



MONITOREO DE LOS BOSQUES DE LA AMAZONIA COLOMBIANA

Uriel Gonzalo Murcia García¹, Juan Manuel Rodríguez Rondón²;
Henry Omar Castellanos Quiroz³.

Formación rocosa del escudo Guayanés, Uriel Murcia

RESUMEN

La Amazonia colombiana cubre 483.164 km², y cerca del 90% tiene cobertura de bosques naturales, sin embargo, en algunos sectores, existen procesos de intervención que los ponen en riesgo, como consecuencia de los procesos de ocupación, praderización y aumento de cultivos de uso ilícito.

Este artículo evidencia resultados del proceso emprendido por el Instituto Sinchi (Grupo GIAZT) en colaboración con Ideam, IGAC, UAESPNN, Cormacarena y demás entidades que conforman el Sistema de Información Ambiental Territorial de la Amazonia Colombiana SIAT-AC, para consolidar un proceso de monitoreo ambiental en el componente coberturas terrestres. Actualmente se tiene información de tipos de cobertura, su extensión y ubicación, del año 2002; y está generándose esta información del año 2007, para determinar cambios.

La metodología de mapeo de coberturas aplicada es Corine Land Cover ajustada para Colombia, enriquecida del proceso amazónico con coberturas propias de esta región. Se usan imágenes satelitales Landsat y Cbers de libre acceso, georreferenciadas por el IGAC,

interpretadas visualmente, aplicando la leyenda nacional acordada interinstitucionalmente, con apoyo de herramientas SIG y verificación de campo. Como resultado actual se tiene el mapa de coberturas terrestres, incluyendo naturales y antrópicas, escala 1:100.000 del periodo 2002, ésta información se toma como línea base del monitoreo.

A partir de los datos del mapa de coberturas se determinó que los bosques naturales cubrían el 85,8% de toda la Amazonia, y las áreas deforestadas ascendían a 35.788 km². En cuanto a los bosques fragmentados sumaban 4.541 km², de los cuales la mayor superficie la tenía el departamento del Guaviare.

Actualmente se está generando información del periodo 2007, que estará disponible en el primer semestre del 2010, al igual que los datos de deforestación, praderización y demás cambios detectados. Este mapeo se realizará cada 5 años y será fundamental para obtener y difundir la información para apoyar la toma de decisiones, que afecten la Amazonia, en diferentes ámbitos e instancias.

¹ Investigador Instituto Sinchi. Líder Grupo de Gestión de Información Ambiental y Zonificación del Territorio: Amazonia Colombiana GIAZT. Coordinador del SIAT-AC y del Laboratorio de SIGySR

² Investigador Instituto Sinchi. Manejo de información georreferenciada del Laboratorio de SIGySR

³ Investigador Instituto Sinchi. Intérprete coberturas, Laboratorio de SIGySR

PALABRAS CLAVES:

Cobertura de la tierra, bosques, deforestación, praderización, amazonia colombiana, monitoreo ambiental.

ABSTRACT

The Colombian Amazon covers 483.164 km², and nearly 90% of it is covered by natural forest; nevertheless, in some sectors, there are intervention processes such as occupation, meadowing, and illicit plants cultivation which endanger the forest.

This article shows results from the processes initiated by Instituto Sinchi (GIATZ) in collaboration with Ideam, IGAC, Parques Naturales, Cormacarena and other agencies which make up the SIAT-AC (Sistema de Información Ambiental Territorial de la Amazonia Colombiana), in order to consolidate an environmental monitoring process along the territorial covering, extension and location in 2002 and we are gathering information collected in 2007 in order to observe the changes.

The covering mapping method used is Corine Land Cover adjusted to Colombia and enriched by the Amazon process with adequate covering for this region. Free access satellite images, Landsat and Cbers are used geo-referred by IGAC, visually interpreted, using national reading international adopted with support from SIG tools and field verification. As a result, at present we have the land covering map, which includes natural and antropic scale 1:100.000, year 2002 and this information is taking as the monitoring basis.

From the data of the covering map, it was determined that natural forest covered 85.8% of the whole Amazon region and deforested areas went up to 35.788 km². As far as fragmented woods, these added up to 4.541 km² of which the biggest area belonged to Guaviare.

At present we are gathering information of 2007 which will be available during the first semester of 2010, as well as deforestation data, meadowing and other detected changes. This mapping will be done every five years and will be fundamental in order to obtain and give information aimed at the taking of

decisions which will affect the Amazon region in different aspects and instances.

