



## ¿CUÁNTO SE ESTÁ DEFORESTANDO LA AMAZONIA COLOMBIANA?

Uriel Murcia<sup>1</sup>, Juan Manuel Rodríguez<sup>2</sup>,  
Claudia Marcela Huertas<sup>2</sup> y Henry Omar Castellanos<sup>2</sup>

Piedemonte putumayense, Mario López

### Resumen

Este artículo presenta los resultados de un proceso que inició en el 2008, para generar información y hacer seguimiento de los cambios de coberturas de la tierra en la región, que adelanta el Instituto Sinchi y se enmarca en un programa nacional que se desarrolla de manera interinstitucional para todo el territorio colombiano.

Entre los objetivos del trabajo en la Amazonia se encuentran la obtención, modelamiento y divulgación de los resultados del análisis de cambio de las 38 coberturas de la tierra identificadas. La cartografía de coberturas de la tierra se obtuvo aplicando la metodología CORINE Land Cover, CLC, adaptada para Colombia, a través de la interpretación visual de imágenes satelitales.

El trabajo cubre el 100% de la Amazonia colombiana, 483.164 Km<sup>2</sup>, y se tiene como productos, los mapas de coberturas de la tierra, escala 1:100.000, de los períodos 2000-2002 y 2005-2007. Estos dos mapas han permitido el análisis multitemporal, cuyos resultados se describen en este artículo.

En los períodos analizados, el área de bosque natural disminuyó en 7.683 Km<sup>2</sup>, es decir, 1,6% del total de

la región amazónica, a una tasa de deforestación de 1.536 Km<sup>2</sup> por año, así como el incremento del área en pastizales en 10.141 Km<sup>2</sup>, que corresponde a una tasa de cambio de 2.028 Km<sup>2</sup> por año.

### Palabras clave

Deforestación, coberturas de la tierra, cambios multitemporales.

### Abstract

This paper presents the results of a project that started in 2008, to generate information and track changes in land cover in the region, this process is being conducted by the Institute Sinchi and is part of a national program developed on an interagency basis for the entire country.

Among the objectives of the work in the Amazon are the collection, modeling and dissemination of the results of change analysis of the 38 land coverage that have been identified. The mapping of land cover was obtained from applying the methodology CORINE Land Coverage, CLC, adapted to Colombia, through visual interpretation of satellite images.

<sup>1</sup> Agrólogo, MSc. Coordinador de Programa de Investigación. Instituto Sinchi.

<sup>2</sup> Investigadores Instituto Sinchi.

The work covers 100% of the Colombian Amazon, 483,164 Km<sup>2</sup>, from which two maps of land coverage were produced, scale 1:100.000, for the periods from 2000 to 2002 and from 2005 to 2007. These allowed the multi-temporal analysis, whose results are described in this article.

In the analyzed periods the natural forest area decreased by 7.683 Km<sup>2</sup>, to a deforestation rate of 1,536 Km<sup>2</sup> per year, and the increase in grassland area 10.141 Km<sup>2</sup>, which corresponds to an exchange rate of 2.028 Km<sup>2</sup> per year.

## Key words

Deforestation, Land Cover, Multitemporal Changes.

## Introducción

Aún cuando el 90% de la región amazónica en el año 2007 presentaba coberturas naturales, el estudio evidencia que durante el período comprendido entre 2002 y 2007 se transformaron 7.683 Km<sup>2</sup> de bosques naturales en pastizales, principalmente.

Las dinámicas de los bosques y pastos en la Amazonia se evidencian como resultado del análisis de información obtenida por un proceso de cartografía de las coberturas de la tierra, a partir del procesamiento digital de imágenes satelitales de 2002 y 2007 (Murcia, *et ál.*, en prensa).

Estos trabajos fueron liderados por el Instituto Sinchi, con la participación de la Unidad de Parques Nacionales, para el sector del trapecio amazónico, así como el apoyo del IGAC, el IDEAM y Cormacarena. Desde hace tres años, el Instituto Sinchi asumió el reto de consolidar un proceso de monitoreo de coberturas de la tierra. Esta labor parte de los resultados que se concretan en la metodología de seguimiento, la información para cada período y el análisis de los cambios de coberturas en la región.

