

Cambio de uso de las tierras forestales mundiales 1990–2005



Fotografías de cubierta :

Izquierda : Tsuga del Pacífico, bosque natural de *Tsuga heterophylla*, Alaska (B. Ciesla)

Centro: Composición RGB (bandas 5, 4 y 3) de Landsat 7, para una unidad de muestreo de 20 km por 20 km localizada en 72 Oeste y 38 Sur, Chile (USGS)

Derecha: Bosque cortado para agricultura, Tailandia (FAO/14639/K. Boldt)

Cambio de uso de las tierras forestales mundiales 1990–2005

ESTUDIO
FAO:
MONTES

169

Autores principales:

Lindquist, Erik J.
D'Annunzio, Rémi
Gerrand, Adam
MacDicken, Kenneth
Achard, Frédéric
Stibig, Hans-Jürgen
Eva, Hugh
Beuchle, Rene
Mayaux, Philippe
Brink, Andreas
San-Miguel-Ayanz, Jesús

Cita bibliográfica recomendada: *FAO y JRC 2012. Cambio de uso de las tierras forestales mundiales 1990–2005*. E.J. Lindquist, R. D'Annunzio, A. Gerrand, K. MacDicken, F. Achard, R. Beuchle, A. Brink, H.D. Eva, P. Mayaux, J. San-Miguel-Ayanz & H-J. Stibig. Documento Forestal 169 FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y Centro Común de Investigación de la Comisión Europea. Roma, FAO.

Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, por parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. La mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la FAO los apruebe o recomiende de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan.

Las opiniones expresadas en este producto informativo son las de su(s) autor(es), y no reflejan necesariamente los puntos de vista o políticas de la FAO.

ISBN 978-92-5-307399-3

© FAO 2013

La FAO fomenta el uso, la reproducción y la difusión del material contenido en este producto informativo. Salvo que se indique lo contrario, se podrá copiar, imprimir y descargar el material con fines de estudio privado, investigación y docencia, o para su uso en productos o servicios no comerciales, siempre que se reconozca de forma adecuada a la FAO como la fuente y titular de los derechos de autor y que ello no implique en modo alguno que la FAO apruebe los puntos de vista, productos o servicios de los usuarios.

Todas las solicitudes relativas a la traducción y los derechos de adaptación así como a la reventa y otros derechos de uso comercial deberán dirigirse a www.fao.org/contact-us/licence-request o a copyright@fao.org.

Los productos de información de la FAO están disponibles en el sitio web de la Organización (www.fao.org/publications) y pueden adquirirse mediante solicitud por correo electrónico a publications-sales@fao.org.

Índice

Reconocimientos	vii
Prólogo	viii
Siglas y abreviaturas	ix
Resumen de Orientación	x
1. Introducción	1
La Encuesta de teledetección de FRA 2010	1
2. Métodos y materiales	3
Cubierta de la tierra y uso de la tierra	3
Diseño sistemático de muestras	3
Fuentes de imágenes satelitales	4
Procesamiento previo de imágenes	4
Clasificación automatizada de la cubierta de la tierra	5
Entrenamiento de la clasificación	8
Clases de uso de la tierra	9
Conversión de cubierta de la tierra a uso de la tierra	9
Interpretación de expertos, validación y corrección de las clases cubierta de la tierra y uso de la tierra	10
3. Análisis de datos	13
Sin datos	13
Ajuste de la latitud y cálculo de la superficie	14
Agregación para los análisis de los ámbitos regional y climático	15
Superficie de bosques: incrementos y pérdidas	15
Enmarcando los cambios verificados en la superficie de bosques dentro de un período anual	15
Error	16
4. Resultados y examen	17
La superficie de uso de tierras forestales disminuyó entre 1990 y 2005	18
Incrementos y pérdidas mundiales de bosque	18
Diferencias regionales en la pérdida e incremento de bosques	18
Diferencias en la tasa anual de cambio por región y por ámbito climático	21
Comparación con otros estudios de la FAO	21
Causas del cambio en el uso de la tierra	27
Evaluación de la precisión	28
5. Conclusiones	29
Integración de imágenes satelitales de baja resolución para contribuir con la clasificación	29
Importancia del examen y revisión visuales de la clasificación	29
La utilidad de Landsat para el monitoreo mundial	30
Establecimiento de redes mundiales	30