KEY WORDS

Land coverage, forests, deforestation, environmental monitoring, colombian amazon

INTRODUCCIÓN

En la Amazonia colombiana, con una superficie de 483.164 km², los bosques nativos son la cubierta vegetal más importante, que sirve de escudo protector de suelos y demás elementos naturales de los ecosistemas amazónicos; para el año 2002 representaban el 86% de toda la región, en la cual solo el 7.4% evidenciaba procesos de deforestación.

Para hacer monitoreo al estado de los bosques amazónicos y en general de todas las coberturas que cubren la Amazonia, el Instituto Sinchi lleva generando información por más de 10 años, en diferentes iniciativas (Sinchi, 2004, 2006; Murcia G.U., 2003; Murcia G.U. *et al*, 1998, 1999, 2000, 2001, 2003, 2004a, 2004b; Cárdenas *et al*, 2004). Aunado a esto otras entidades han realizado trabajos relacionados con este tema desde hace más de 20 años (Ideam, 1996; Ideam *et al*, 2007; IGAC, 1979, 1993, 1996, 1997, 1999, 2003; IGAC *et al*, 1984; CEGA, 1992; Etter, 1992, 2001; Etter *et al*, 1988; Andrade y Etter, 1986).

El Sinchi en los últimos años viene trabajando en la formulación de un conjunto de indicadores ambientales que permitan evidenciar el estado del ambiente, como parte de un programa regional de monitoreo ambiental (López *et al*, 2007) el cual contribuye a los procesos nacionales (Ideam *et al*, 2002).

Uno de los componentes incluidos en estas iniciativas son las coberturas de la tierra, teniendo en cuenta que son indicador de los procesos de transformación que afecta el territorio, principalmente en lo relacionado con deforestación de los bosques (Murcia, 2007).

Durante los dos últimos años se ha dado inicio a un proceso nacional para obtener información sobre las

coberturas de la tierra, siguiendo una misma metodología a partir de la propuesta Corine Land Cover adaptada a las condiciones del país, la cual ha sido concertada de manera interinstitucional (Ideam *et al*, en prensa). Un primer trabajo se realizó en la cuenca de los ríos Magdalena y Cauca, produciendo el mapa de coberturas del año 2002 a escala 1:100.000 (Ideam, Igac, Cormagdalena, 2008).

Para la Amazonia el Instituto Sinchi ha emprendido un proceso para obtener la información espacial de manera multitemporal cada cinco años, a escala 1:100.000 de los bosques y demás coberturas terrestres como parte de un sistema de monitoreo del estado y cambios de las mismas.

Para las coberturas del año 2002 el Instituto Sinchi produjo la información en un 60% con sus propios presupuestos, y para el restante 40% se suscribió un convenio entre Sinchi, Ideam, Igac y Unidad de Parques. El IDEAM brindó apoyo financiero, la Unidad de Parques produjo datos de la subregión del trapecio amazónico y el IGAC aportó la base cartográfica 1:100.000 y el soporte técnico y logístico para la georreferenciación de las imágenes satelitales.

En la actualidad el Instituto Sinchi está produciendo la información correspondiente al año 2007 sobre el 90% de la región, en este caso el arreglo institucional incluye a la Unidad de Parques que retomó la misma zona interpretada del periodo 2002, al IGAC que ha dado soporte técnico y logístico para que el Sinchi georreferencie las imágenes satelitales y a Cormacarena que financia parte de la producción de datos para el área amazónica de su jurisdicción.

Con los datos del año 2007 más los que ya se tienen del 2002 se tendrán dos momentos de análisis, permitiendo determinar los cambios en cada una de las coberturas, principalmente la deforestación de bosques y el incremento de los pastizales. Se tiene previsto que para el primer semestre del año 2010 se divulgaran estos resultados. Por ahora es del interés institucional y del grupo técnico participante, dar a conocer los resultados obtenidos del periodo 2002, haciendo especial énfasis, en este artículo, sobre, los bosques, las áreas deforestadas y los bosques fragmentados.

Las actuales coberturas vegetales naturales que cubren la Amazonia colombiana deben conservarse de tal manera que sigan cumpliendo con sus funciones de



Zona de inundación, No Amazonas. Uriel Murcia

protección de los elementos ecológicos de la región y sirviendo como fuente de recursos para la población local y nacional.