Este documento es el resultado de una serie de convenios adelantados por el Instituto Sinchi, que tienen por objetivo consolidar el Sistema de Información

Ambiental Territorial de la Amazonia colombiana SIAT-AC, producir el mapa nacional de coberturas de la tierra y generar el mapa nacional de conflictos de uso del territorio.

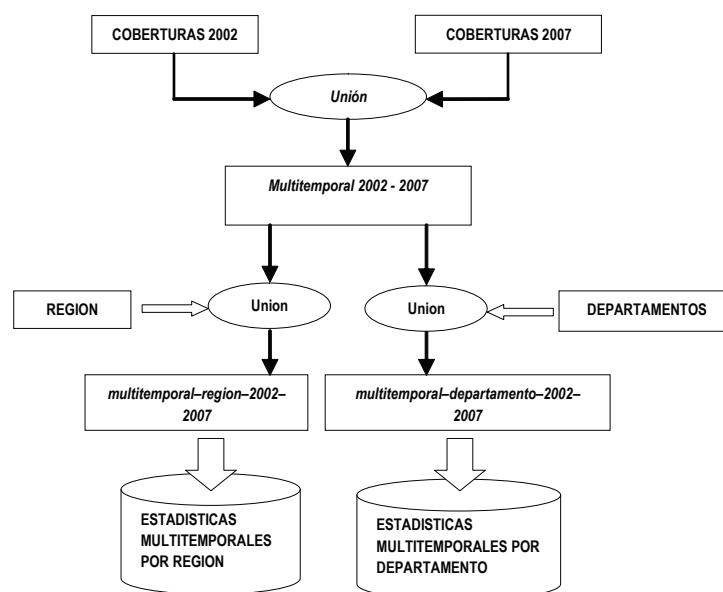
Los resultados que se presentan son el punto de partida del proceso de seguimiento y monitoreo a la transformación de los bosques y otras coberturas de la región; las tasas de deforestación y praderización son indicadores para analizar estas dinámicas (Murcia, 2003), y por primera vez se calculan para toda la región, aplicando los mismos procedimientos metodológicos.

El área deforestada entre 2002 y 2007 representa el 1,6% de la Amazonia colombiana, que se ha transformado en pastizales, bosques fragmentados y vegetación secundaria. Los departamentos con mayores cifras de deforestación son Caquetá, Meta, Guaviare y Putumayo. Durante el mismo período, 524,6 Km<sup>2</sup> sufrieron un proceso de recuperación del bosque. En 2002, estas áreas eran bosques fragmentados, pastizales y vegetación secundaria.

El incremento de coberturas de pastos, que constituyen la base de la ganadería en las zonas transformadas, fue de 10.141 Km<sup>2</sup> (2,1% de la región). Las áreas convertidas en pastos, en el 2002 eran coberturas de bosque, vegetación secundaria y bosques fragmentados. Estos cambios se presentaron, principalmente, en los departamentos con las mayores tasas de deforestación.

En adelante, interesa conocer con mayor detalle los cambios de las 38 clases de coberturas identificadas en la región, en el primer período de evaluación (2002-2007) (Murcia *et ál.*, 2010); y también determinar las causas o fuerzas que las generan. También se busca producir información de las décadas de los ochenta y noventa, para conocer las dinámicas de cambio en el pasado; y, en el mediano plazo, se actualizará además, la información para el período 2012, en concordancia con el plan de renovar esta información cada cinco años.

Toda la información y el conocimiento obtenidos de estos estudios, del monitoreo de las coberturas de la tierra y sus dinámicas de cambio, se gestiona a través del Sistema de Información Ambiental Territorial de la Amazonia Colombiana, SIAT-AC<sup>3</sup>.



**FIGURA 1.** ESQUEMA METODOLÓGICO PARA EL ANÁLISIS DE CAMBIO EN LAS COBERTURAS 2002 Y 2007.

## Materiales y métodos

El Instituto Sinchi trabaja desde hace varios años en proyectos de clasificación y cartografía de coberturas de la tierra en la región amazónica colombiana (Murcia *et ál.*, 2010). A partir del 2008 se aplica la metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia (IDEAM *et ál.*, 2008; IDEAM, 2010) con el fin de obtener mapas a escala 1:100.000 y mejores estadísticas de coberturas de la tierra; en la actualidad se cuenta con información de los periodos 2000-2002 y 2005-2007, en adelante referidos a los años 2002 y 2007.

