer seguimiento a la velocidad en la que este bosque pierde biomasa entre dos momentos en el tiempo después de una perturbación (P<sub>0</sub>), ej. entre tiempo T<sub>0</sub> y T<sub>1</sub> (Figura 2) Si la intensidad de la perturbación es baja (extracción de

## DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES

madera de baja intensidad, un incendio poco severo, etc.), asimismo resulta el grado de degradación y es incluso posible que el bosque se recupere naturalmente o con una baja intervención. Por otro lado, a medida que la tasa de pérdida de biomasa sea mayor, los grados de degradación aumentan (Medio, Alto, Crítico). En todo caso es posible recuperarse de estos estados

de degradación, pero por lo general con intervención de algún tipo. Si la degradación continúa, la perturbación se repite o no hay intervención, el bosque según el grado de degradación pasará a un estado crítico con mayor o menor rapidez y finalmente se convertirá en una superficie deforestada i.e. al alcanzar el %X de cobertura escogido para definir bosque, por ejemplo.



**Figura 2.** Variación natural en biomasa y umbrales para establecer grados de degradación como un proceso de pérdida de biomasa o stock de carbono en el tiempo. P0 es la perturbación. T es el tiempo (antes de T0 se ve reflejada la fluctuación natural (bosque no degradado), después de P0, según la intensidad de la perturbación se define el grado de degradación (baja, media, alta o crítica), Cuando la cobertura se reduce más allá de un % de cobertura X que depende de la definición de bosque utilizada, se habla de superficie deforestada. Acciones de restauración son posibles en todos los casos para recuperar con el tiempo la biomasa. Figura adaptada de (Sasaki *et al.* 2011b; Thompson *et al.* 2013)

## DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES

### Aproximación al estudio del estado de degradación de los bosques en Latino América

A pesar de las dificultades en la definición de degradación, algunas estimaciones indican que entre el 30 y el 40% del área forestal en los trópicos puede estar degradada (Blaser *et al.* 2011). Algunos autores han aplicado una clasificación de niveles de degradación por tipos de bosques basado en estimaciones de biomasa aérea y su variabilidad asumiendo que los valores más altos de ésta para un determinado tipo de bosque son representativos de las condiciones más prístinas o intactas del mismo (Budiharta *et al.* 2014). Siguiendo esta misma aproximación, a continuación exploramos el uso de los datos de carbono total (Mg/ha) de resolución espacial de 1 km (Saatchi *et al.* 2011), como proxy de estados de degradación para los grandes biomas

terrestres de América Latina (Olson *et al.*, 2001. Figura 3). Para cada uno de los biomas forestales, excluyendo los desérticos y mayoritariamente herbazales, se analizó la distribución del carbono (Mg/ha) y se clasificaron en 5 clases asignadas por cuartiles dentro de cada bioma: i.e. *Críticamente Degradado*, *Altamente Degradado*, *Medianamente Degradado*, *Poco degradado* y *Bosque primario* (Tabla 2). Se construyó un mapa de la distribución espacial de estas categorías de estado de degradación (Figura 4, Tabla 2) y se calculó para cada país el porcentaje de su territorio en cada una de ellas (Figura 5). Haití, Belice, México y Chile son los cuatro países con mayor % de sus bosques en estados avanzados de degradación, mientras que Costa Rica, Surinam y Guyana serían los países con mayor porcentaje de sus bosques por tipo de bioma en mejor estado de conservación (Figura 5).

**Tabla 2.** Rangos de C total (Mg/ha) para la definición de estados de degradación por bioma general.

Bioma/ Estado de degradación	Cuartil (Mg C/ha)				
	1	2	3	4	5
	Crítico	Alto	Medio	Bajo	No degradado
Sistemas montañosos mixtos (Mixed mountain systems)	1.19-61.06	61.06-122.13	122.13-183.2	183.2-244.27	≥244.7
Sistemas de islas mixtos (Mixed island systems)	1.12-57-33	57.33-114.67	114.67-172	172-229.34	≥229.34
Bosques siempreverdes (Evergreen Sclerophyllous forests)	1.05-53.5	53.5-107.03	107.3-160.54	160.54-214.06	≥214.06
Bosques húmedos tropicales (Tropical humid forests)	1.19-86.9	86.9-138.1	138.1-154.8	154.8-171.5	≥171.5
Bosques secos tropicales (Tropical dry forests / Woodlands)	1.13-11.33	11.33-18.12	18.12-27.2	27.2-48.7	≥ 48.7
Bosques subtropicales (Sub-tropical / Temperate rain forests)	1.18-11.8	11.8-18.9	18.9-26	26-46.2	≥46.2
Bosques templados (Temperate broad-leaf forests)	1.1-56.2	56.2-112.47	112.47-168.7	168.7-224-94	≥224.94

NB. Las categorías fueron clasificadas utilizando los valores de cuartiles dentro del rango de carbono total por cada bioma.

## DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES



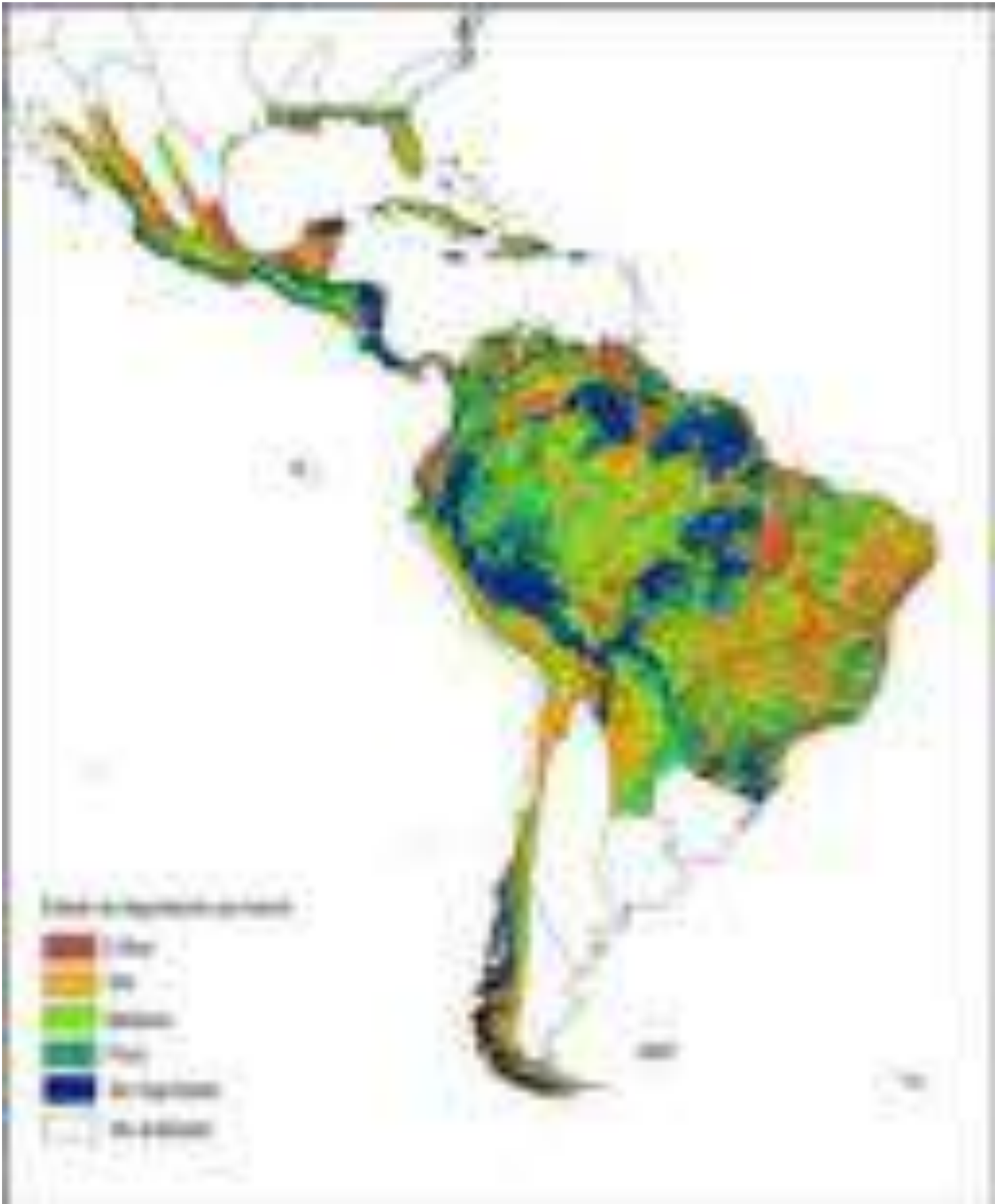
**Figura 3.** Biomas de América Latina (Figura tomada de Olson *et al.* 2001)

### IBERO REDD+

RED CYTED PARA EL MONITOREO DEL ESTADO DE LA CONSERVACIÓN  
Y RECUPERACIÓN DE BOSQUES HÚMEDOS Y SECOS EN LATINOAMÉRICA  
EN EL CONTEXTO DE LA DEFORESTACIÓN EVITADA

## DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES



**Figura 4.** Estados de degradación de los bosques por bioma general

### IBERO REDD+

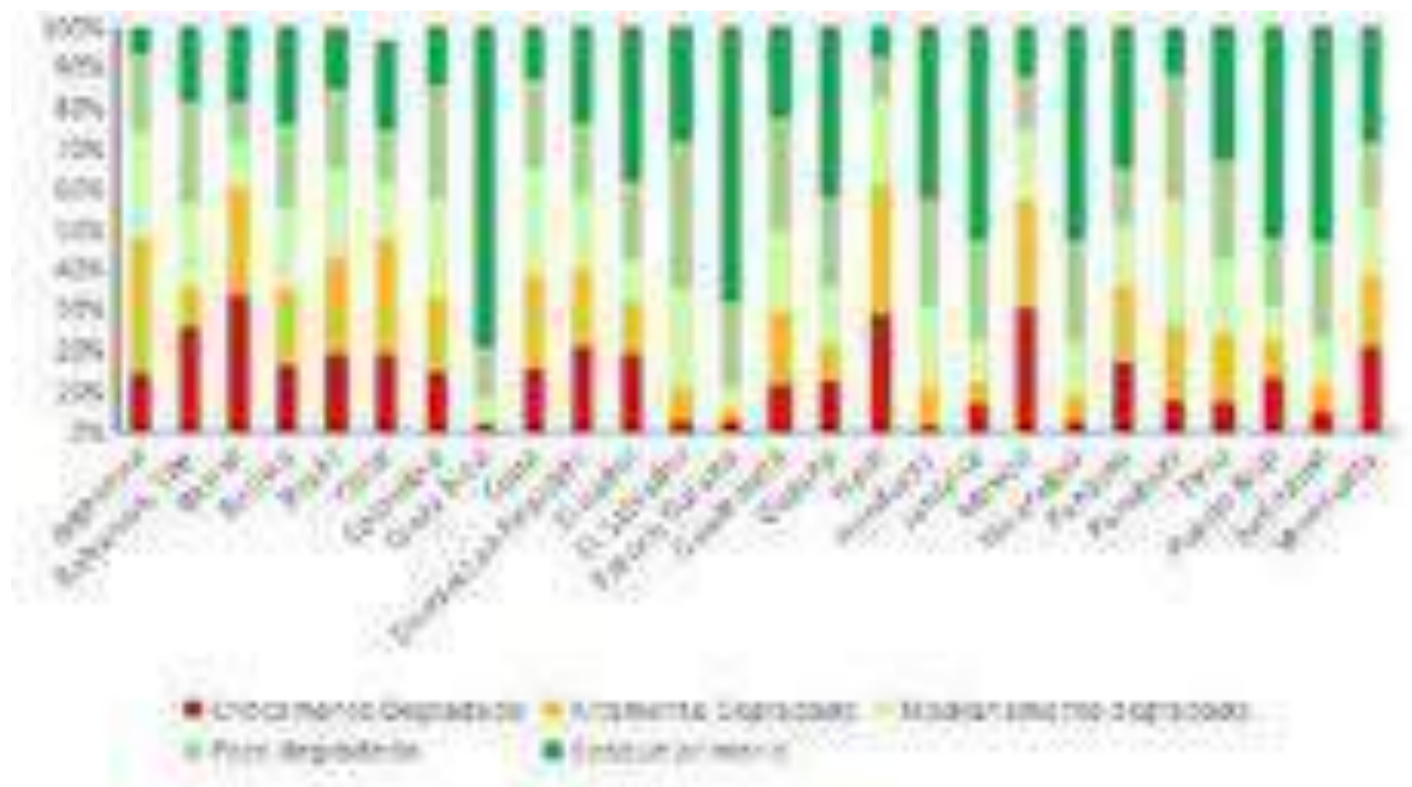
RED CYTED PARA EL MONITOREO DEL ESTADO DE LA CONSERVACIÓN  
Y RECUPERACIÓN DE BOSQUES HÚMEDOS Y SECOS EN LATINOAMÉRICA  
EN EL CONTEXTO DE LA DEFORESTACIÓN EVITADA

## DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES

**Tabla 3.** Extensión de bosques (km<sup>2</sup>) en los diferentes estados de degradación por bioma

Bioma/Estado de degradación	Crítico	Alto	Medio	Poco	No degradado	Area total (km <sup>2</sup> )
Bosques siempreverdes (Evergreen Sclerophyllous forests)	12,503	23,778	16,331	13,706	12,152	78,470
Sistemas de islas mixtos (Mixed island systems)	48,232	54,967	59,330	53,439	50,552	266,520
Sistemas montañosos mixtos (Mixed mountain systems)	447,237	920,989	705,446	640,320	651,835	3,365,827
Bosques subtropicales (Sub-tropical / Temperate rain forests)	68,374	422,549	567,422	508,416	549,030	2,115,791
Bosques templados (Temperate broad-leaf forests)	69,498	86,313	78,486	79,361	73,939	387,597
Bosques secos tropicales (Tropical dry forests / Woodlands)	560,635	848,674	782,470	698,994	653,858	3,544,631
Bosques húmedos tropicales (Tropical humid forests)	1,362,846	1,353,156	1,438,094	1,379,165	1,346,806	6,880,067
					Total Area	16,638,903



**Figura 5.** Estados de degradación de los bosques por país Latinoamericano.

**IBERO REDD+**

RED CYTED PARA EL MONITOREO DEL ESTADO DE LA CONSERVACIÓN  
Y RECUPERACIÓN DE BOSQUES HÚMEDOS Y SECOS EN LATINOAMÉRICA  
EN EL CONTEXTO DE LA DEFORESTACIÓN EVITADA

## DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES

# IMPACTOS Y ACCIONES PARA MITIGAR LA DEGRADACIÓN DE LOS BOSQUES TROPICALES

**Tania M. González, Dolors Armenteras**

Este capítulo analiza los impactos y acciones para reducir la degradación de los bosques. La degradación de la cubierta de la vegetación forestal conlleva a una serie de eventos vinculados, no solo con cambios en el clima, sino en el flujo de la evaporación y en la precipitación. Por ejemplo, la pérdida o degradación de la cubierta vegetal puede reducir la evaporación, causando que la energía fluya a la atmósfera en forma de calor sensible, favoreciendo que aumente la temperatura del aire cerca de la superficie, además de reducir el flujo de humedad a la atmósfera, afectando en último término a la precipitación (Betts *et al.* 2008). Por otra parte, la degradación forestal puede dar lugar a una futura menor acumulación de biomasa cuando se recuperen los bosques, debido al cambio en la composición de especies y las características ecofisiológicas de dichas especies (Thompson *et al.* 2013). Además del efecto de la degradación de la vegetación sobre factores ambientales o físicos, el estado de los bosques también influye en la idoneidad de hábitat para muchas especies silvestres, algunas de las cuales serán altamente sensibles y requerirán condiciones de bosque salu-

dables, mientras que otras serán más adaptables y capaces de persistir en bosques degradados (Budiharta *et al.* 2014).

A continuación, se enlistan algunos efectos de la degradación de bosques sobre factores ambientales:

- Modificación de la circulación atmosférica global y afectación del cambio climático (Betts *et al.* 2008; Foley *et al.* 2007).
- Reducción de la precipitación local y aumento de la temperatura (Betts *et al.* 2008).
- Afectación de los ciclos biogeoquímicos por:
  - Impacto en el almacenamiento de carbono y la pérdida de biomasa y suelos (Foley *et al.* 2007).
  - Impacto en los stocks y los flujos de nutrientes (Foley *et al.* 2007).
  - Aumento de emisiones de CO<sub>2</sub> (Foley *et al.* 2007).



■ EL REMOLINO, NARIÑO-COLOMBIA.  
FOTO: FRANCISCO LUQUE



■ SAN ANTONIO, LA GUAJIRA-COLOMBIA.  
FOTO: FRANCISCO LUQUE

**IBERO REDD+**

RED CYTED PARA EL MONITOREO DEL ESTADO DE LA CONSERVACIÓN  
Y RECUPERACIÓN DE BOSQUES HÚMEDOS Y SECOS EN LATINOAMÉRICA  
EN EL CONTEXTO DE LA DEFORESTACIÓN EVITADA

## DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES

- Alteración del albedo y efecto sobre el clima por mayor exposición del suelo desnudo, aumentado la liberación de minerales en polvo y aumentando el porcentaje de luz reflejada (Betts *et al.* 2008; Foley *et al.* 2007).
- Pérdida de servicios ecosistémicos (Thompson *et al.* 2013).
- Pérdida de biodiversidad, afectándose procesos como la dispersión de las semillas, la variabilidad de especies y genes, o la reducción de la resiliencia (Thompson *et al.* 2013).

### Acciones para mitigar la degradación de los bosques

La complejidad de las causas y los efectos resultantes de los procesos de degradación han hecho que este proceso haya sido menos atendido

en términos de políticas y mecanismos como REDD+. Son múltiples las acciones que se pueden proponer, entre las que destacamos algunas recomendaciones en términos de conocimiento y gestión para la toma de decisiones en degradación

- [1] Establecer un marco de referencia ecológico del área impactada.
- [2] Monitorear especies objetivo (Bustamante *et al.* 2015). Una mejor comprensión de la dinámica de los bosques, en términos de entender a profundidad los procesos del bosque como la composición de especies y las dinámicas de la historia de vida de dichas especies y, como estos procesos son afectados por las perturbaciones que ocurran en el lugar (Bustamante *et al.* 2015).



■ PÁRAMO DE CRUZ VERDE, CUNDINAMARCA – COLOMBIA  
FOTO DE TANIA GONZÁLEZ

IBERO REDD+

RED CYTED PARA EL MONITOREO DEL ESTADO DE LA CONSERVACIÓN  
Y RECUPERACIÓN DE BOSQUES HÚMEDOS Y SECOS EN LATINOAMÉRICA  
EN EL CONTEXTO DE LA DEFORESTACIÓN EVITADA

## DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES

- [3] Desarrollar modelos ecológicos a diferentes escalas y según las condiciones específicas del área (especie específicos para especies comerciales, funcionamiento del ecosistema, etc.).
- [4] Explorar enfoques avanzados para muestreos de campo y teledetección que incorporen los tipos de degradación de los bosques, la intensidad y la duración de la degradación desde una visión multitemporal y cómo conseguir que estos enfoques puedan ser manejados en un contexto de implementación de REDD+ (Herold *et al.* 2011).
- [5] Determinar niveles de degradación de acuerdo con las causas, el punto de partida en el tiempo o línea base y el marco de referencia
- [6] Priorizar acciones en los tipos de bosque que están altamente degradados (Budiharta *et al.* 2014).
- [7] Definir zonas de restauración para detener y revertir la degradación de los bosques.
- [8] Establecer actividades de gestión que ayuden a las áreas degradadas a recuperar su funcionalidad y la capacidad para proporcionar servicios ecosistémicos (Sasaki *et al.* 2011). Las acciones de restauración pueden tener varios beneficios como: incrementar las reservas de carbono, mejorar la capacidad de muchas zonas de prestar servicios ambientales, soportar la biodiversidad, entre otros. Además, las estrategias de restauración son un elemento clave de los acuerdos de REDD+ (Sasaki *et al.* 2011). Los procesos de restauración que se implementen en casos de degradación dependen del grado de afectación, de las características ecológicas de las especies, de las necesidades tanto ecológicas y sociales de la zona y de la disponibilidad de fondos, y la accesibilidad (Sasaki *et al.* 2011). Los enfoques que se pueden utilizar en este aspecto pueden abarcar la regeneración por sí sola de los bosques, acelerar la regeneración y el crecimiento de árboles, realizar plantaciones de enriquecimiento, entre otros (Sasaki *et al.* 2011).
- [9] Fortalecer los programas de vigilancia y las iniciativas existentes (Bustamante *et al.* 2015). Protección forestal con el fin de conservar bosques, a través de herramientas como áreas protegidas con diferentes categorías de manejo, corredores, zonas de manejo integrado, manejo de la matriz (salir del bosque para conservarlo), etc. En estas actividades es fundamental incluir la participación de las comunidades afectadas (González Romero ONF ANDINA, 2013).
- [10] Llevar a cabo una producción sostenible, a través de procesos de planificación de infraestructuras, incentivos a las actividades legales y sostenibles, control, vigilancia y penalización a las actividades ilegales e insostenibles ecológicamente, valoración de servicios ecosistémicos, comercio responsable, entre otros (González Romero ONF ANDINA, 2013).
- [11] Adoptar un marco de políticas que responda a las diferentes situaciones a lo largo de la conversión de bosques a otros usos como: la conservación y el uso sostenible de las áreas poco amenazadas, controlar la expansión agrícola, elaborar planes de uso del suelo, entre otros (Müller *et al.* 2014). Además, estas políticas deben determinar cuánto significa la degradación de los bosques o un bosque degradado a efectos de planificar y ejecutar políticas para prevenir la degradación y para realizar actividades de restauración o rehabilitación según sea el caso (Simula, 2009).
- [12] Valorar los bienes y servicios forestales, partiendo de la identificación de los bienes y servicios que ofrezca el bosque, para posteriormente ser valorados en términos económicos (Simula, 2009).
- [13] Implementar el sistema de monitoreo de las actividades REDD+.

DEGRADACIÓN  
DE BOSQUES EN  
LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES

ESTADO DEL ARTE  
SOBRE DEGRADACIÓN  
DE BOSQUES EN UNA  
SELECCIÓN DE PAÍSES  
LATINOAMERICANOS

## DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES

# COLOMBIA

**Juan Pablo Ramírez-Delgado**

En Colombia aproximadamente el 50% del territorio son bosques, que comprenden: Bosques Húmedos Tropicales, Bosque muy húmedo tropical, Bosques montanos, Bosques secos, Bosques de manglar y Bosques de Galería (Galindo *et al.*, 2014). La definición de bosque adoptada en Colombia es la usada en la FAO, es decir, comprende cobertura de copas >30%, área mínima >1,0 ha y altura mínima de los árboles maduros >5 m (Galindo *et al.*, 2014).



■ AMAZONAS-COLOMBIA  
FOTO: TANIA GONZÁLEZ

En el marco del proyecto “Capacidad Institucional Técnica y Científica para Apoyar Proyectos de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación –REDD– en Colombia”, financiado por la fundación Gordon and Betty Moore y ejecutado en los años 2009 y 2010 por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) y la Fundación Natura, se propuso la siguiente

definición de la degradación forestal en Colombia: “una reducción persistente de los stocks de carbono almacenados en bosques y que pueden estar asociados con un decrecimiento sostenido y medible del dosel del bosque y/o del número de árboles por hectárea, siendo siempre el porcentaje de cobertura de bosque mayor a 30%” (ver Galindo *et. al.* 2011 a). Dentro del marco de este proyecto se realizó una revisión de metodologías para detectar la degradación de bosques mediante el uso de sensores remotos y se propusieron una serie de recomendaciones para evaluar aquellas metodologías priorizadas para Colombia (ver Galindo *et. al.* 2011 a y b). Durante la ejecución de este proyecto se logró identificar la necesidad de construir un sistema en el cual se utilizarán diferentes metodologías para la detección de la degradación forestal a nivel nacional y subnacional, que fueran complementarias entre sí y que pudiesen adecuarse a las características de cada región (Galindo *et. al.* 2011b). Este proyecto también resaltó que la detección de la degradación de los bosques es un tema que aún se encuentra bajo investigación y desarrollo, y que requiere de ejercicios que evalúen las metodologías y validen los resultados con datos de campo en sitios piloto (Galindo *et. al.* 2011b).