Bibliografía	31
Anexo 1. Metodologías de examen y revisión específicas del país	35
Anexo 2. Sitios de la encuesta procesados con respecto a los analizados	37
Anexo 3. Colaboradores en el examen y revisión	39
Anexo 4. Detalles de los cálculos	41

Figuras

1	Las 15 779 muestras de cuadrícula de 1 grado de los sitios utilizados en la encuesta, con una intensidad reducida superior a 60° de latitud norte y sur	3
2	Ejemplo de tres fechas de imágenes combinadas para crear una sola imagen compuesta con segmentos que capturan los cambios de reflectancia en cada período	6
3	Flujograma general de la cadena de procesamiento utilizado por la FAO	7
4	Clases de cubierta de la tierra y de uso de la tierra y sus códigos numéricos asociados	10
5	Interfaz del usuario del instrumento de validación de la JRC mostrando imágenes Landsat de cada período de la encuesta (izquierda) y clases de uso de la tierra de la FAO (centro)	11
6	Los 13 066 sitios finales utilizados en el análisis de la Encuesta de Teledetección 2010	13
7	Regiones (a) y ámbitos climáticos (b) utilizados para la agregación y el análisis	14
8	Rango de fechas de imágenes satelitales utilizados para cada período de la encuesta	16
9	Superficie de bosque por región, 1990, 2000 y 2005	19
10	Superficie de bosque por ámbito climático, 1990, 2000 y 2005	19
11	Incrementos y pérdidas brutas y cambio neto en la superficie del bosque, por región de FRA, 1990–2000 y 2000–2005	20
12	Incrementos y pérdidas brutas y cambio neto en la superficie del bosque, por ámbito climático de la FAO, 1990–2000 y 2000–2005	20
13	Distribución de los puntos del muestreo pantrópico, RSS 2000	22
14	Superficie de bosque pantropical en 1990 (a) y 2000 (b), según se estimó en la RSS 2000 y en la RSS 2010	22
15	Comparación de cambio neto en la superficie del bosque pantropical y pérdida bruta de la superficie del bosque, 1990–2000	23
16	Superficie de bosque pantropical en 1980, 1990, 2000 y 2005	24
17	Una comparación de la superficie de bosque, por región, según fue reportada en FRA 2010 y en la encuesta RSS 2010	24
18	La relación entre la proporción de los ámbitos climáticos secos por región y la diferencia proporcional entre las estimaciones de superficie de bosque de FRA 2010 y RSS 2010 para esa región	25
19	Cambio neto en la superficie de bosque de la encuesta RSS 2010 respecto a FRA 2010	26

Cuadros

1	Modelo de etiquetamiento de cubierta de la tierra de MMU de 5 ha de nivel 2 basado en la composición porcentual de los segmentos de nivel 1 subyacentes, colocados en orden de prioridad descendente	7
2	Superficie media de bosques ('000 ha ± intervalo de confianza) por región (a) y ámbito climático (b), 1990, 2000 y 2005	15
3	Significancia de los cambios netos anuales y de los incrementos y pérdidas brutas para las regiones y ámbitos climáticos	17

4	<i>p</i> valores de pendiente de la recta formada por un modelo lineal general que pone en relación el cambio neto anual y los incrementos y pérdidas brutos con el período de la encuesta por región y ámbito climático	17
5	Prueba de ANOVA para el cambio neto anual de la superficie del bosque, por ámbito climático y año	18
6	Los resultados de REML para el cambio neto anual por ámbito climático y período de encuesta (1990–2000 y 2000–2005)	18
7	Cambio neto medio anual de la superficie de bosque e intervalos de 95 por ciento de confianza entre los períodos de la encuesta para las regiones y ámbitos climáticos de la FAO	19

Reconocimientos

La FAO y el Centro Común de Investigación de la Comisión Europea (JRC) prepararon este informe sobre la Encuesta de Teledetección de la Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales (FRA) 2010 en asociación y desean expresar su agradecimiento por el apoyo y aporte de muchas organizaciones, países miembros de la FAO, donantes, otros socios y expertos individuales.