Para la generación de los mapas de cobertura de la tierra, se utilizaron imágenes satelitales Landsat TM, Landsat ETM+ y Cbers, a través del procesamiento digital y la interpretación visual en pantalla. La metodología detallada de todos los procesos se ha documentado en varias publicaciones (IDEAM, IGAC, Cormagdalena, 2008; Murcia *et ál.*, 2010 y en prensa).

A partir de los mapas de coberturas de la tierra de los años analizados, se aplicaron herramientas de SIG para obtener información de cambios multitemporales en la región amazónica y sus departamentos (figura 1).

Antes de iniciar el análisis multitemporal, se realizaron algunos ajustes al mapa del período 2002, durante el proceso de interpretación del mapa de coberturas del período 2007, ya que a partir de esta interpretación con imágenes más actuales, se identificaron algunas inconsistencias que no fueron detectadas en el proceso de control de calidad del mapa del 2002. Este último procedimiento garantiza mejores resultados en el análisis multitemporal.

Inicialmente se integraron los mapas de coberturas de la tierra de los dos períodos utilizando la función *union* del programa ArcGis 9.3® de Esri, se obtuvo una nueva capa de información que se denominó *multitemporal2002-2007*, la cual contiene los atributos de las capas iniciales. Esta nueva capa, con su tabla de atributos, permitió identificar los cambios que se produjeron en cada una de las coberturas del 2002 al 2007, según lo descrito en el esquema metodológico.

Con el fin de obtener información de la región y cada departamento, se cruzó la capa *multitemporal2002-2007* con las capas de región y departamentos que se manejan en el laboratorio SIGySR del Instituto Sinchi. Las capas generadas se denominaron *multitemporal-region-2002-2007* y *multitemporal-departa-*

mento-2002-2007, respectivamente. La información obtenida fue procesada en tablas dinámicas para conseguir las estadísticas de cambio de las coberturas.

El análisis se enfocó en medir el comportamiento y la dinámica de tres coberturas: bosques, bosques fragmentados y pastizales, debido a que son las más relevantes en la región por el área que ocupan y por los cambios que las afectan.

Para la interpretación de la información producto del análisis espacial se aplicaron varios criterios, entre estos, evidenciar los cambios en toda la región, paisajes, jurisdicción de las CAR, departamentos y municipios. En este artículo se presenta la información de la región y departamentos.

Se tuvieron en cuenta, entre otros, los siguientes criterios: superficies de cada cobertura en cada período, las superficies que mantuvieron la misma cobertura, las pérdidas y ganancias. Cuando se analizaron grupos de coberturas, como los bosques, se tomaron en cuenta los cambios detectados entre los tipos de bosques, se identificaron las coberturas que reemplazaron a las del periodo 2002 y, finalmente, se cuantificaron y cartografiaron las áreas cubiertas por nubes y sus sombras.

## Resultados

En 2007, la Amazonia colombiana mantenía el 84% de su territorio en bosques, pese a que en el periodo 2002-2007, la superficie boscosa disminuyó 7.683 Km<sup>2</sup>. Esta cifra se obtiene al descontar del total de pérdidas (7.737,7 Km<sup>2</sup>) y las áreas que cambiaron entre los mismos bosques (54,8 Km<sup>2</sup>). La tasa media anual de deforestación es de 1.536 Km<sup>2</sup>, como se muestra en la tabla 1.