En una segunda fase de este proyecto, denominada “Consolidación de un Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMBYC) como soporte a la Política Ambiental y de Manejo en Colombia”, el IDEAM realizó algunas pruebas de las metodologías seleccionadas en la primera fase durante los años 2012, 2013 y 2014 para medir la degradación de los bosques en Colombia teniendo en cuenta la definición propuesta. Estas pruebas incluyeron, como métodos indirectos a nivel nacional, la realización de modelos de accesibilidad, el análisis de métricas de fragmentación (de acuerdo a Ritters *et al.* 2000) y el análisis de paisajes forestales intactos (de acuerdo a Potapov *et al.* 2008), y como métodos directos a nivel subnacional, el análisis de series de tiempo con el índice EVI de MODIS y el análisis de mixtura espectral con imágenes Landsat TM y ETM+ (de acuerdo a Asner *et al.* 2009 y Souza y Siqueira, 2013).

A pesar de los esfuerzos realizados para medir la degradación de los bosques en Colombia, los resultados obtenidos hasta el momento a nivel nacional y

**IBERO REDD+**

RED CYTED PARA EL MONITOREO DEL ESTADO DE LA CONSERVACIÓN  
Y RECUPERACIÓN DE BOSQUES HÚMEDOS Y SECOS EN LATINOAMÉRICA  
EN EL CONTEXTO DE LA DEFORESTACIÓN EVITADA

## DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES

subnacional no han sido lo suficientemente consistentes y robustos como para implementar una de las metodologías evaluadas dentro del SMBYC de este país. Sin embargo, el gobierno de Colombia aún continúa identificando, probando e investigado metodologías para medir y monitorear la degradación de sus bosques de una manera consistente, robusta y costo-efectiva dentro del marco del proyecto “Fortalecimiento de capacidades nacio-

nales para REDD+ en Colombia” del programa ONU-REDD, el cual inició en 2015 y ha sido implementado por el IDEAM, el MADS, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).



■ AMAZONAS-COLOMBIA.  
FOTO: TANIA GONZÁLEZ

### IBERO REDD+

RED CYTED PARA EL MONITOREO DEL ESTADO DE LA CONSERVACIÓN  
Y RECUPERACIÓN DE BOSQUES HÚMEDOS Y SECOS EN LATINOAMÉRICA  
EN EL CONTEXTO DE LA DEFORESTACIÓN EVITADA

## DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES

# COSTA RICA

**Freddy Argotty, María Helena Herrera & Javier Fernández**

Costa Rica define la degradación como cambios en el bosque que afectan negativamente a la estructura, la función de la masa forestal, o el lugar (sitio), reduciendo la capacidad del mismo para proporcionar productos o servicios incluyendo su capacidad de almacenaje de carbono (Ortiz, 2011). También se ha definido como la reducción en la cobertura de copa a partir del procesamiento y clasificación de imágenes satelitales (Agresta *et al.* 2015). Otra aproximación define degradación en el país como aquellos cambios significativos en la estructura, composición y funcionalidad de los bosques, los cuales disminuyen o destruyen la capacidad de ofrecer bienes y servicios (Nasi *et al.* 2002).

### Cuantificación de la degradación forestal en Costa Rica

Se trató de identificar un índice de degradación con el desarrollo de una serie histórica de actividad y cambio de uso del suelo generada entre 1987 y 2013 para crear el nivel de referencia de emisiones. Este índice tiene algunos

problemas de aplicación, por lo que se está valorando el desarrollo de otra herramienta.

Las emisiones por degradación se excluyen inicialmente del nivel de referencia por falta de datos confiables para estimarlas. Sin embargo, las evaluaciones de la significancia de las emisiones por degradación están aún refinándose y dependiendo del resultado final de estas evaluaciones, se tomará la decisión final con respecto a incluir o excluir la degradación como fuente de emisiones en el FREL.

### Factores directos e indirectos que inciden en los procesos de degradación forestal

El principal problema de pérdida de carbono en Costa Rica es el cambio de uso de suelo (serie temporal desarrollada para la estrategia REDD+). Existe información descentralizada en el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) sobre los aprovechamientos forestales, sin embargo, esta

**Tabla 4.** Factores directos e indirectos que inciden en los procesos de degradación forestal en Costa Rica

Categoría		Factor (1-10)
Tala de Madera	Extracción selectiva	5
	Tala legal	9
	Tala ilegal	
	Uso comercial	7
	Uso subsistencia	2
Fuegos no controlados	Todo tipo de fuegos	8
Pastoreo de ganado en bosques	Escalas grandes o pequeñas	6
Leña y carbón vegetal	Colecta de leña	2
	Producción de carbón vegetal	2
	Mercados domésticos	2
	Mercados locales	3
Productos forestales no maderables (PFNM)	Recogida de frutos, plantas medicinales, etc.	2
		2
Otros		

**IBERO REDD+**

RED CYTED PARA EL MONITOREO DEL ESTADO DE LA CONSERVACIÓN  
Y RECUPERACIÓN DE BOSQUES HÚMEDOS Y SECOS EN LATINOAMÉRICA  
EN EL CONTEXTO DE LA DEFORESTACIÓN EVITADA

## DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES

información está dispersa y no está disponible actualmente en un formato consolidado y digital. Tampoco existe una estimación definitiva aceptada por el SINAC sobre la tala ilegal a nivel nacional o por efecto de los incendios forestales.

El problema se da también ligado a los precios de mercado de los productos agrícolas o la ganadería, pues muchos de los terrenos en pastos, inician

un proceso de desarrollo a bosques secundarios, y como es prohibido el cambio de uso de suelo, en el momento en que estas tierras adquieren un desarrollo más allá de tacional, se limita su uso de nuevo a actividades agrícolas o ganaderas, por lo que los bosques secundarios en etapas tempranas son perdidos a una mayor tasa.

## DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES



■ PINO ENCINO MORELOS  
FOTO: CONSUELO BONFIL

# MÉXICO

**Tania M. González y Consuelo Bonfil**

México posee una superficie aproximada de dos millones de kilómetros cuadrados, y es uno de los países más biodiversos. Sin embargo, enfrenta problemas ambientales como la sobreexplotación de sus recursos naturales, la fragmentación y pérdida de hábitat, la pérdida de biodiversidad, la extinción de especies y la degradación de suelos, entre otros. Aunque se ha reportado una disminución de la tasa de deforestación en los últimos

años, muchos de los bosques que permanecen presentan altos niveles de perturbación humana, debido al aumento en los incendios, al libre pastoreo de ganado en el bosque y a la extracción de leña, madera y otros productos forestales sin controles adecuados (Morales-Barquero *et al.*, 2014). Esto se traduce en cambios en la estructura y composición de los bosques templados y tropicales, así como en cambios en el funcionamiento de los

### IBERO REDD+

RED CYTED PARA EL MONITOREO DEL ESTADO DE LA CONSERVACIÓN  
Y RECUPERACIÓN DE BOSQUES HÚMEDOS Y SECOS EN LATINOAMÉRICA  
EN EL CONTEXTO DE LA DEFORESTACIÓN EVITADA

## DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES

ecosistemas, la afectación de la diversidad biológica y la reducción de los almacenes de carbono.

Aunque los disturbios de origen antropocéntrico son comunes, no existe hasta la fecha una definición y cuantificación fiable de la degradación. En los inventarios forestales solo se reporta la superficie de vegetación primaria y secundaria, y se hace referencia, por ejemplo, al cambio de vegetación arbórea a arbustiva como un indicador del grado deterioro de los bosques (CONAFOR, 2014). Actualmente, numerosas evidencias muestran la necesidad de monitorear la degradación forestal en el país, para lo cual es necesario contar con una definición formal de bosques y con una definición viable y operativa de degradación (Morales-Barquero *et al.* 2014), que enmarquen las acciones a realizar frente a ésta.

México ha adoptado los acuerdos y definiciones establecidos por la FAO en el marco del Protocolo de Kioto, pero también ha usado otras definiciones considerando su contexto forestal. De acuerdo con esto, según la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) los bosques son tierras que se extienden por más de 0.5 ha, con árboles de altura igual o mayor a 5 m (o capaces de alcanzar esta altura *in situ*) y con una cubierta de dosel superior al 10% (CONAFOR, 2010). El Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI (según el reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable LGDFS) define bosques como vegetación forestal, principalmente de zonas de clima templado, en la que predominan especies leñosas perennes que se desarrollan en forma espontánea, con una cobertura de copa mayor al 10% y que formen masas mayores a 1,500m<sup>2</sup>. Finalmente en un acuerdo entre el INEGI y la SEMARNAT para el Mecanismo de Desarrollo Limpio se define bosque como una superficie mínima de 1 ha, con cobertura de copa que excede 30% y con árboles que pueden alcanzar una altura mínima de 4m en su madurez *in situ* (CONAFOR, 2010).

Por otra parte, la degradación es definida por la SEMARNAT como la disminución de la capacidad presente o futura de los suelos, de la vegetación o

de los recursos hídricos (CONAFOR, 2010), mientras que otras definiciones (presentadas en la Ley de Cambio Climático y en las modificaciones a la LGDFS) se refieren a la reducción en la capacidad de brindar servicios ecosistémicos, que resultan más difíciles de medir (Morales-Barquero *et al.*, 2014).

México utiliza para su reportes de REDD+ la definición de bosque de la FAO y la definición de degradación de bosques de la CONAFOR “los cambios continuos en la situación actual o en el proceso de desarrollo de un ecosistema forestal, que producen la reducción de densidad, biomasa, calidad del arbolado e impactos negativos en las condiciones del suelo, sin implicar un cambio de uso del suelo o disminución de la superficie forestal afectada (Bonfil 2015). Para evaluar los procesos de degradación es importante contar con un ecosistema o sitio de referencia, además de explorar diversos enfoques para evaluar las tendencias de la degradación y sus causas. En México estas causas se relacionan principalmente al desarrollo agrícola y pecuario, a los incendios forestales y a la tala y extracción ilegal de recursos forestales (CONAFOR, 2014; Grupo Integral de Servicios Ecosistémicos Eyé Kawi A.C., 2014). El Grupo Integral de Servicios Ecosistémicos Eyé Kawi A.C. (2014) en el documento “Diagnóstico sobre determinantes de deforestación y degradación forestal en zonas prioritarias en el estado de Chihuahua” menciona que durante el periodo 2002-2007 los bosques templados sufrieron una degradación más intensa que las selvas y que en ambos casos la vegetación secundaria aumentó.

Aunque aún no existe una evaluación nacional detallada de los procesos de degradación, se estima que entre 2005 y 2010 la degradación afectó a una superficie de entre 250,000 y 300,000 ha año<sup>-1</sup> (CONAFOR, 2014; Bonfil, 2015). Para mitigar la degradación de los bosques, México reconoce la importancia de promover la conservación y el manejo forestal sustentable (CONAFOR, 2014), aunque es necesario profundizar en el análisis de las causas y dinámicas de la deforestación y la degradación, que hasta la fecha presenta debilidades (CMSS, 2013).

## DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES



■ BOSQUE DE PINO  
FOTO: VERÓNICA RUIZ GÓMEZ

# NICARAGUA

**Verónica Ruiz Gómez, Alejandrina Herrera & Robert Savé**

En Nicaragua, el concepto de degradación de bosque está asociado a deforestación. En sí, no existe un concepto específico en el marco de REDD. La degradación es un término que en la Estrategia Nacional de Deforestación y Degradación Forestal Evitada (ENDE-REDD+) y en el Inventario Nacional Forestal (INF), se vincula a procesos asociados a la deforestación. Por ello, el objetivo de la ENDE es reducir la tasa de deforestación y degradación forestal mejorando el valor económico de los bosques y de sus co-benefi-

cios (servicios ecosistémicos) en los ámbitos del Programa Nacional Forestal (PNF); biodiversidad y conservación de ganadería y agricultura sostenible y de REDD+.

Sin embargo, el concepto de degradación es presentado por diversos autores, los cuales lo asocian a pérdida de la diversidad biológica, al suelo, al bosque, entre otros elementos considerados. En la tabla 5 se presentan algunos conceptos sobre el término degradación forestal utilizados en el país.

## IBERO REDD+

RED CYTED PARA EL MONITOREO DEL ESTADO DE LA CONSERVACIÓN  
Y RECUPERACIÓN DE BOSQUES HÚMEDOS Y SECOS EN LATINOAMÉRICA  
EN EL CONTEXTO DE LA DEFORESTACIÓN EVITADA

## DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES

**Tabla 5.** Definiciones de degradación forestal

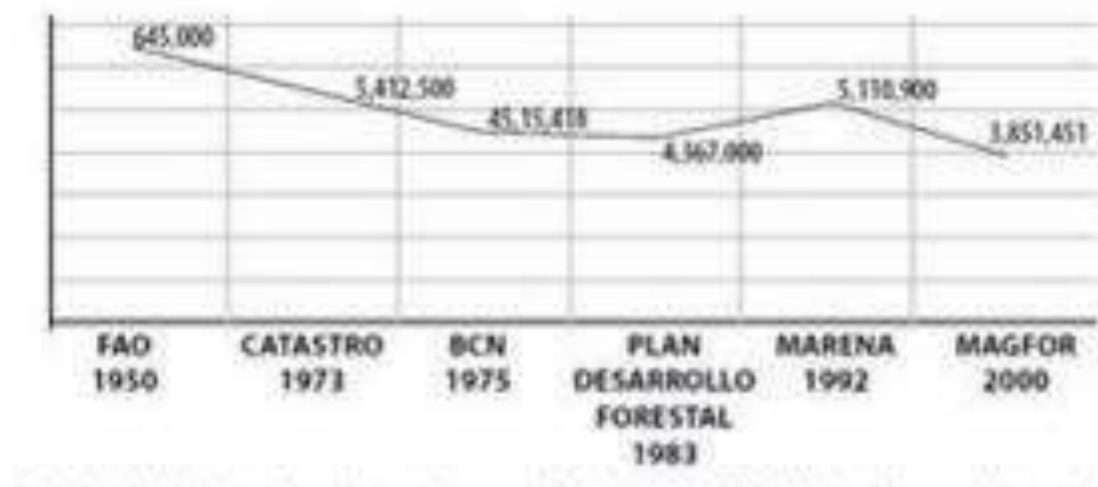
Organización	Definición
(Lipper, 2000)	Es una pérdida de un nivel deseado de mantenimiento en el tiempo de la diversidad biológica, la integridad biótica y los procesos ecológicos.
(IUFRO, 2000)	Daño a la estructura química, biológica y/o física de un suelo (degradación del suelo) y al bosque mismo (degradación de bosque), como resultado del uso u ordenación incorrectos y que, si no es mejorado, reducirá o destruirá la producción potencial de un ecosistema boscoso.
(FAO, 2001)	Cambios dentro del bosque que afectan negativamente la estructura o función del rodal o sitio y por lo tanto reducen la capacidad de proveer productos y/o servicios.
(Nasi, R. et al.2002)	Degradación de los bosques se entiende como los cambios significativos en la estructura, composición y funcionalidad de los bosques, los cuales disminuyen o destruyen la capacidad de ofrecer bienes y servicios.
(IPCC, 2003)	Una pérdida a largo plazo inducida por el hombre (que persista por x años o más) de al menos Y% de las reservas de carbono forestal desde la fecha T y que no se califica como deforestación o una actividad elegida conforme al artículo 3.4 del protocolo de kyoto.

### Cuantificación de la degradación forestal en Nicaragua

A nivel de país, los estudios reflejan la “cobertura boscosa”, medida en diferentes años a través de diferentes métodos. Sin embargo, dadas sus diferencias en metodologías, herramientas y precisión de las mismas, resulta difícil hacer valoraciones comparativas o más aún, inferir en una tendencia o patrón definido.

Sin embargo, en el año 2008 se realizó el Inventario Nacional Forestal de Nicaragua (INF) bajo la metodología de la FAO para inventarios forestales,

el cual representa un punto de partida para los cálculos de pérdidas de cobertura boscosa. En este inventario se realiza una revisión histórica sobre cuantificación de la pérdida de cobertura de bosques, tomando como punto de referencia el año 1950 hasta el 2000. Esta pérdida se cuantifica en 2, 598,549 ha con un promedio anual de deforestación de 51,970 ha por año. (INAFOR, 2009). Para este cálculo se hizo uso del análisis visual y digitalización de polígonos de imágenes de satélites Landsat TM 5. (Figura 6). A pesar de que Nicaragua presenta esta información histórica sobre pérdida de la cobertura boscosa, se tiene el sesgo de que son estimaciones globales o generales, dado que no existen estudios por tipos de bosque.



**Figura 6.** Tendencia histórica de cobertura boscosa de Nicaragua 1950-2000 medida por diferentes instancias gubernamentales y organismos.

## DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES

### Factores directos e indirectos que inciden en los procesos de degradación forestal

Los factores que inciden en la degradación forestal en Nicaragua, suelen estar asociados a las actividades históricas realizadas por los seres humanos principalmente. Entre éstas se mencionan: la extracción de madera y leña, las actividades agrícolas y pecuarias principalmente.

En la tabla 6, se presentan los principales factores directos e indirectos asociados a la degradación forestal en Nicaragua. La valoración de cada factor, se presenta en escalas de 1 a 10, siendo 1 poco importante y 10 muy importante como factor de cambio.

**Tabla 6.** Principales factores que inciden actualmente en los procesos de degradación de bosques

Categoría	Factores	Factor (1-10)
<b>Tala de madera</b>	Extracción selectiva Tala legal Tala ilegal Uso comercial Uso subsistencia	10
Fuegos no controlados	Todo tipo de fuegos	5
Pastoreo de ganado en bosques	Escalas grandes o pequeñas	7
Leña y carbón vegetal	Colecta de leña Producción de carbón vegetal Mercados domésticos Mercados locales	3
Productos forestales no maderables (PFNM)	Recogida de frutos, plantas medicinales, etc.	3
Factores históricos	Guerra, violencias, desastres naturales, conflictos de tenencia de tierra, ganadería extensiva.	7

### Biomasa y captura de carbono en los diferentes tipos de bosques de Nicaragua

Los resultados del Inventario Nacional Forestal obedecen a requerimientos de información nacionales e internacionales, que a su vez permitirán realizar comparaciones geográficas y temporales, a través de los mismos parámetros, criterios e indicadores. En el caso del INF 2007- 2008, se cubrió el 100

% de la superficie total del territorio nacional y se levantó la información de campo en 371 unidades de muestreo planificadas.

Se estimó, la superficie de bosque, más el área fuera de bosque que presenta árboles, como un reflejo síntesis de la cobertura arbórea del país. Este estudio indicó que Nicaragua cuenta con una superficie de tierras con cobertura de árboles de 7, 572,489 ha, que representan el 58.24% del territorio nacional. (Tabla 7).

**Tabla 7.** Superficie con presencia de árboles, en bosque y fuera del bosque. (INAFOR, 2008).

Tipo de superficie	Área (ha)	Porcentaje
Bosque Total	3,254,145	43
*Bosque natural	3,180,466	
*Plantaciones	73,679	
Áreas fuera de bosques (con árboles)	4,318,334	57
Tierras con árboles o arbustos naturales	2,219,217	
Otras tierras agroforestales	2,099,127	
Total	7,572,489	100

## DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES

La extensión del bosque se estima en 25.0 % del territorio nacional, lo que equivale a unas 3, 254,145 ha; de estas, el 98 % de la superficie (unas 3, 180,466 ha) es de bosque natural y sólo el 2 % corresponde a bosque de

plantaciones forestales (73,679 ha). En la tabla 8, se observa la repartición de la cobertura de bosque en el país: latifoliados, coníferas, mixtos y manglares.

**Tabla 8.** Superficie por tipos de bosque: natural y plantaciones

Tipo de superficie	Área (ha)	Porcentaje
B. Natural (total)	3,180,466	98
Latifoliados	2,760,018	87
Coníferas	374,739	12
Mixtos	16,789	0.5
Manglar	28,919	0.9
B. de plantaciones	73,679	2
Total de bosque	3,254,145	25

La biomasa de la vegetación arbórea representa un componente fundamental para evaluar el estado de los recursos forestales de una zona, región o país. La biomasa almacenada en los troncos, ramas, hojas y demás partes vegetales representa un almacén natural de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Su importancia radica en que es el principal gas de efecto invernadero (GEI) y el almacenamiento natural de este gas contribuye a disminuir las concentraciones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, fenómeno conocido como fijación o secuestro de carbono.

Los análisis de biomasa y carbono, realizados en el INF, son de vital importancia para que el país cuente con información técnica para evaluar su balance anual de emisiones y remociones de gases de efecto invernadero GEI, debido a los cambios de usos de la tierra.

Los resultados de biomasa y carbono pueden servir de línea base temática y como referencia para otros estudios en la región, o bien para estudios más locales (en municipios, cuencas y regiones), o estudios más específicos para un tipo de bosque y fuera del bosque.

En relación a la biomasa, se estimó que la biomasa total (Bt viva y muerta) fue de unas 430.68 millones de toneladas de materia seca. El 76 % de ésta correspondió a la Bt de los bosques y el 24% correspondió a la Bt de las áreas fuera de bosques.

La biomasa total aérea del suelo (considerada como la biomasa viva en pie o BAS), en las áreas con bosques se estimó en unas 296.21 millones de toneladas de materia seca lo que representa unas 139.22 millones de toneladas de carbono fijado o almacenado en los árboles con DAP ≥ 10 cm de los bosques naturales.

El valor de la biomasa aérea total, para los bosques de coníferas, es de unos 8.66 millones de toneladas, para los bosques mixtos, es de 0.38 millones de toneladas y para el bosque de manglar es de casi un millón de toneladas

La biomasa total de la madera muerta en los bosques naturales y plantados se estimó en unas 30.60 millones de toneladas con valores de 9.40 t/ha, mientras el valor de carbono estimado de biomasa de materia muerta BMM, corresponde a unas 14.38 millones toneladas de carbono. El 98.8 % del total de la BMM corresponde a los bosques latifoliados.

Por otra parte, se encontraron más de 22 millones de toneladas de biomasa seca y casi 11 millones de toneladas de carbono en los bosques naturales. Producto del huracán Félix que azotó la costa caribe del país en el año 2007, se estiman casi 22 millones de toneladas de biomasa seca (BAS) y un poco más de 10 millones de carbono fijado en la madera caída producto.

De acuerdo a este inventario, Nicaragua tiene el potencial de transformar 1, 907,643 ha (14.6% del territorio nacional) para tener bosque secundario en un corto plazo, mediante una política que incentive el manejo adecuado de

## DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES

tacotales a un bajo costo. En “otras tierras con árboles y arbustos naturales”, se estimó una superficie de 2, 219,217 ha, con una mayor proporción en áreas de tacotal (1, 907,643 ha) y arbustos (unas 187,668 ha).