MATERIALES Y MÉTODOS

LA AMAZONIA COLOMBIANA

Esta es una de las cinco regiones naturales de Colombia que conforman el territorio nacional continental, se localiza en el sur-oriente del país y su principal característica obedece a los amplios espacios que aun conservan ecosistemas naturales, de bosques húmedos principalmente; y a la presencia de mas de 60 etnias de los pueblos indígenas que han vivido y viven aun en la región. Es igualmente importante resaltar los esfuerzos realizados por el Estado colombiano en el proceso de gestión ambiental que permite hoy día contar con cerca del 10% de este territorio en áreas protegidas y cerca del 51% en territorios indígenas.

La Amazonia colombiana tal como se concibe en el país, integra en sus límites aspectos de cuenca hidrográfica, como también aspectos biogeográficos y aspectos de división político-administrativa, en total ocupa 483.164km² (Figura 1). Su delimitación en el Occidente obedece a los límites de divisoria de aguas en la parte alta de la cordillera oriental de los andes colombianos, al Norte corresponde con la zona de coberturas predominantes de bosques que limitan con las sabanas naturales de la Orinoquia y al Sur y Oriente corresponde con los límites internacionales de Colombia con Ecuador, Perú, Brasil y Venezuela.

En cuanto a la división político-administrativa cubre la parte sur del departamento del Vichada; el suroriente del Meta; todo el territorio de los departamentos de Guainía, Guaviare, Vaupés, Amazonas, Putumayo y Caquetá; la Bota Caucana, en el departamento del Cauca y las vertientes amazónicas de Nariño (la parte alta de los ríos Guamuéz, Sucio, San Miguel y Aguarico). Los municipios y corregimientos departamentales⁴ son en total 78, de los cuales 58 corresponden a municipios (41 totalmente incluidos en la región y 17

⁴ División política administrativa transitoria, vigente en la región, pero que no hace parte de las entidades territoriales aprobadas constitucionalmente en el país.

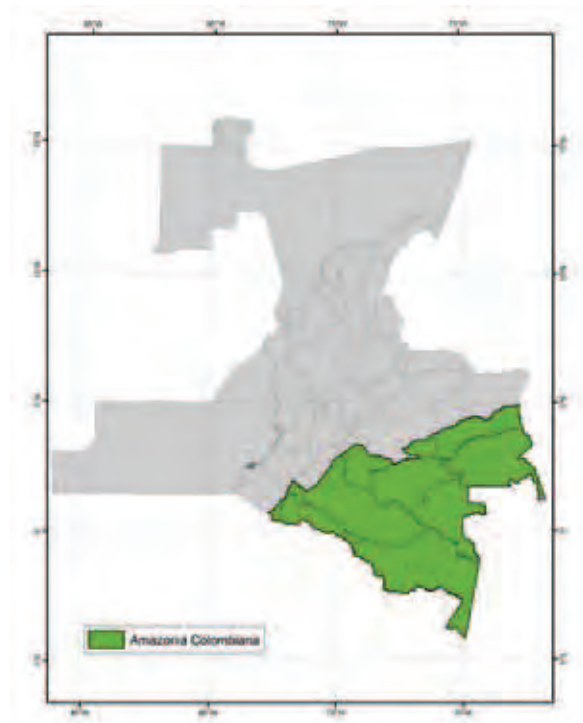
de manera parcial) y 20 corregimientos departamentales, todos incluidos de manera total en la región.

La organización jurídica del territorio, entendida como una aproximación normativa de ordenamiento, evidencia lo siguiente: Resguardos indígenas 50,6%; áreas protegidas (Parques nacionales naturales y Reservas nacionales naturales) 13.8%; existe una doble asignación entre Área protegida y resguardo que asciende al 4.2%; aun así, el área total que está bajo alguna de las dos figuras asciende al 60.2% del total de la región (Raisg, 2009). El restante 39.8% está en reserva forestal y áreas para uso privado individual.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Se ha empleado un conjunto de imágenes satelitales desde las tomadas en el periodo 1999 al 2003, y teniendo como centro temporal el año 2002; entre los programas satelitales de los cuales se obtuvieron imágenes son Landsat con sus distintos sensores TM5

FIGURA 1. AMAZONIA COLOMBIANA



Fuente: Instituto Sinchi.

y ETM+, en la tabla 1 se presenta la relación de escenas empleadas para este trabajo, las cuales se obtuvieron del portal Global Land Cover Facility de la Universidad de Maryland (<http://www.landcover.org/index.shtml>) y del servicio geológico de los Estados Unidos de Norteamérica (<http://glovis.usgs.gov/>).