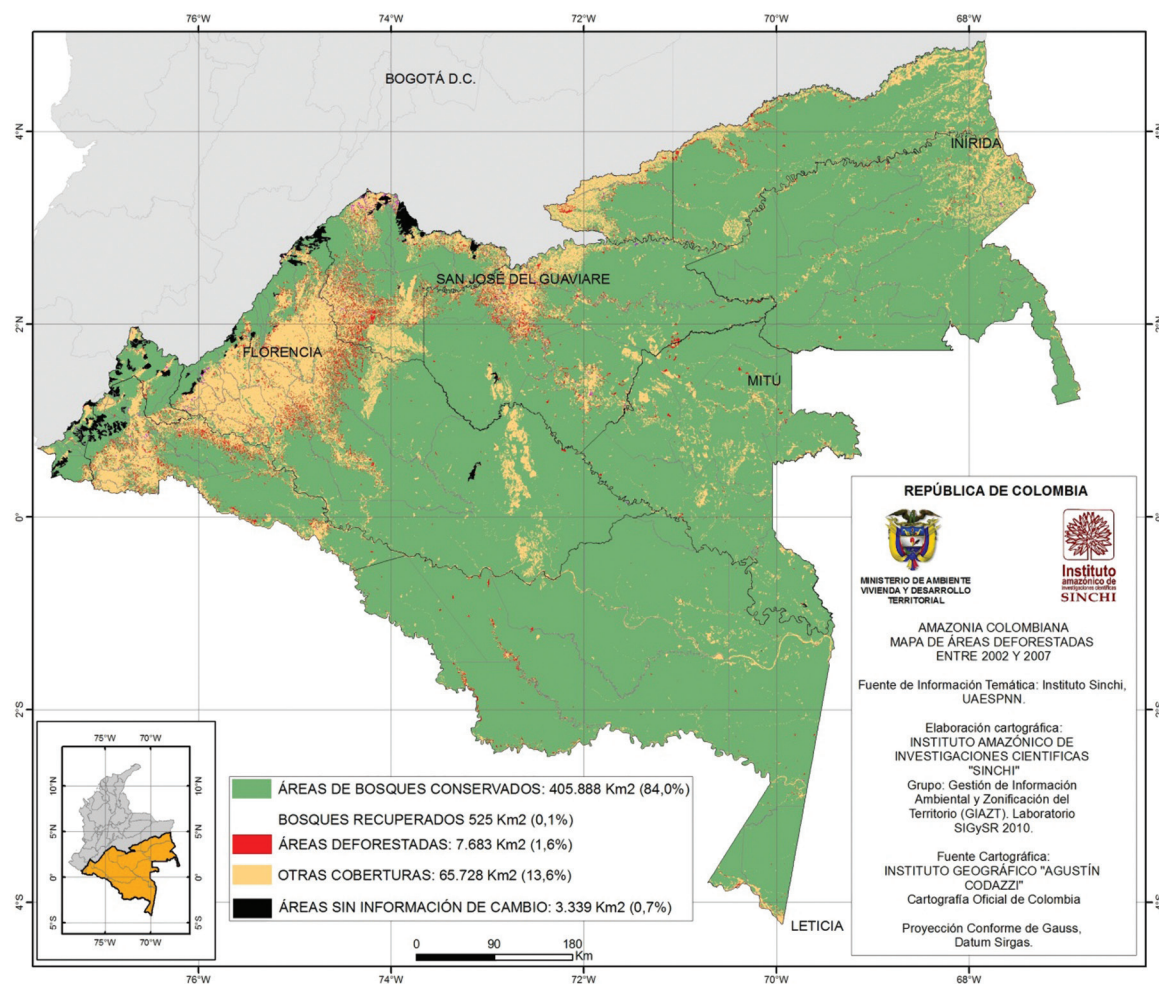
Los bosques fueron reemplazados, por pastizales (59,4%), bosques fragmentados (22,4%) y vegetación secundaria (15,1%). Este proceso de transformación evidencia una fuerte presión antrópica sobre las áreas de bosques, principalmente en el límite entre Caquetá y Meta, y en la zona de intervención del Guaviare, que coincide con el arco noroccidental de presión sobre la Amazonia colombiana (figura 2).

Los departamentos con mayores tasas medias anuales de deforestación son Caquetá (418,67 Km<sup>2</sup>/año), Meta (342,37 Km<sup>2</sup>/año), Guaviare (263,05 Km<sup>2</sup>/año) y Putumayo (218,10 Km<sup>2</sup>/año). Esto se puede apreciar de manera general en la figura 3, que muestra que todos los departamentos que tienen territorio en la Amazonia fueron escenario en alguna proporción de procesos de deforestación.