La principal contribución, en términos de financiación operativa, para la Encuesta de Teledetección de FRA 2010 para el período 2009–11 fue realizada por la Comisión Europea. Apoyo complementario fue proporcionado a través de aportes financieros por parte de la Administración Nacional Aeronáutica y el Espacio (NASA), el Centro Heinz, el Gobierno de Australia y el Gobierno de Finlandia.

Se agradece a los Gobiernos de Australia, Brasil, Francia, Noruega y Los Estados Unidos por su contribución a través de recursos extrapresupuestarios y personal aportado.

Se reconoce y agradece la colaboración de más de 200 expertos forestales nacionales y expertos en teledetección que contribuyeron a realizar este informe, tanto directa, como indirectamente; sus nombres figuran en el Anexo 3. Esta colaboración fue clave para el éxito de la Encuesta de Teledetección de FRA 2010.

Los autores desean agradecer la contribución prestada por los siguientes miembros del personal de la FAO: Mette Løyche-Wilkie, Renato CUMANI, Antonio Di Gregorio, Emma Foti, Monica Garzuglia, Stefano Giaccio, Örjan Jonsson, John Latham, Antonio Martucci, Marisalee Palermo, Anssi Pekkarinnen e Ilaria Rosati. Varios consultores de la FAO también tuvieron participación, a saber: Ralph Ridder apoyó en el diseño de las muestras, Marieke Sandker revisó miles de muestras de teledetección y asistió en la gestión de la base de datos, y Susan Iremonger actualizó los mapas de ambitos climática.

Los autores también desean agradecer a los siguientes miembros del JRC y su colaborador, la Universidad de Louvain-La-Neuve por sus aportes: Catherine Bodart, Silvia Carboni, Pierre Defourny, François Donnay, Céline Ernst, Desirée Johansson, Pieter Kempeneers, Ouns Kissiyar, Andrea Lupi, Rastislav Raši, Roman Seliger, Dario Simonetti, Fernando Sedano, Lucia Seebach, Peter Strobl, Astrid Verheggen, Peter Vogt, Michael Vollmar y Carlos de Wasseige.

Tom Loveland y el personal de la encuesta Geológica de los Estados Unidos ayudaron a obtener grandes cantidades de datos Landsat necesarios para la Encuesta de Teledetección de FRA 2010. Matt Hansen, Peter Potapov y Anil Kommareddy (Universidad Estatal de Dakota del Sur) dieron su aporte en el procesamiento previo de datos Landsat, utilizados por la FAO.

Prólogo

Los bosques del mundo son claves para la subsistencia humana. Cada vez más se reconoce a los bosques el aporte que hacen a través de una amplia gama de productos y servicios esenciales para los ecosistemas. Nunca antes había sido tan importante contar con información precisa y actualizada sobre la extensión de los bosques del mundo y la manera en que éstos están cambiando.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) ha venido recopilando datos e informando acerca de los bosques del mundo por más de 60 años. Su Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales (FRA) coteja, analiza y tabula los datos aportados por los países miembros de la FAO acerca de una amplia gama de variables relacionadas con los bosques, elaborando informes cada cinco años. De particular interés es el cambio en la superficie de bosques y las dinámicas de la pérdida de bosques (deforestación y, en menor medida, la pérdida debida a causas naturales) y la recuperación (forestación y expansión natural de los bosques, por ejemplo en las tierras agrícolas abandonadas). Muchos países, sin embargo, carecen de datos suficientes o sucesivos, de mediciones comparables con las cuales establecer evaluaciones confiables acerca de los cambios que se han verificado en los bosques.