Algunas escenas que no estaban disponibles en la Universidad de Maryland se obtuvieron del Sistema Integrado de Monitoreo de Cultivos Ilícitos CIMSI de las naciones unidas, se usaron principalmente para recuperar información de áreas cubiertas por nubes (Tabla 2)

Otro apoyo importante para realizar la delimitación de las coberturas fueron las imágenes del modelo de elevación SRTM (por sus siglas en ingles Shuttle Radar Topography Mission) sobre todo para las áreas de relieve pronunciado o en las áreas circundantes a los ríos. El servicio ofrecido por Google Earth, con sus imágenes de alta resolución, fue apoyo para la verificación de la información interpretada.

La cartografía base a escala 1:100.000 empleada para apoyar la delimitación de las clases de coberturas fue proporcionada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC.

TABLA 1. LISTADO DE IMÁGENES LANDSAT

PATH/ROW	SATÉLITE	SENSOR	FECHA
3/58	LANDSAT 7	ETM+	24-04-2001
3/59	LANDSAT 7	ETM+	24-04-2001
4/57	LANDSAT 7	ETM+	09-01-2001
4/58	LANDSAT 7	ETM+	14-03-2001
4/59	LANDSAT 7	ETM+	08-10-2001
4/60	LANDSAT 7	ETM+	10-08-2001
4/61	LANDSAT 7	ETM+	10-08-2001
4/62	LANDSAT 7	ETM+	20-11-1999
4/63	LANDSAT 7	ETM+	08-10-2001
5/57	LANDSAT 7	ETM+	01-02-2001
5/58	LANDSAT 7	ETM+	22-01-2003
5/59	LANDSAT 7	ETM+	08-03-2002
5/60	LANDSAT 7	ETM+	22-01-2003
5/61	LANDSAT 7	ETM+	22-01-2003
5/62	LANDSAT 7	ETM+	16-09-2002
6/58	LANDSAT 7	ETM+	12-03-2001
6/59	LANDSAT 7	ETM+	05-01-2000
7/58	LANDSAT 7	ETM+	03-03-2001
7/59	LANDSAT 7	ETM+	25-07-2001
7/60	LANDSAT 7	ETM+	25-07-2001
7/61	LANDSAT 7	ETM+	04-01-2003
8/58	LANDSAT 7	ETM+	30-08-2000
8/59	LANDSAT 7	ETM+	30-08-2000
8/60	LANDSAT 7	ETM+	30-08-2000
9/59	LANDSAT 7	ETM+	24-08-2001
9/60	LANDSAT 7	ETM+	09-11-2000

TABLA 2. LISTADO DE IMÁGENES PROPORCIONADAS POR EL SIMCI

PATH - ROW	FECHA	CÓDIGO
9-59	09-11-2000	B001L11-S009059A006
9-60	09-09-2001	B011L11-S009060A006
9-60	14-10-2002	B021L11-S009060A006
8-58	30-06-1998	B551L11-S008058A005
8-59	30-06-1998	B551L11-S008059A005
7-60	14-09-2002	B021L11-S007060A004
7-59	23-08-2000	B001L11-S007059A004

Como parte del proceso de verificación de las clasificaciones, se efectuaron varias salidas de campo, una en sector de Puerto Leguizamo, otra en la zona del departamento del Caquetá, también se realizaron tres sobrevuelos bajos desde San José del Guaviare hacia el Oriente y sur oriente; también se acogió la información que se tiene en el Herbario Amazónico Colombiano COAH como parte de los trabajos de campo que se realizan para los inventarios florísticos.

LEYENDA DEL MAPA DE COBERTURAS

Para producir los datos de coberturas se aplicó la metodología *Corine Land Cover*, ajustada a Colombia como resultado de un trabajo interinstitucional durante todo el año 2008 (IDEAM *et al*, 2009). El área mínima cartografiada del mapa de coberturas a escala 1:100.000 fue de 25 hectáreas para coberturas distintas a las urbanas, y de 5 hectáreas para estas. La metodología prevé una aproximación fisonómica de las coberturas, destacando la densidad y alturas principalmente.

La leyenda es estructurada y contempla los tres primeros niveles que deben respetarse a nivel internacional con los cuales se prevén miradas globales sobre esta información, y para los demás niveles, de mayor detalle, se han realizado los ajustes pertinentes para evidenciar la diversidad de coberturas existentes en Colombia, cada nivel asume un código numérico y un nombre de la cobertura.

En el primer nivel están los Territorios artificializados (1), Territorios agrícolas (2), los Bosques y áreas seminaturales (3), Áreas húmedas (4) y Superficies de aguas (5).