**TABLA 1.** ÁREAS (KM<sup>2</sup>) Y DINÁMICAS DE CAMBIO DE LOS BOSQUES EN LA AMAZONIA.

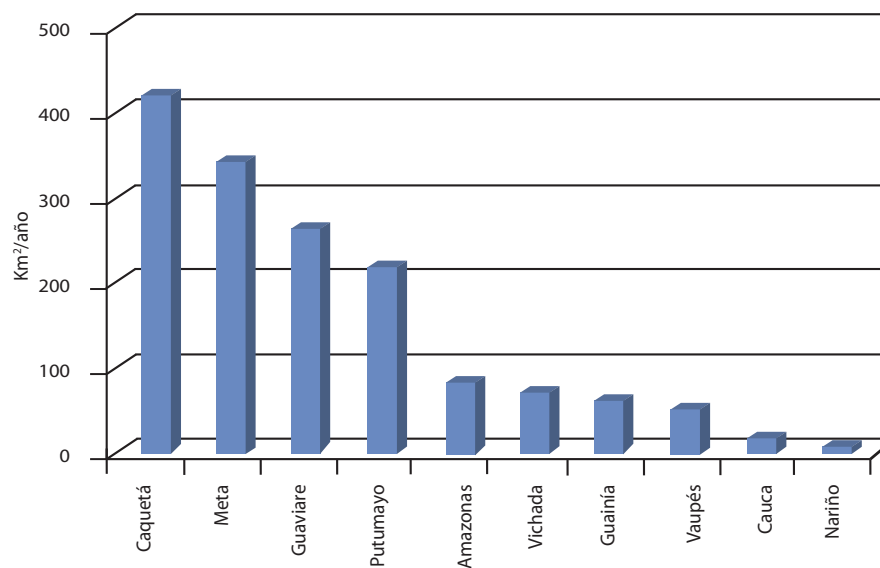
Cobertura	2002	2007	Sin cambio	Pérdida	Ganancia
Bosque denso alto de tierra firme	358.933,21	352.251,22	351.786,11	7.147,10	465,11
Bosque denso alto inundable heterogéneo	30.738,68	30.398,96	30.323,32	415,36	75,64
Palmar	916,5	914,95	913,21	3,29	1,74
Bosque denso bajo de tierra firme	15.641,37	15.612,46	15.602,17	39,2	10,29
Bosque denso bajo inundable	1.854,68	1.826,58	1.822,67	32,01	3,91
Bosque de galería y ripario	5.486,37	5.408,30	5.385,58	100,79	22,72
Total	413.570,8	406.412,47	405.833,06	7.737,74	579,41





**FIGURA 2.** DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE ZONAS DEFORESTADAS.

Fuente: Instituto Sinchi.



**FIGURA 3.** ÁREAS (KM²) Y DINÁMICAS. TASA MEDIA ANUAL (TMA) DE DEFORESTACIÓN POR DEPARTAMENTO (2002-2007).

En el período analizado se identificaron 524,6 Km<sup>2</sup> de bosque nuevo o recuperado. De estos nuevos bosques, el mayor porcentaje (43,8%) proviene de bosques fragmentados, pastizales y vegetación secundaria, en menor proporción (24,4% y 21,3%, respectivamente).

### Dinámica de bosques fragmentados en la región amazónica

Un bosque fragmentado es un “territorio cubierto por bosques naturales densos o abiertos cuya continuidad horizontal está afectada por la inclusión de otros tipos de coberturas como pasto, cultivos o vegetación en transición, las cuales deben representar entre 5% y 30% del área total de la unidad de bosque natural. La distancia entre fragmentos de intervención no debe ser mayor a 250 metros” (IDEAM, 2010). Bajo esta aproximación se toman las áreas de bosques fragmentados como un indicador de degradación de los bosques maduros de la región, si los parches que los afectan son ocasionados por actividad humana, y desde estas pequeñas áreas antrópicas se inicia el proceso de praderización.

El área de bosques fragmentados se incrementa en 464 Km<sup>2</sup> entre el 2002 y el 2007. Este aumento es relativamente pequeño, pero si se tiene en cuenta las áreas que no cambiaron (2.692 Km<sup>2</sup>), la cifra se convierte en 2.276 Km<sup>2</sup>; sin embargo, a esta cifra se deben descontar los cambios sufridos entre los mismos fragmentados (209 Km<sup>2</sup>), de esta manera se obtiene que un total de 2.067 Km<sup>2</sup> de bosques maduros amazónicos se han degradado, pues pasaron a un estado de fragmentación. Estos cambios sucedieron a una tasa media anual de 413 Km<sup>2</sup> (tabla 2).