Con el rápido desarrollo, en los últimos 40 años, de sistemas satelitales de monitoreo mundiales, tales como la larga serie temporal de datos generados por Landsat, se cuenta con información sin precedentes con la cual llevar a cabo un estudio mundial exhaustivo sobre el cambio en la superficie de bosques. Es fundamental efectuar una observación detallada de la superficie de bosques – y la manera en que ésta ha cambiado en los años recientes.

Este informe de Teledetección de FRA 2010 es el primero en su especie en aportar estimaciones sistemáticas acerca del uso y cambio de uso de las tierras forestales. Es el resultado de muchos años de planificación y de tres años de trabajo detallado realizado por el personal de la FAO y del Centro Común de Investigación de la Comisión Europea (JRC), además de los aportes de expertos técnicos de más de 100 países. Desde su inicio, la ambiciosa meta de la Encuesta de teledetección de FRA 2010 ha sido utilizar los datos de teledetección para obtener estimaciones mundiales coherentes de la superficie de bosques y los cambios en la cubierta de árboles y uso de las tierras forestales entre los años 1990 y 2005.

Se ha dicho que “no se puede administrar lo que no se puede medir”. Estamos satisfechos de la colaboración que se ha desarrollado entre la FAO, el JRC y los países miembros de la FAO con el fin de garantizar que las decisiones futuras acerca de los bosques se fundamenten en información confiable. Este informe es un paso firme en esa dirección. Agradecemos a los autores y a todos los colaboradores y recomendamos este informe a todos aquellos que quieran saber cómo están cambiando los bosques del mundo.



Eduardo Rojas-Briales
Subdirector General
Departamento Forestal
FAO



Maria Betti
Directora
Instituto para el Ambiente
y la Sostenibilidad
JRC

Siglas y abreviaturas

ANOVA	Análisis de varianza
EOSD	Observación Terrestre para el Desarrollo Sostenible de los Bosques (Canadá)
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
FRA	Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales (FAO)
GLS	Encuesta Terrestre Mundial Landsat (Encuesta Geológica de los Estados Unidos)
ha	Hectárea(s)
IFN	Inventario Forestal Nacional (Canadá)
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
JRC	Centro Común de Investigación de la Comisión Europea
km	Kilómetro(s)
µm	Micrómetro
MMU	Unidad mínima de mapeo
MODIS VCF	Espectroradiómetro de imágenes de resolución moderada, Campo continuo de vegetación
NLCD	Conjunto de datos nacionales de la cubierta de la tierra (Estados Unidos)
REML	Máxima verosimilitud restringida
RSS	Encuesta de teledetección de FRA
WRS	Sistema de referencia mundial

Resumen de Orientación

Este informe presenta los principales resultados acerca del uso y cambio de uso de las tierras forestales entre 1990 y 2005 según la Encuesta de Teledetección de la Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales (FRA 2010) de la FAO. Esta encuesta fue el resultado de la asociación entre la FAO, sus países miembros y el Centro Común de Investigación de la Comisión Europea (JRC). Este es el primer informe de su especie en presentar estimaciones sistemáticas acerca del uso y cambio de uso de las tierras forestales mundiales.

UNA MUESTRA SISTEMÁTICA PARA OBTENER RESULTADOS CONFIABLES EN TÉRMINOS ESTADÍSTICOS Y COHERENTES EN TÉRMINOS MUNDIALES

La encuesta se basa en una muestra sistemática de imágenes satelitales Landsat para los años 1990, 2000 y 2005 localizadas en la intersección de cada grado de longitud y latitud. En términos globales se procesaron 15 779 sitios de muestreo para la cubierta de la tierra y el uso de la tierra. La cifra final de sitios de muestreo analizados fue de 13 066 después de incluir los sitios que carecen de datos, los valores atípicos y la revisión y verificación de los datos nacionales específicos (ver el Anexo 1). La superficie analizada en cada sitio de muestreo fue de 10 km × 10 km, arrojando una intensidad de muestreo de cerca del 1 por ciento de la superficie total de la tierra.