Para el segundo nivel se han incluido Zonas urbanizadas (1.1.), Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación (1.2), Zonas de extracción minera y escombreras (1.3), zonas verdes artificializadas no agrícolas (1.4); Cultivos transitorios (2.1), Cultivos permanentes (2.2), Pastos (2.3), Áreas agrícolas heterogéneas (2.4); Bosque (3.1), Áreas con vegetación herbácea o arbustiva (3.2), Áreas abiertas, sin o con poca vegetación (3.3), Áreas húmedas continentales (4.1), Áreas húmedas costeras (4.2); Aguas continentales (5.1) y Aguas marítimas (5.2); para los demás niveles se puede revisar en el Anexo 1.

La aplicación de la leyenda para la Amazonia en el periodo 2002 permitió identificar, delimitar y clasificar 36 tipos distintos de coberturas, las cuales se presentan a continuación, siguiendo el mismo orden jerárquico de la leyenda nacional haciendo una breve descripción para entender mejor estos resultados (Tabla 3).

No se clasifican áreas en cultivos de coca, debido a que la escala de interpretación (1:100.000) no permite discriminar este tipo de coberturas haciendo interpretación visual de las imágenes, y también por que el objetivo de este trabajo no prevé hacer énfasis sobre este tipo de coberturas.

En cuanto a las definiciones de las clases de coberturas se tienen las más relevantes, tomándolas de la leyenda nacional (IDEAM *et al*, 2009):

Bosque denso: Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente

TABLA 3. LEYENDA DEL MAPA DE COBERTURAS DE AMAZONIA COLOMBIANA

CÓDIGO	Nombre de la cobertura
111	Tejido urbano continuo
112	Tejido urbano discontinuo
124	Aeropuertos
231	Pastos limpios
233	Pastos enmalezados
241	Mosaico de cultivos
242	Mosaico de pastos y cultivos
243	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales
244	Mosaico de pastos con espacios naturales
31111	Bosque Denso Alto de Tierra Firme
311121	Bosque Denso Alto Inundable Heterogéneo
311123	Palmar
31121	Bosque Denso Bajo de Tierra Firme
31122	Bosque Denso Bajo Inundable
3131	Bosque Fragmentado con pastos y cultivos
3132	Bosque Fragmentado con Vegetación Secundaria
314	Bosque de galería y ripario
321111	Herbazal denso de tierra firme no arbolado
321112	Herbazal denso de tierra firme arbolado
321113	Herbazal denso de tierra firme con arbustos
321121	Herbazal denso inundable no arbolado
321122	Herbazal denso inundable arbolado
32121	Herbazal abierto arenoso
32122	Herbazal abierto rocoso
3221	Arbustal Denso
32222	Arbustal Abierto mesófilo
323	Vegetación secundaria o en transición
331	Zonas arenosas naturales
332	Afloramientos rocosos
333	Tierras desnudas y degradadas
334	Zonas quemadas
411	Zonas Pantanosas
413	Vegetación acuática sobre cuerpos de agua
511	Ríos (50 m)
512	Lagunas, lagos y ciénagas naturales
99	Sin Información

arbóreos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) más o menos continuo cuya área de cobertura arbórea representa más del 70% del área total de la unidad, y con altura del dosel superior a 5 metros. Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales (Igac, 1999). En esta cobertura se incluyen las palmas naturales. Se exceptúan de esta unidad los bosques fragmentados, los cuales se clasifican en la unidad respectiva.

Esta clase se subdivide en alto o bajo si la altura va por encima de los 15m o entre 5 y 15m respectivamente. La siguiente subdivisión obedece a su localización si esta en zona inundable o en tierra firme. Para el caso de bosque denso alto inundable, se subdivide para evidenciar los palmares.

Bosque fragmentado: Comprende los territorios cubiertos 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 el 5% y el 30% del área de la unidad de bosque natural. La distancia entre fragmentos de intervención no debe ser mayor a 250 metros. Se subdivide dependiendo si la perturbación se presenta por pastos y cultivos, o por vegetación secundaria.

Bosque de galería o ripáreo: Se refiere a las coberturas constituidas por vegetación arbórea ubicada en las márgenes de cursos de agua permanentes o temporales. Este tipo de cobertura está limitada por su amplitud, ya que bordea los cursos de agua y los drenajes naturales. Cuando la presencia de estas franjas de bosques ocurre en regiones de sabanas se conoce como bosque de galería o cañadas, las otras franjas de bosque en cursos de agua de zonas andinas son conocidas como bosque ripario.