Cuando los cambios se analizan con respecto a la pérdida de áreas del 2002, estas suman 1.812 Km<sup>2</sup>, pero a esta cifra también se descuenta el total de área de cambio entre los mismos bosques fragmentados (209 Km<sup>2</sup>), entonces se obtiene que 1.603 Km<sup>2</sup> de la superficie inicial del 2002 cambia a otras coberturas: pastizales (71,3%), bosque no fragmentado (14,3) y vegetación secundaria (13,5%).

Los departamentos con mayores tasas de incremento medio anual en bosques fragmentados son Caquetá (96,2 Km<sup>2</sup>), Putumayo (57,6 Km<sup>2</sup>), Guaviare (43,7 Km<sup>2</sup>) y Meta (25 Km<sup>2</sup>). En la figura 4 se evidencia que la fragmentación de bosques naturales tiene incrementos en todos los departamentos.

### Dinámica de los pastizales en la región amazónica

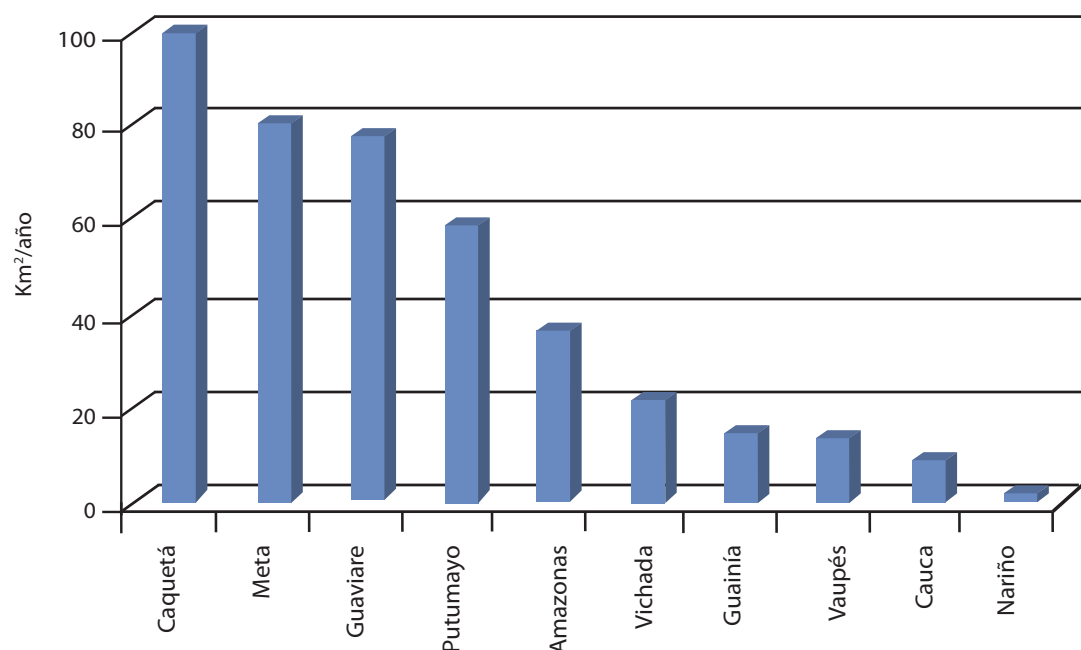
En el 2007, el 7% de la Amazonia colombiana contaba con cobertura de pastos. En el período 2002-2007 los pastos se incrementaron en 10.141 Km<sup>2</sup>. Para obtener esta cifra, se descontó las áreas de cambio entre las clases de pastos (4.504 Km<sup>2</sup>) al total de ganancia (tabla 3). La tasa media anual de praderización fue de 2.028 Km<sup>2</sup>.

El 95,6% del área en la que se incrementan los pastos, es decir, procesos de praderización, proviene principalmente de bosque, vegetación secundaria y bosque fragmentado.