### El concepto de degradación y los servicios ecosistémicos del bosque

La degradación forestal es entendida y se asocia a nivel de país, con la deforestación. A continuación, se plantean algunos conceptos de degradación, entendida esta como algo que va más allá de la deforestación y el cambio de uso del suelo. Se concibe con parte de un proceso a largo plazo

- La degradación forestal, entendida como la pérdida de calidad de un sitio cuando se extrae la cobertura forestal, aunque su uso potencial siga siendo forestal. Los servicios ecosistémicos: abióticos (agua, temperatura, nutrientes) y bióticos (planta, animales, hongos, micro y macro biota).
- La degradación forestal está concebida como pérdida total de la cobertura forestal en la superficie del suelo. Las funciones ecosistémicas del bosque: fijación de carbono, protección del suelo, protección del manto acuífero y hábitat de las especies, vinculadas a las tres funciones del bosque: protectora, reguladora, productora.

## DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES

# PARAGUAY

**Larissa Rejalaga**

## Definición de degradación de bosque en el marco de REDD+ en Paraguay

En el marco de la iniciativa REDD+ en Paraguay no existe una definición de degradación a escala nacional, pero para los trabajos de investigación realizados entre el Instituto de Investigación Forestal y Productos Forestales del Japón (FFPRI) y Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencia Agrarias Carrera de Ingeniería Forestal UNA FCA CIF, (2011), se ha propuesto una definición de Degradación Forestal: "La degradación forestal indica la variación en la estructura de cambios que afecten el funcionamiento del bosque, que a su vez reduzcan la capacidad de suministro de productos forestales y servicios ecológicos". Desde el punto de vista de otorgar incentivos contra la reducción de la emisión, se podría pensar como la reducción del volumen de almacenamiento de carbono en el bosque. Sin embargo, el volumen acumulado de carbono de los bosques puede variar, con las

perturbaciones naturales que se producen de forma periódica, así como con la cosecha periódica de un bosque manejado (Hirata *et al.*, 2012).

## Metodología utilizada para el cálculo del estado de degradación de los bosques en Paraguay.

En Paraguay se ha cuantificado el estado de degradación de los bosques a nivel país, para lo cual se ha dividido al país en tres grandes ecorregiones: Bosque Atlántico Alto Paraná, Chaco Húmedo y Chaco Seco, para lo cual se propuso grados de degradación en base a los datos levantados en terreno (Figura 7) y se relacionaron con el análisis a través de técnicas de sensores remotos. Las imágenes satelitales que se utilizaron fueron de los años 2009 al 2011 y las salidas de campo para la toma de datos de verdad de terreno (Ground Truth) en los años 2011, 2013, 2014 y 2015 totalizándose la toma de 204 puntos para todo el país.

**Figura 7.** Clasificación Basada en objeto



**IBERO REDD+**

RED CYTED PARA EL MONITOREO DEL ESTADO DE LA CONSERVACIÓN  
Y RECUPERACIÓN DE BOSQUES HÚMEDOS Y SECOS EN LATINOAMÉRICA  
EN EL CONTEXTO DE LA DEFORESTACIÓN EVITADA

## DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES



■ EJEMPLOS DE LAS COBERTURAS DE COPA PARA LOS BOSQUES DE LAS ECORREGIONES PARA DETERMINAR EL ESTADO DE DEGRADACIÓN: A. BAAPA B. CHACO HÚMEDO C. CHACO SECO.

### Descripción de la metodología por sensores remotos

Esta metodología consiste en una serie de procesos y análisis que van desde la selección de los datos apropiados hasta la obtención de los resultados.

Tipos de datos y programas utilizados: Los sensores más comunes utilizados para este tipo de análisis son los ópticos. Para el análisis de degradación se deben tener en cuenta ciertos criterios como son la resolución espacial, espectral y temporal. Las imágenes satelitales utilizadas fueron las imágenes ALOS AVNIR II, mosaico de imágenes 2009-2010 y 2011, con una resolución espacial de 10 metros.

El programa utilizado fue el *E Cognition*, con el cual se realizó la clasificación basada en objeto, esta metodología facilita la clasificación de píxeles calculando un promedio de los valores del píxel. Una ventaja de este tipo de clasificación es que el proceso de segmentación no genera patrones de "sal y pimienta". La clasificación basada en objetos se utiliza no solo en imágenes de alta resolución sino también en imágenes de mediana resolución, y ha sido utilizada en el Estudio Mundial de Teledetección de la Evaluación de los recursos Forestales Mundiales 2010 (FRA 2010). Esta metodología se basa en valores ponderados los cuales se obtienen con pruebas de error y ensayo hasta determinar el valor óptimo de los parámetros. Estos valores de los parámetros deben ser determinados tomando en consideración el

promedio del tamaño del parche de área objetivo y la unidad mínima de mapeo (Bishop CM, 2006 Hirata *et al.*, 2012).

### Descripción de la metodología verdad de terreno (GT)

Se llama GT a los datos de campo en cobertura del suelo, tipos de bosque y biomasa forestal tomados con el propósito de asistir al análisis de los datos de los sensores remotos. Estos datos pueden ser usados como datos de entrenamiento en el proceso de clasificación o como datos de verificación para evaluar resultados de la clasificación (Hirata *et al.*, 2012). Los equipos para los trabajos de terreno fueron: Vertex, Ludde, Cinta Diamétrica, GPS, Planillas de Campo (Figura 8). Esta metodología se realiza a través de un inventario rápido circular en el cual se selecciona un punto estático (se hace un giro de 360° del observador) y a partir de ahí con el Ludde se va observando que árboles son los que caen dentro de los parámetros establecidos, estos árboles son medidos en Diámetro a la Altura del Pecho DAP (cm) con cinta diamétrica y se realiza la medición de altura total Ht. Se toma un punto de referencia con GPS con la media para disminuir el error. En la Planilla de campo se completa el porcentaje de cobertura de manera visual en un rango que va de 0-20 %, 20-40%, 40-60% y de 60-80% y de 80-100%. Se toman además datos de perturbación y rasgos que faciliten la identificación de las áreas visitadas.

## DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES



**Figura 8.** Estimación del porcentaje de Cobertura de Copa

Los principales factores que fueron registrados en las tres ecorregiones que inciden en los procesos de degradación son la extracción selectiva, uso comercial, incendios forestales, pastoreo bajo monte, son los más importantes.

**Tabla 9.** Principales causas de la degradación de bosques en Paraguay

Categoría		Factor (1-10)
Tala de Madera	Extracción selectiva	10
	Tala legal	6
	Tala ilegal	10
	Uso comercial	8
	Uso subsistencia	10
Fuegos no controlados	Todo tipo de fuegos	10
Pastoreo de ganado en bosques	Escalas grandes o pequeñas	10
Leña y carbón vegetal	Colecta de leña	8
	Producción de carbón vegetal	8
	Mercados domésticos	8
	Mercados locales	8
Productos forestales no maderables (PFNM)	Recogida de frutos, plantas medicinales, etc.	7
Otros	Especies introducidas, daños por tráfico de vehículos, polución, contaminación	9

## DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES

### Cambio de uso de la tierra en la ecorregión BAAPA

Se ha obtenido que en el BAAPA se ha registrado cambios de uso de la Tierra de Bosques a otros usos entre el año 2000-2005-2011, viéndose una

reducción de esta pérdida entre los años 2005-2011, esto puede deberse a que rige en la Región Oriental del Paraguay la Ley de Deforestación 0, la cual regula el cambio de uso de la Tierra Forestal a otros usos.,

**Tabla 10.** Cambio de Uso de la Tierra 200-2005 y 23005-2011 en la Ecorregión del BAAPA

Tierras Forestales 2000 (ha)	Tierras Forestales 2005 (ha)	Cambio en cober- tura 2000 – 2005 (ha)	Tierras Forestales 2005 (ha)	Tierras Forestales 2011 (ha)	Cambio en cober- tura 2005 – 2011(ha)
2.483.501,28	1.998.070,01	485.431,27	1.998.070,01	1.709.545,72	288.524,29

FUENTE: WWF, 2012

En el Mapa se puede observar que en la Ecorregión del BAAPA, existe diferencia del contenido de C según el estado de degradación de los bosques. Se estimó que la cantidad de C almacenado en áreas más degradadas esta

entre 22.2-30.5 t C/ha, y las áreas más conservadas tienen mayor cantidad de C almacenado por hectárea 164.4-189, 8 t C/ha.



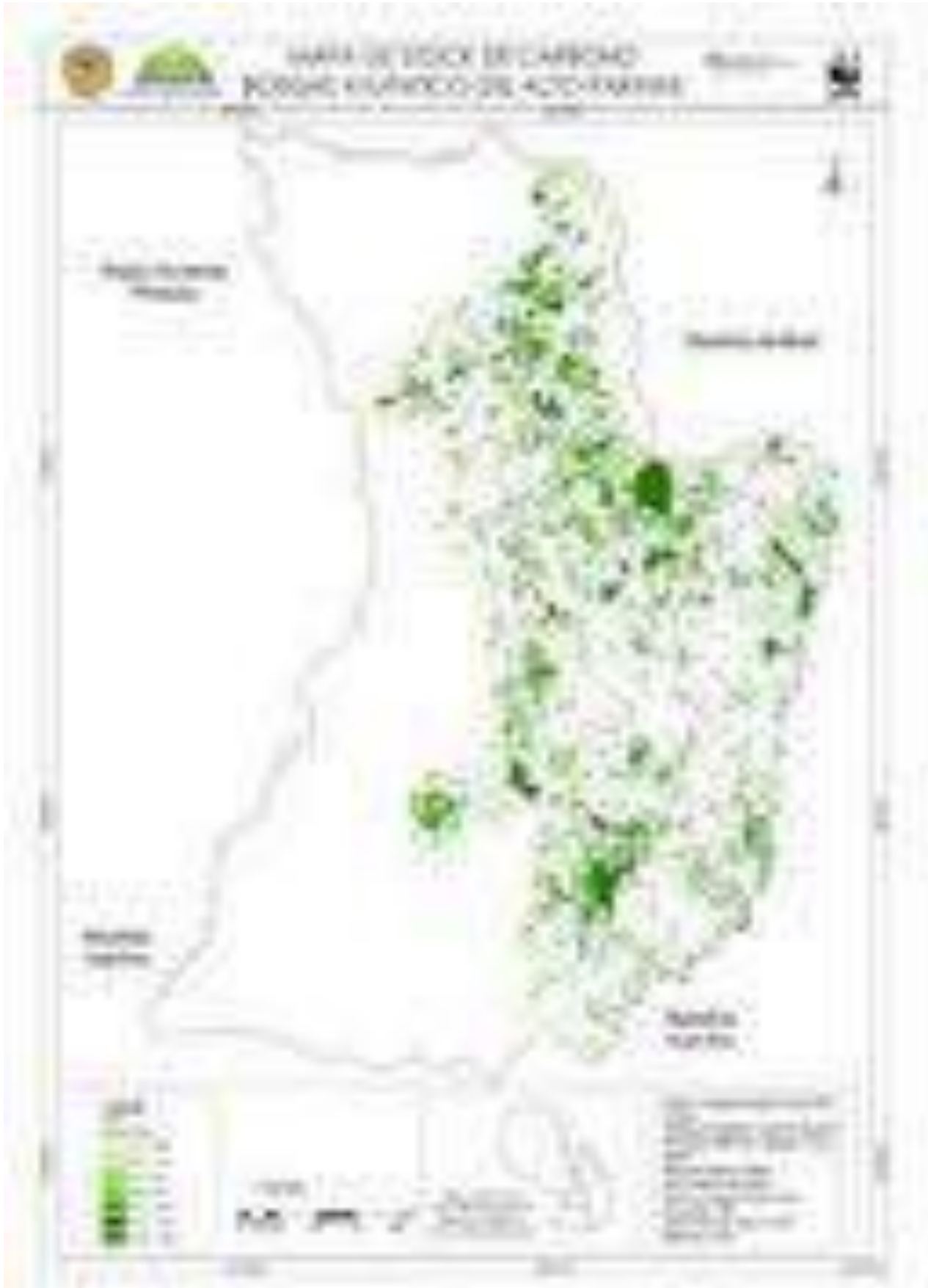
FOTO: DOLORS ARMENTERAS

**IBERO REDD+**

RED CYTED PARA EL MONITOREO DEL ESTADO DE LA CONSERVACIÓN  
Y RECUPERACIÓN DE BOSQUES HÚMEDOS Y SECOS EN LATINOAMÉRICA  
EN EL CONTEXTO DE LA DEFORESTACIÓN EVITADA

## DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES



**Figura 9.** Mapa de contenido de C en los Bosques Nativos del BAAPA según su estado de conservación / Degradación.

**IBERO REDD+**

RED CYTED PARA EL MONITOREO DEL ESTADO DE LA CONSERVACIÓN  
Y RECUPERACIÓN DE BOSQUES HÚMEDOS Y SECOS EN LATINOAMÉRICA  
EN EL CONTEXTO DE LA DEFORESTACIÓN EVITADA

## DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES

# BOLIVIA

**Tania M. González**

La definición de bosque empleada en Bolivia abarca áreas mínimas entre 0,05 y 1 Ha, con cobertura de copas del 30% mínimo y una altura mínima de los árboles a la madurez de 2 a 5 metros (Fundación Amigos de la Naturaleza, 2015). Respecto a la definición de degradación de bosques, es considerada la definición genérica que consiste en la reducción de la capacidad de un bosque de proveer bienes y servicios, sin embargo, se considera que un bosque está degradado cuando cuenta con menos del 30% al 75% de densidad de dosel forestal, aunque en realidad se trata de un gradiente (Fundación Amigos de la Naturaleza, 2015).