EL INFORME SOBRE EL USO DE LAS TIERRAS FORESTALES

Este informe se enfoca en el uso de las tierras forestales, no en la cubierta de la tierra. El uso de las tierras forestales se define como la superficie con cubierta de árboles, o donde la gestión o los procesos naturales terminarán por restaurar la cubierta de árboles, y el uso predominante es el forestal. En algunos casos, el uso de las tierras forestales puede incluir la tierra que temporalmente carece de cubierta de árboles por ejemplo durante los ciclos de rotación de cultivos, agricultura migratoria, plantaciones forestales y gestión forestal de masa regular. Este enfoque es coherente respecto a la definición de bosque utilizada por los informes nacionales de FRA y es similar a las clases empleadas en los informes nacionales presentados en el contexto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

SUPERFICIE DEL BOSQUE

La encuesta estima la superficie total de los bosques mundiales en 2005 en 3 mil 800 millones de hectáreas, o sea el 30 por ciento de la superficie total de la tierra.

LAS PÉRDIDAS ANUALES MUNDIALES DE LA SUPERFICIE DE BOSQUE FUERON MAYORES ENTRE 2000–2005 RESPECTO A 1990–2000

En su conjunto, hubo una disminución neta en la superficie mundial de bosques del 1.7 por ciento entre 1990 y 2005, a un ritmo anual de cambio de 0.11 por ciento. Esto equivale a un desplazamiento anual del uso forestal de la tierra a otros usos de la tierra, de 3 millones de hectáreas anuales entre 1990 y 2000 y de 6 millones de hectáreas anuales entre 2000 y 2005.

HA HABIDO DIFERENCIAS EN CUANTO A LA PÉRDIDA Y RECUPERACIÓN DE BOSQUES EN LAS DISTINTAS REGIONES

Las principales diferencias regionales se encontraron en las tasas netas de cambio en la superficie de bosque; sólo Asia y América del Norte han experimentado incrementos en la superficie de bosques y todas las demás regiones han sufrido pérdidas netas. América del Sur tiene la mayor tasa neta de pérdida de bosque y cerca de 3.3 millones de hectáreas

anuales entre 1990 y 2005. África tuvo la segunda mayor tasa de pérdida neta de bosques – 1.6 millones de hectáreas anualmente – durante el mismo período. Europa, incluyendo la Federación Rusa, tuvo una pérdida neta de 0.5 millones de hectáreas anualmente y Oceanía perdió únicamente por debajo de 0.1 millones de hectáreas anualmente. América del Norte experimentó un incremento neto de superficie del bosque de 0.2 millones de hectáreas anualmente, mientras que Asia tuvo un incremento neto de 1.4 millones de hectáreas anualmente entre 1990 y 2005.

LA PÉRDIDA DE BOSQUES FUE MAYOR EN EL TRÓPICO

En esta encuesta, los bosques fueron clasificados en cuatro ámbitos climáticos: boreal, subtropical, templado y tropical. Hubo un incremento significativo en la superficie de bosque en los ámbitos boreal (0.9 millones de hectáreas anualmente) y subtropical (1.1 millones de hectáreas anualmente) entre 1990 y 2005. También hubo un incremento neto en la superficie de bosque en el ámbito templado de 0.9 millones de hectáreas anuales durante el mismo período de tiempo.

Al contrario, el ámbito tropical tuvo una pérdida neta de superficie de bosque de 6.8 millones de hectáreas anuales entre 1990 y 2005. Esta reducción neta en el uso de las tierras forestales fue casi 2.5 veces el incremento neto de superficie de bosque en el conjunto de las demás tres zonas.