La disminución de áreas en pastos es de 1.334 Km<sup>2</sup>, esta cifra corresponde al total de pérdida (5.838 Km<sup>2</sup>) ajustado por los cambios entre las mismas clases de

**TABLA 2.** ÁREAS (KM<sup>2</sup>) Y DINÁMICAS CAMBIOS EN LAS ÁREAS DE LOS BOSQUES FRAGMENTADOS.

Nombre de la cobertura	2002	2007	Sin cambio	Ganancia	Pérdida
Bosque fragmentado con pastos y cultivos	2.460,44	2.693,45	1.302,62	1.390,83	1.157,82
Bosque fragmentado con vegetación secundaria	2.043,56	2.274,51	1.389,32	885,19	654,24
Total	4.504,00	4.967,97	2.691,95	2.276,02	1.812,05



**FIGURA 4.** ÁREAS (KM²) Y DINÁMICAS TASA MEDIA ANUAL (TMA) DE FRAGMENTACIÓN POR DEPARTAMENTO.

pastos (4.504 Km²). Estas superficies se transforman en vegetación secundaria (72,3%), bosques fragmentados (12,8%) y bosques (9,6%).

Los departamentos con mayores tasas de praderización son Caquetá (810,4 Km²), Meta (488,4 Km²), Putumayo (259,2 Km²) y Guaviare (298,8 Km²). Las áreas en pastos se incrementaron en todos los departamentos de la región (figura 5).

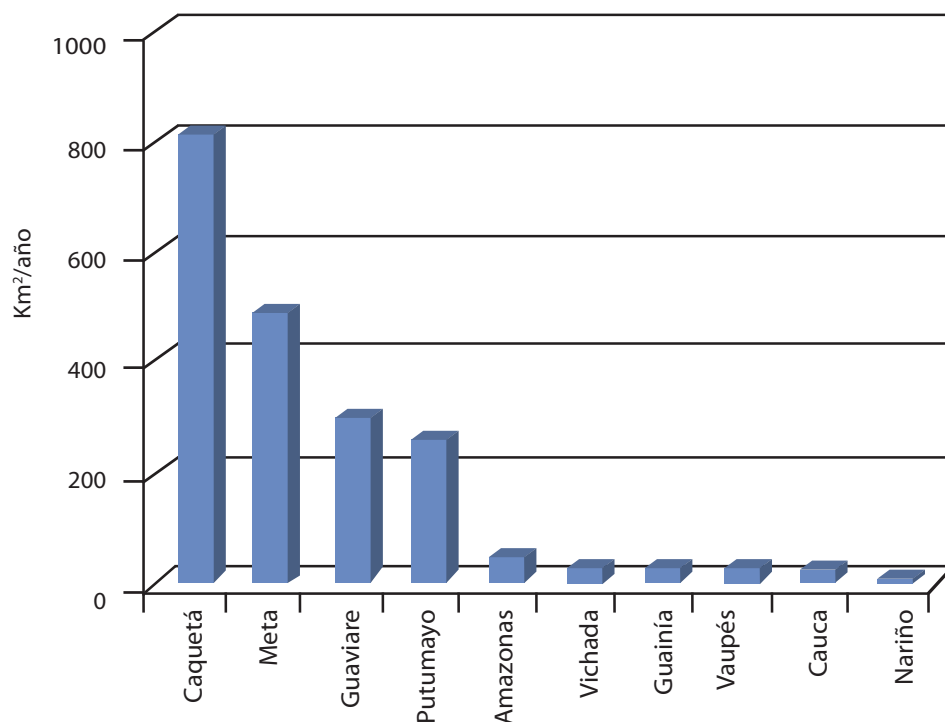
## Conclusiones

A partir del análisis de cambios de coberturas de la tierra entre el 2002 y el 2007, la Amazonia colombiana presenta una tasa anual de deforestación de 1.536 Km². Los departamentos con mayores cifras de pérdida de bosques son Caquetá 418,67 Km²/año, Meta 342,37 Km²/año, Guaviare 263,05 Km²/año y Putumayo 218,10 Km²/año.

**TABLA 3.** ÁREAS (KM²) Y DINÁMICAS CAMBIOS EN LAS ÁREAS DE PASTOS.

Cobertura	2002	2007	Sin cambio	Ganancia	Pérdida
Pastos limpios	14.909,02	20.021,39	12.987,71	7.033,68	1.921,31
Pastos enmalezados	1.139,37	546,22	159,58	386,64	979,79
Mosaico de pastos y cultivos	299,57	318,87	245,12	73,75	54,45
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	1.303,41	1.314,09	773,89	540,21	529,52
Mosaico de pastos con espacios naturales	7.021,46	11.279,33	4.668,03	6.611,30	2.353,43
Total	24.672,83	33.479,91	18.834,33	14.645,57	5.838,50

Fuente: Estudio. Áreas en Km².