Aproximadamente la mitad de la superficie de Bolivia está ocupada por bosques tropicales, de los cuales cerca del 80 % se encuentra en las tierras bajas y el 20 % en la vertiente oriental de la cordillera de los Andes. Este país pierde una importante cantidad de bosques cada año, con las mayores tasas de deforestación en las tierras bajas, mientras que se ha reportado que la degradación ocurre de manera más severa en los bosques andinos (Müller *et al.* 2014).

En Bolivia existe poca información sobre la degradación de los bosques en las tierras bajas, en gran parte debido a las dificultades técnicas para una evaluación por teledetección de los cambios que ocurren debajo del dosel del bosque. También hace falta una definición consensuada de degradación de los bosques. Sin embargo, Müller *et al.* (2014) en el documento "El contexto de la deforestación y degradación de los bosques en Bolivia, Causas, actores e instituciones" entienden la degradación como una pérdida permanente de biomasa en el bosque sin que este deje de ser un bosque. En este estudio la degradación de los bosques en Bolivia está asociada a cuatro causas directas (Müller *et al.* 2014):

- [1] los incendios forestales: afectación de los bosques por el uso del fuego como herramienta agrícola para habilitar tierras para el cultivo y a la falta de planificación en las quemas;
- [2] la extracción selectiva de madera (legal e ilegal): causado por una demanda nacional e internacional de madera. Estas actividades tienen como efecto indirecto el aumento del riesgo de incendios forestales debido a la acumulación de combustible en el sotobosque;

[3] el pastoreo: en términos de la ganadería extensiva afecta la regeneración natural del sotobosque y compacta los suelos, y

[4] la extracción de leña: para uso energético y debido al limitado acceso a otro tipo de combustibles alternativos

Las causas subyacentes de la degradación de los bosques en Bolivia se deben a factores demográficos, económicos y político-institucionales, entre otros, que interactúan de forma compleja (Müller *et al.* 2014).

Como indicadores de la degradación de bosques, en Bolivia se consideran los siguientes: Reducción de la biodiversidad, ocupación/dominancia de especies, invasoras/introducidas, erosión, producción/valor de la madera, contenido de Biomasa, fragmentación de Hábitats, bosque/cobertura de copas (Fundación Amigos de la Naturaleza).

Como medidas para enfrentar las causas de degradación de los bosques en Bolivia, se propone adoptar un marco de políticas que responda a las diferentes situaciones en los procesos de conversión de bosques a otros usos. Entre estas medidas están la conservación y el uso sostenible de las áreas poco amenazadas, controlar la expansión agrícola, elaborar planes de uso del suelo, en los mosaicos agrícolas y forestales realizar actividades de restauración y realizar producciones sostenibles y ecológicamente amigables con el ambiente (Müller *et al.* 2014).

Específicamente para la mitigación de la degradación de los bosques en Bolivia es necesaria la regulación de los incendios forestales, por medio de la planificación agropecuaria. Adicionalmente un control forestal más estricto en términos de control de la legalidad en el aprovechamiento de la madera, apoyo al uso de combustibles alternativos para cocinar, apoyar los usos sostenibles del bosque, planificar el uso del suelo y priorizar las áreas geográficas de intervención, entre otros (Müller *et al.* 2014).

Además de considerar los cambios estacionales y los tipos de bosque, debido a que la degradación, como se ha mencionado anteriormente en este documento, es un estado y un proceso dinámico, que debe ser orientado según las características locales (Fundación Amigos de la Naturaleza).

## DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES



■ TAMINANGO, NARIÑO.  
FOTO: FRANCISCO LUQUE

# CONCLUSIONES

**Josep Maria Espelta, Dolors Armenteras, Tania M. González, Javier Retana**

La deforestación y la degradación de los bosques son unas de las principales causas de pérdida de biodiversidad e incremento de gases de efecto invernadero. Sin embargo, mientras que diversos estudios muestran como en los últimos años las tasas de deforestación han disminuido en diversos países, la degradación de los bosques ha continuado aumentando.

Es importante señalar que deforestación y degradación son estados, procesos y conceptos diferentes. Así, mientras que el primero puede definirse como la pérdida de cobertura boscosa o de áreas con vocación forestal, la degradación implica la disminución de la capacidad del bosque de proveer servicios ecosistémicos provocando afectaciones a nivel social, cultural y

**IBERO REDD+**

RED CYTED PARA EL MONITOREO DEL ESTADO DE LA CONSERVACIÓN  
Y RECUPERACIÓN DE BOSQUES HÚMEDOS Y SECOS EN LATINOAMÉRICA  
EN EL CONTEXTO DE LA DEFORESTACIÓN EVITADA

## DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES



■ LAGUNA DE LA COCHA - COLOMBIA  
FRANCISCO LUQUE

ecológico, sin que necesariamente se produzca un descenso en la cobertura arbórea. Pese a tratarse de conceptos diferentes, existe una fuerte relación entre ambos, de manera que la degradación suele ser en muchos casos un precursor de deforestación. No obstante, hay que reseñar que en la actualidad no existe todavía una definición consensuada de que se entiende por degradación de bosques. Desde la perspectiva de la UNFCCC para REDD+, la degradación forestal se refiere a una pérdida de las reservas de carbono dentro de áreas boscosas que permanecen boscosas, considerándose un impacto negativo de origen antrópico que puede llegar a afectar los procesos ecológicos de los ecosistemas.

Por lo general, la literatura científica revisada indica que la degradación en bosques tropicales ocurre principalmente a través de la tala selectiva, los

incendios forestales y los efectos de borde en relación con la fragmentación del bosque, produciendo cambios duraderos en la composición, estructura y funcionamiento de éstos. Así, algunos estudios consideran que la degradación de bosques puede comportar un nivel similar de emisiones de gases de efecto invernadero similar al producido en la deforestación, si bien todavía existe una alta limitación de datos por lo que es importante avanzar en compilar la información existente que aporte conocimiento sobre este proceso. En este sentido, los programas de monitoreo de la degradación deben considerar el riesgo de incendio en términos del clima, la topografía, la estructura del bosque, el material combustible, los factores socioeconómicos, el régimen de incendios en la región, las emisiones de carbono y gases asociados y, los impactos ambientales.

### IBERO REDD+

RED CYTED PARA EL MONITOREO DEL ESTADO DE LA CONSERVACIÓN  
Y RECUPERACIÓN DE BOSQUES HÚMEDOS Y SECOS EN LATINOAMÉRICA  
EN EL CONTEXTO DE LA DEFORESTACIÓN EVITADA

## DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES

Medir la degradación de los bosques es más complejo que medir la deforestación, puesto que la degradación puede ocurrir sin que sea perceptible o sin que se pierda la cobertura de manera visible, haciendo que sea más difícil de observar por teledetección o trabajo de campo. Asimismo, el cálculo de la degradación se dificulta debido a que es complejo determinar el estado inicial de referencia y los criterios de salud ecológica de un ecosistema en cuestión. Es importante entonces que antes de medir la degradación se establezca un tiempo o línea base, tanto de referencia temporal como de punto estado de partida. En el contexto de implementación de REDD+ la medida de degradación puede basarse en dos componentes: datos de actividad para evaluar los cambios en el área de bosque en el tiempo, y factores de emisión, para evaluar los cambios en promedio de las reservas de carbono por unidad de área en el tiempo (cambios en las reservas de carbono en Mg C/ha). En el contexto de implementación de REDD+ se han planteado diferentes estrategias para medir la degradación forestal con sensores remotos que incluyen metodologías directas, indirectas y basadas en el monitoreo de emisiones de carbono. Estas medidas generalmente de tipo satelital, es recomendable complementarlas con medidas sobre el terreno basadas en inventarios forestales, datos de estudios de campos específicos, parcelas permanentes en bosque e incluso datos forestales comerciales u otros “proxy” obtenidos de los mercados nacionales. Determinar diferentes grados de degradación puede ser complejo debido a la naturaleza del proceso y dependerá tanto del estado inicial, como de las medidas para cuantificarlo y los umbrales que se definan. Para determinar grados de degradación se requiere de la especificación de valores de umbral para establecer los límites entre bosque no degradado y bosque degradado y bosque degradado y superficie deforestada.

Pese a la falta de consenso en el término y la ausencia de datos completos, algunos estudios indican que entre el 30 y el 40% del área forestal en los trópicos puede estar degradada. Basándose en estimaciones de biomasa aérea y su variabilidad, y asumiendo que los valores más altos de esta para un determinado tipo de bosque son representativos de las condiciones más prístinas o intactas de este, en este documento se ha realizado una primera exploración del estado de degradación para los grandes biomas boscosos de América Latina (Capítulo 4). Estos resultados indicarían que Haití, Belice, México y Chile son los cuatro países con mayor % de sus bosques en estados avanzados de degradación, mientras que Costa Rica, Surinam y Guyana serían los países con mayor porcentaje de sus bosques por tipo de bioma mejor conservados. Ciertamente esta es una primera y prometedora exploración, que esperamos pueda ser complementada en breve. No obstante, en el caso de aquellos países que pertenecen a nuestra red IBERO\_REDD+ y otros para los que ha sido posible obtener información, se indica en los diferentes capítulos con reportes y énfasis nacional de este documento. Pese a la disparidad de estados de conocimiento y datos disponibles, todos estos estudios de caso ponen de manifiesto la necesidad de avanzar en el estudio de los motores y efectos de la degradación forestal en la región. Ciertamente, los bosques latino americanos albergan una parte importante de la biodiversidad mundial y son un componente fundamental del sistema climático, haciendo que la reducción de la deforestación y la degradación sean unas de las acciones en las que hay que aunar esfuerzos, con el fin de contribuir a la mitigación del cambio climático global. Además, la restauración de los bosques tropicales degradados tiene un enorme potencial para la mitigación del cambio climático global mediante la mejora de las reservas de carbono.

## DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES

# BIBLIOGRAFÍA

- Agresta *et al.* Memoria: Estimación de la Degradación. Generating a Consistent Time Series of Activity Data from Land Use Change for the Development of Costa Rica's REDD plus Reference Level.
- Angelsen A, Brown S, Loisel C, Peskett L (2009) Reducción de Emisiones de la deforestación y la degradación de bosques (REDD): Reporte de Evaluación de Opciones. Meridian Institute
- Armenteras D, González TM, Retana J (2013) Forest fragmentation and edge influence on fire occurrence and intensity under different management types in Amazon forests. *Biol Conserv* 159:73–79. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2012.10.026>
- Armenteras, D., González, T.M., Luque-Moreno, F., Rodríguez, N., Argotty, F., Bonfil, C., Espinosa, C.I., Luis Machín, J.A., Rejalaga Noguera, L., Ruiz Gómez, V., Gusmán, E., Herrera, A., Funes, I., Savé, R., Jara, A., Ramón, P., Retana, J., Espelta, J.M. (2015) IBERO REDD+. Red CYTED para el monitoreo del estado de la conservación y recuperación de bosques húmedos y secos en Latinoamérica en el contexto de la deforestación evitada. Síntesis de avances en la implementación de REDD+ en los países participantes de la Red IBERO REDD+ en América Latina. Publicado por Cyted+. 52 p.
- Asner GP, Keller M, Pereira R Jr, Zweede JC. (2002). Remote sensing of selective logging in Amazonia assessing limitations based on detailed field observations, Landsat ETM+, and textural analysis. *Remote Sensing of Environment* 80(3):483-496.
- Asner GP, Knapp DE, Broadbent EN, *et al* (2005) Selective logging in the Brazilian Amazon. *Science* (80- ) 310:480–482.
- Asner GP, Knapp DE, Balaji A, Páez-Acosta G. (2009) Automated mapping of tropical deforestation and forest degradation: CLASlite. *Journal of Applied Remote Sensing* 3(033543):1-24. Disponible en línea: [http://claslite.ciw.edu./static/themes/claslite/documents/es/asner\\_etal\\_JARS\\_CLASlite\\_2009.pdf](http://claslite.ciw.edu./static/themes/claslite/documents/es/asner_etal_JARS_CLASlite_2009.pdf).
- Betts R., Sanderson M., Woodward S. (2008) Effects of large-scale Amazon forest degradation on climate and air quality through fluxes of carbon dioxide, water, energy, mineral dust and isoprene. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 2008 May 27; 363(1498): 1873–1880. doi: 10.1098/rstb.2007.0027
- Bishop, CM (2006). *Pattern Recognition and Machine Learning*. Springer
- Blaser J, Sarre A, Poore D, Johnson S (2011) Status of tropical forest management 2011. ITTO Technical Series No. 38.
- Broadbent E, Asner G, Keller M, *et al* (2008) Forest fragmentation and edge effects from deforestation and selective logging in the Brazilian Amazon. *Biol Conserv* 141:1745–1757. doi: 10.1016/j.biocon.2008.04.024
- Budiharta S, Meijaard E, Erskine PD, *et al* (2014) Restoring degraded tropical forests for carbon and biodiversity. *Environ Res Lett*. doi: 10.1088/1748-9326/9/11/114020
- Burivalova Z, Şekercioğlu ÇH, Koh LP (2014) Thresholds of Logging Intensity to Maintain Tropical Forest Biodiversity. *Curr Biol* 24:1893–1898. doi: 10.1016/j.cub.2014.06.065
- Bustamante M. M.C., Roitman I., Aide T. M., Alencar A., Anderson L., Aragão L., Asner G. P., Barlow J., Berenguer E., Chambers J., Costa M. H., Fanin T., Ferreira L. G., Ferreira J. N., Keller M., Magnusson W. E., Morales L., Morton D., Ometto J. P.H.B., Palace M., Peres C., Silvério D., Trumbore S. and Vieira I. C.G. (2015) Towards an integrated monitoring framework to assess the effects of tropical forest degradation and recovery on carbon stocks and biodiversity. *Glob Change Biol*. Accepted Author Manuscript. doi:10.1111/gcb.13087
- Comisión Nacional Forestal - CONAFOR (2010) Visión de México sobre REDD+. Hacia una estrategia nacional. Jalisco, México. [www.conafor.gob.mx/portal](http://www.conafor.gob.mx/portal)
- Comisión Nacional Forestal - CONAFOR (2014) Estrategia Nacional Para REDD+ (ENAREDD+). [www.enaredd.gob.mx](http://www.enaredd.gob.mx)
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) 2014. Inventario forestal y de suelos Morelos 2013.
- Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible (CCMSS). 2013. Estrategia Nacional REDD+ en México: pendientes por resolver. Nota informativa 35. <http://www.ccmss.org.mx/documentacion/860-nota-info-35-estrategia-nacional-redd-en-mexico-pendientes-por-resolver>
- Devi U, Behera N. (2003). Assessment of plant diversity in response to forest degradation in a tropical dry deciduous forest of Eastern Ghats in Orissa. *Journal of Tropical Forest Science* 15(1):147-163.
- FAO (2010) Global Forest Resources Assessment 2010. Terms and Definitions. Working paper 144/E. Rome, 2010. <http://www.fao.org/docrep/014/am665e/am665e00.pdf>
- FAO (2001) Global Forest Resources Assessment 2000. Main report. FAO Forestry Paper 140. ISSN 0258-6150. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/003/Y1997E/FRA%202000%20Main%20report.pdf>
- FAO (2002b) Proceedings: Second Expert Meeting on Harmonizing Forest-related Definitions for Use by Various Stakeholders. Rome, 11-13 September 2002, WMO/IPCC/CIFOR/FAO/IUFRO/UNEP. Rome. <http://www.fao.org/docrep/005/y4171e/Y4171E10.htm#TopOfPage>
- Foley J.A., Asner GP, Costa M.H., Coe M.T., DeFries R., Gibbs H.K., Howard E.A., Olson S., Patz J., Ramankutty N., Snyder P. (2007) Amazonia revealed: forest degradation and loss of ecosystem goods and services in the Amazon Basin. *Frontiers*

## DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES

- in Ecology and the Environment 5: 25–32. [http://dx.doi.org/10.1890/1540-9295\(2007\)5\[25:ARFDAL\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1890/1540-9295(2007)5[25:ARFDAL]2.0.CO;2)
- FRA. 2010. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010: Informe principal. ISBN 978-92-5-306654-4
- Fundación Amigos de la Naturaleza, Rodríguez A. (2015) Experiencias en Bolivia sobre degradación forestal. Taller de Monitoreo de Procesos de Degradación en el Bosque Nativo utilizando Técnicas de Teledetección. Buenos Aires, Abril 14, 2015. [http://www.ambiente.gob.ar/archivos/web/UMSEF/file/REDD/apoyoesp\\_fao/taller\\_degrad/metod2\\_rodriguezmontellano\\_bolivia\\_tallermondegrad\\_abr2015.pdf](http://www.ambiente.gob.ar/archivos/web/UMSEF/file/REDD/apoyoesp_fao/taller_degrad/metod2_rodriguezmontellano_bolivia_tallermondegrad_abr2015.pdf)
- Galindo G., Cabrera E., Vargas D. M., García, M.C., Ordoñez, M.F. (2011a) Metodologías de Procesamiento Digital de Imágenes para la Cuantificación de la Degradación de Bosques, Versión 1.0. Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales-IDEAM-. Bogotá D.C., Colombia.
- Galindo G, Cabrera E, Vargas DM, Yepes AP, Phillips JF, Navarrete DA, Duque AJ, García MC, Ordoñez MF. (2011b) Recomendaciones para el uso de metodologías de procesamiento digital de imágenes en la Cuantificación de la Degradación de bosques. Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales (IDEAM). Bogotá D.C., Colombia.
- Galindo G, Espejo OJ, Rubiano JC, Vergara LK, Cabrera E. (2014). Protocolo de procesamiento digital de imágenes para la cuantificación de la deforestación en Colombia v.2. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Bogotá D.C., Colombia. 52 pp. Disponible en línea: [https://unfcc.int/files/land\\_use\\_and\\_climate\\_change/redd/application/pdf/anexo\\_a\\_protocolo\\_procesamiento\\_digital.pdf](https://unfcc.int/files/land_use_and_climate_change/redd/application/pdf/anexo_a_protocolo_procesamiento_digital.pdf).
- GOFC-GOLD (Global Observation of Forest and Land Dynamics). (2014). A sourcebook of methods and procedures for monitoring and reporting anthropogenic greenhouse gas emissions and removals associated with deforestation, gains and losses of carbon stocks in forests remaining forests, and forestation. GOFC-GOLD Report version COP19-2. Land Cover Project Office, Wageningen University, The Netherlands. Disponible en línea: <http://www.gofcgold.wur.nl/redd/>.
- González Romero N. ONF ANDINA. (2013) La lucha contra la Deforestación y la Degradación de los bosques. Tercera Mesa Internacional de Expertos en mecanismos con base en recursos forestales para la compensación de emisiones de GEI. CONAF –Programa REDD –CCAD / GIZ. Concepción, Chile. 15 al 17 de Abril de 2013.
- Grecchi RC, Beuchle R, Shimabukuro YE, Achard F. (2015). A multidisciplinary approach for assessing forest degradation in the Brazilian Amazon. International Geoscience & Remote Sensing Symposium - Symposium Proceedings (IGRASS) 1941-1944.
- Grupo Integral de Servicios Ecosistémicos Eyé Kawí A.C. (2014) Diagnóstico sobre determinantes de deforestación y degradación forestal en zonas prioritarias en el estado de chihuahua. Alianza México para la reducción de emisiones por deforestación y degradación. Enero, 2014.
- Haddad NM, Brudvig LA, Clobert J, Davies KF, Gonzalez A, Holt RD, Lovejoy TE, Sexton JO, Austin MP, Collins CD, Cook WD, Damschen EI, Ewers RM, Foster BL, Jenkins CN, King AJ, Laurance WF, Levey DJ, Margules CR, Melbourne BA, Nicholls AO, Orrock JL, Song D-X, Townshend JR . (2015). Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. Science Advances 1(2):1-9.
- Herold M, Hirata Y, Laake P Van, *et al* (2011) A Review of Methods to Measure and Monitor Historical Forest Degradation. Victoria 62:1–31.
- Harrison RD. (2011). Emptying the forest: hunting and the extirpation of wildlife from tropical nature reserves. BioScience 61(11):919-924.
- Herold M, Román-Cuesta R.M., Mollicone D, Hirata Y, Van Laake P, Asner G.P., Souza C, Skutsch M, Avitabile V, MacDicken K. (2011) Options for monitoring and estimating historical carbon emissions from forest degradation in the context of REDD+. Carbon Balance and Management, December 2011, 6:13. doi 10.1186/1750-0680-6-13
- Hirata, Y., Takao, G., Sato, T., & Toriyama, J. (2012). Libro de recetas de la REDD-plus. Centro de Investigación y Desarrollo REDD, Instituto de Investigación en Forestería y Productos Forestales, Japón, 156pp. ISBN 978-4-905304-15-9.
- Hirschmugl M, Steinegger M, Gallaun H, Schardt M. (2014). Mapping forest degradation due to selective logging by means of time series analysis: case studies in Central Africa. Remote Sensing 6(1):756-775. doi:10.3390/rs6010756. Disponible en línea: <http://www.mdpi.com/2072-4292/6/1/756>.
- IDEAM; Galindo G (2015) Avances en la construcción de una metodología para el monitoreo de la degradación forestal en Colombia. Taller de Monitoreo de Procesos de Degradación en el Bosque Nativo utilizando Técnicas de Teledetección. Buenos Aires, Abril 14, 2015. [http://www.ambiente.gob.ar/archivos/web/UMSEF/file/REDD/apoyoesp\\_fao/taller\\_degrad/metod3\\_galindo\\_colombia\\_tallermondegrad\\_abr2015.pdf](http://www.ambiente.gob.ar/archivos/web/UMSEF/file/REDD/apoyoesp_fao/taller_degrad/metod3_galindo_colombia_tallermondegrad_abr2015.pdf)
- INAFOR (2009) Resultados del Inventario Nacional Forestal: Nicaragua 2007-2008/ INAFOR. Managua, Nicaragua. ISBN 978-99924-0-846-9. 232p.
- INPE (National Institute for Space Research). (2008). Monitoramento da cobertura florestal da Amazônia por Satélites. Sistemas PRODES, DETER, DEGRAD e QUEIMADAS 2007-2008. São José dos Campos, Brazil.
- IPCC (2003a) Definitions and Methodological Options to Inventory Emissions from Direct Human-induced Degradation of Forests and Devegetation of Other Vegetation Types. Penman, J., Gytarsky, M., Krug, T., Kruger, D., Pipatti, R., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K. and Wagner, F. (eds.), IPCC-IGES, Kanagawa. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme, Japan. [http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/degradation\\_contents.html](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/degradation_contents.html)
- Joshi N, Mitchard ETA, Woo N, Torres J, Moll-Rocek J, Ehammer A, Collins M, Jepsen MR, Frensholt R. (2015). Mapping dynamics of deforestation and forest degradation in tropical forests using radar satellite data. Environmental Research Letters 10:034014. doi:10.1088/1748-9326/10/3/034014. Disponible en línea: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/10/3/034014/meta>.

## DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES

- Lambin EF. (1999). Monitoring forest degradation in tropical regions by remote sensing: some methodological issues. *Global Ecology and Biogeography* 8(3-4):191-198.
- Lanly J.P. (2003) Los factores de la deforestación y de la degradación de los bosques. XII Congreso Forestal Mundial. Quebec, Canadá. [http://www.fao.org/docrep/ARTICLE/WFC/XII/MS12A-S.HTM#P10\\_107](http://www.fao.org/docrep/ARTICLE/WFC/XII/MS12A-S.HTM#P10_107)
- Lentile LB, Holden ZA, Smith AMS, Falkowski MJ, Hudak AT, Morgan P, Lewis SA, Gessler PE, Benson NC. (2006). Remote sensing techniques to assess fire characteristics and post-fire effects. *International Journal of Wildland Fire* 15:319-345.
- Lipper L (2000). Forest degradation and food security. (A. Perlis, Ed.) *Unasylva*, Vol. 51- 2000/3(202).
- Lund H.G. (2009) What is a degraded forest? White Paper on Forest Degradation Definitions Prepared for FAO.
- Margono BA, Potapov PV, Turubanova S, Stolle F, Hansen MC. (2014). Primary forest cover loss in Indonesia over 2000-2012. *Nature Climate Change* 4:730-735. doi:10.1038/nclimate2277.
- Matricardi EAT, Skole DL, Pedlowski MA, Chomentowski W, Fernandes LC. (2010). Assessment of tropical forest degradation by selective logging and fire using landsat imagery. *Remote Sensing of Environment* 114(5):1117-1129.
- Martin PA, Newton AC, Pfeifer M, *et al* (2015) Impacts of tropical selective logging on carbon storage and tree species richness: A meta-analysis. *For Ecol Manage.* doi: 10.1016/j.foreco.2015.07.010
- McDonald RI, Urban DL (2006) Edge Effects on Species Composition and Exotic Species Abundance in the North Carolina Piedmont. *Biol Invasions* 8:1049-1060. doi: 10.1007/s10530-005-5227-5
- Ministerio del ambiente y los recursos naturales (MARENA) (2013) Informe de sistematización temprana de la experiencia ENDE-REDD+ en Nicaragua.
- Mollicone, Danilo; Souza, Carlos. (2007). Monitoring forest degradation. United Nations Climate Change Conference, Bali, 3 - 14 December 2007. GOFC-GOLD side event at CIFOR forest day: 8 Dec.2007, 12 pm. Ppt. 17 p. [http://www.cifor.cgiar.org/publications/pdf\\_files/cop/session%202/1-Moyo-2-1-3-Monitoring%20forest-MPI.pdf](http://www.cifor.cgiar.org/publications/pdf_files/cop/session%202/1-Moyo-2-1-3-Monitoring%20forest-MPI.pdf)
- Morales-Barquero L, Skutsch M, Jardel-Peláez E.J, Ghilardi A, Kleinn C, Healey J.R (2014) Operationalizing the Definition of Forest Degradation for REDD+, with Application to Mexico. *Forests* 2014, 5, 1653-1681.
- Müller R, Pacheco P, Montero JC (2014) El contexto de la deforestación y degradación de los bosques en Bolivia. Causas, actores e instituciones. Bogor, Indonesia
- Nasi R, Wunder S, Campos A JJ (2002) Servicios de los ecosistemas forestales ¿Podrían ellos pagar para detener la deforestación? Turrialba, CR, CATIE. 37 p. (Serie Técnica. Informe Técnico no. 331. Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales no. 28)
- Nepstad, DC, Verssimo A, Alencar A, Nobre C, Lima E, Lefebvre P, Schlesinger P, Potter C, Moutinho P, Mendoza E, Cochrane M, Brooks V. (1999). Large-scale impoverishment of Amazonian forests by logging and fire. *Nature* 398:505-508.
- OIMT 2002. Directrices de la OIMT para la restauración, ordenación y rehabilitación de bosques tropicales secundarios y degradados. ISBN 4 902045 05 2
- Olson, D.M., E. Dinerstein, E.D. Wikramanayake, N.D. Burgess, G.V.N. Powell, E.C. Underwood, J.A. D'Amico, I. Itoua, H.E. Strand, J.C. Morrison, C.J. Loucks, T.F. Allnutt, T.H. Ricketts, Y. Kura, J.F. Lamoreux, W.W. Wettengel, P. Hedao, and K.R. Kassem. (2001) *Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth* (PDF, 1.1M) *BioScience* 51:933-938.
- Ortiz E. (2011) Taller sobre lineamientos generales para el diseño del inventario nacional forestal: 22 y 22 de noviembre. San José, Costa Rica.
- Pearson TRH, Brown S, Casarim FM (2014) Carbon emissions from tropical forest degradation caused by logging. *Environ Res Lett* 9:034017. doi: 10.1088/1748-9326/9/3/034017
- Potapov P, Yaroshenko A, Turubanova S, Dubinin M, Laestadius L, Thies C, Aksenov D, Egorov A, Yesipova Y, Glushkov I, Karpachevskiy M, Kostikova A, Manisha A, Tsybikova E, Zhuravleva I. (2008) Mapping the world's intact forest landscapes by remote sensing. *Ecology and Society* 13(2): 51. Disponible en línea: <http://www.ecologyandsociety.org/vol13/iss2/art51/>.
- Programa ONU-REDD Paraguay. (2014) Programa colaborativo de las Naciones Unidas para la reducción de emisiones debidas a la deforestación y degradación de bosques en países en vías de desarrollo - documento de Programa Conjunto Nacional.
- Putz FE, Zuidema PA, Synnott T, *et al* (2012) Sustaining conservation values in selectively logged tropical forests: the attained and the attainable. *Conserv Lett* 5:296-303. doi: 10.1111/j.1755-263X.2012.00242.x
- Ravera F, Tarrasón D, Espelta JM (2015) Land use change trajectories , conservation status and social importance of dry forests in Nicaragua. *Environ Conserv* 42:1-11. doi: 10.1017/S0376892914000186
- Ritters K, Wickham J, O'Neill R, Jones B, Smith E. (2000) Global-scale patterns of forest fragmentation. *Conservation Ecology* 4(2):1-22. Disponible en línea: <http://www.consecol.org/vol4/iss2/art3/>.
- Ritters K, Wickham J, Costanza JK, Vogt P. 2015. A global evaluation of forest interior area dynamics using tree cover data from 2000 to 2012. *Landscape Ecology* doi:10.1007/s10980-015-0270-9.
- Saatchi SS, Harris NL, Brown S, *et al* (2011) Benchmark map of forest carbon stocks in tropical regions across three continents. *Proc Natl Acad Sci* 108:9899-9904. doi: 10.1073/pnas.1019576108

## DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES

- Sasaki N, Asner G, Knorr W, *et al* (2011a) Approaches to classifying and restoring degraded tropical forests for the anticipated REDD+ climate change mitigation mechanism. *iForest - Biogeosciences For* 4:1–6. doi: 10.3832/ifor0556-004
- Sasaki N, Asner GP, Knorr W, *et al* (2011b) Approaches to classifying and restoring degraded tropical forests for the anticipated REDD+ climate change mitigation mechanism. *iForest - Biogeosciences For* 4:1–6. doi: 10.3832/ifor0556-004
- Sasaki N, Putz FE (2009) Critical need for new definitions of “forest” and “forest degradation” in global climate change agreements. *Conserv Lett* 2:226–232. doi: 10.1111/j.1755-263X.2009.00067.x
- Schultz MG, Heil A, Hoelzemann JJ, Spessa A, Thonicke k, Goldammer JG, Held AC, Pereira JMC, van het Bolscher M. 2008. Global wildland fire emissions from 1960 to 2000. *Global Biogeochemical Cycles* 22(2):1-17. doi:10.1029/2007GB003031. Disponible en línea: <http://onlinelibrary.wiley.com/wol1/doi/10.1029/2007GB003031/full>.
- Schoene, D, Kilmann, W., von Lupke, H, Loychewilkie . M. 2007. Definitional issues related to reducing emissions from deforestation in developing countries. *Forests and Climate Change Working Paper 5*. Rome, FAO. 29 p. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/j9345e/j9345e00.pdf>
- Simula M (2009) Hacia Una Definición De Degradación De Los Bosques: Análisis Comparativo De Las Definiciones Existentes.
- Skutsch M, Torres AB, Mwampamba T, Ghilardi A, Herold M. 2011. Dealing with locally-driven degradation: A quick start option under REDD+. *Carbon Balance Management* 6:16. doi:10.1186/1750-0680-6-16. Disponible en línea: <http://www.cbmjournal.com/content/6/1/16>.
- Souza CM, Siqueira J V, Sales MH, *et al* (2013) Ten-year landsat classification of deforestation and forest degradation in the brazilian amazon. *Remote Sens* 5:5493–5513. doi: 10.3390/rs5115493
- Souza CM Jr, Siqueira JV. (2013) *ImgTools: a software for optical remotely sensed data analysis*. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR. Foz do Iguaçu, PR, Brazil. Disponible en línea: <http://imazon.org.br/PDFimazon/Portugues/congressos%20e%20anais/p1235.pdf>.
- Tarrasón D, Urrutia JT, Ravera F, *et al* (2010) Conservation status of tropical dry forest remnants in Nicaragua: Do ecological indicators and social perception tally? *Biodivers Conserv* 19:813–827. doi: 10.1007/s10531-009-9736-x
- Thompson, I, (2011) Biodiversidad, umbrales ecosistémicos, resiliencia y degradación forestal. *Unasyuva* 238, Vol. 62, 2011/2
- Thompson ID, Guariguata MR, Okabe K, *et al* (2013) An Operational Framework for Defining and Monitoring Forest Degradation. *Ecol Soc* 18:art20. doi: 10.5751/ES-05443-180220
- van der Werf GR, Randerson JT, Giglio L, Collatz GJ, Mu M, Kasibhatla P, Morton DC, DeFries RS, Jin Y, van Leeuwen TT. 2010. Global fire emissions and the contribution of deforestation, savanna, forest, agricultural, and peat fires (1997-2009). *Atmospheric Chemistry and Physics* 10:11707-11735.
- Vera Monges, V., Came, O., Barboza F., Ortiz R., Terol G., Fracchia F., Van Humbeeck A (2000). *Iniciativas transfronterizas de conservación en el chaco paraguayo. Plan de acción de conservación 2000-2004*, Paraguay, 178pp.
- Wright SJ (2005) Tropical forests in a changing environment. *Trends Ecol Evol* 20:553–560. doi: 10.1016/j.tree.2005.07.009
- Zhuravleva I, Turubanova S, Potapov P, Hansen M, Tyukavina A, Minnemeyer S, Laporte N, Goetz S, Verbelen F, Thies C. (2013). Satellite-based primary forest degradation assessment in the Democratic Republic of Congo, 2000-2010. *Environmental Research Letters* 8:024034. doi:10.1088/1748-9326/8/2/024034.

## DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN LATINOAMÉRICA

SÍNTESIS CONCEPTUAL, METODOLOGÍAS DE  
EVALUACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO NACIONALES



■ INIRIDA-COLOMBIA.  
FOTO: TANIA GONZÁLEZ