**FIGURA 5.** TASA MEDIA ANUAL DE PRADERIZACIÓN POR DEPARTAMENTOS.

Se detectó una renovación o recuperación de bosque de 524,6 Km<sup>2</sup>; este fenómeno amerita un análisis detallado, con el fin de determinar la ubicación precisa e identificar las causas que inducen dicha recuperación, para tener en cuenta en los procesos de gestión ambiental relacionados con manejo y recuperación de bosques.

Se detectó que 2.067 Km<sup>2</sup> de bosque natural se transformaron por procesos de fragmentación, principalmente ocasionado por actividades humanas. La dinámica de los bosques fragmentados muestra un cambio en las áreas ya intervenidas a zonas con mayor degradación, como pastizales (71,3%) y vegetación secundaria (13,5%). También se evidencia el paso de estas coberturas a bosques no fragmentados en un 14,3%, lo cual representa una recuperación del bosque.

La vegetación secundaria (rastrojos) perdió una superficie de 4.329 Km<sup>2</sup>, y pasó a pastizales, principalmente. Esta situación debe despertar interés para las entidades

responsables de la gestión ambiental, pues esta vegetación representa una oportunidad para la conservación del bosque, mediante la aplicación de estrategias de manejo adecuado, que propicien actitudes distintas de las comunidades, de modo que se alcancen estadios avanzados en la sucesión.

Entre el 2002 y el 2007, los pastizales tuvieron un incremento en la superficie ocupada. Los departamentos en los cuales fue más evidente este fenómeno son Caquetá, Meta, Putumayo y Guaviare. La tasa media anual de praderización en la Amazonia fue de 2.028 Km<sup>2</sup>.

En general, la mayor dinámica de deforestación, fragmentación de bosques y praderización se presenta en Caquetá, Meta, Putumayo y Guaviare. Estos fenómenos son inducidos por las actividades antrópicas que presionan el territorio amazónico, y así se genera la degradación y transformación acelerada de sus ecosistemas boscosos.



## Referencias

- BÜTTNER, G.; FERANEC, J.; & JAFFRAIN, G. (2002). *CORINE Land Cover update*. Technical guidelines European Environment Agency. Copenhagen. Disponible en [http://www.eea.europa.eu/publications/technical\\_report\\_2002\\_89/at\\_download/file](http://www.eea.europa.eu/publications/technical_report_2002_89/at_download/file)
- IDEAM, INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. (2010). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra, metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia, escala 1:100.000*. Bogotá: IDEAM.
- IDEAM, INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES; IGAC, INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI; y CORMAGDALENA. (2008). *Mapa de cobertura de la tierra cuenca Magdalena-Cauca: metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia a escala 1:100.000*. Bogotá: IDEAM, IGAC y Cormagdalena.
- MURCIA, U.; HUERTAS, C.; RODRÍGUEZ, J.; y CASTELLANOS, H. En prensa. *Monitoreo de los bosques y otras coberturas de la Amazonia colombiana, a escala 1:100.000. Cambios multitemporales en el periodo 2002 al 2007*. Bogotá: Sinchi.
- MURCIA, U.; CASTELLANOS, H.; RODRÍGUEZ, J.; y HUERTAS, C. (2010). *Monitoreo de los bosques y otras coberturas de la Amazonia colombiana, datos del año 2007*. (U. Murcia García, Ed.) Bogotá: Sinchi.
- MURCIA, U.; CASTELLANOS, H.; FONSECA, D.; CEONTESEU, N.; RODRÍGUEZ, J.; y HUERTAS, C. (2009). *Monitoreo de los bosques y otras coberturas de la Amazonia colombiana*. Bogotá D.C: Sinchi.
- MURCIA, G. U. G. (2003). *Análisis de los procesos de deforestación y praderización en las zonas de colonización de la Amazonia colombiana. Estudio de caso departamento del Guaviare, periodo 1987-2001*. Pontificia Universidad Javeriana. Tesis de grado MSc. Bogotá, Colombia.



Pradera, Augusto Mazorra