Arbustal: Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbustivos, los cuales forman un dosel irregular, pero que puede presentar elementos arbóreos dispersos cuya cubierta representa más del 70% del área total de la unidad. Esta formación vegetal no ha sido intervenida

o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y sus características funcionales (Oram, 1998). Un arbusto es una planta perenne, con estructura de tallo leñoso, con una altura entre 0.5 y 5 m, fuertemente ramificado en la base y sin una copa definida (FAO, 2001).

Herbazal: Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente herbáceos desarrollados en forma natural en diferentes densidades y sustratos, los cuales forman una cobertura densa (>70% de ocupación) o abierta (30% - 70% de ocupación). Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales (Igac, 1999).

Pastizal: Son espacios cubiertos con especies de porte herbáceo de composición florística dominada principalmente por gramíneas, de la familia Poaceae, dedicadas a pastoreo permanente, y que tienen prácticas culturales regularmente.

PROCEDIMIENTOS APLICADOS

DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS DE TRABAJO

La producción de la información estuvo a cargo del Instituto Sinchi en un 90% del total de la región y el restante 10% fue realizado por la Unidad de Parques Nacionales UAESPNN. El IDEAM mediante convenio de cooperación (Sinchi, Ideam, IGAC, Humboldt, Unidad de Parques) hizo un apoyo financiero para la producción de información del sector oriental de la Amazonia, esta distribución se puede ver en la Figura 2.

OBTENCIÓN Y PREPARACIÓN DE IMÁGENES

Todas las imágenes fueron aportadas por el Instituto Sinchi y el Instituto IGAC realizó el proceso de ortorectificación. A las imágenes georreferenciadas se les aplicaron preprocesamientos como realces, filtros, mejoramientos radiométricos y espectrales, cortes y mosaicos, con el fin de suministrar imágenes de alta calidad a los intérpretes.

FIGURA 2. MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE INTERPRETACIÓN POR ENTIDAD



Fuente: elaboración propia

ESTRUCTURACIÓN DE LA BASE DE DATOS

Para la gestión de los datos con sus respectivas versiones, productos finales y otras capas base y temáticas de soporte, se estructuró una base de datos geográficos (ArcGis 9.3.1) con sus respectivos componentes; la tabla de atributos está compuesta por cuatro campos: CODIGO: Codificación correspondiente a la clase temática en la leyenda del mapa de cobertura.

INSUMO: Imagen fuente con la cual se realizó la interpretación con su path-row y fecha correspondiente. APOYO: hace referencia a los tipos de datos auxiliares utilizados para la interpretación.

CONFIABILIDAD: Grado de confiabilidad del polígono interpretado, donde (*) son dudas en la interpretación y (**) son dudas en la interpretación y que necesariamente necesitan verificación.

INTERPRETACIÓN Y DIGITALIZACIÓN DE COBERTURAS

La metodología Corine Land Cover prevé que la interpretación debe realizarse de manera visual sobre pantalla tomando como referencia la imagen satelital. Para garantizar información de alta calidad se conformó un grupo de interpretes con experiencia en este procedimiento que se sustenta en la técnica denominada PIAO (Photo-Interprétation Assistée par Ordinateur por sus siglas en francés).

Este procedimiento consiste en interpretar, digitalizar y capturar las coberturas de forma visual sobre pantalla, apoyados en algunas ocasiones con información adicional de fotografías aéreas, imágenes de alta resolución en Google Earth, inventarios y estudios florísticos elaborados por el SINCHI y visitas de campo.

Fueron utilizadas reglas específicas para generalización de unidades temáticas, según criterios establecidos, para lo cual se usaron herramientas básicas del software ArcGIS 9.3 como Create New Feature, Auto-complete Polygon, Cut Polygon Feature, en algunas ocasiones se emplearon otras herramientas como ILWIS 3,6 y Geomática 10.

VERIFICACIÓN EN CAMPO

Se efectuaron varias salidas de campo por tierra y sobre vuelos, de las cuales se hicieron observaciones en terreno, registros fotográficos y videos, estos se relacionaron con las respectivas coordenadas geográficas. El mayor esfuerzo de verificación en terreno se hizo sobre aquellas clases de coberturas que no tenían suficiente información secundaria para su corroboración. El procedimiento consistió en ubicar, previa a la salida, las unidades a verificar, llegar hasta ellas y localizar sitios representativos de la cobertura, en donde se hacía la verificación del tipo de cobertura, altura, densidad, condiciones de drenaje.

CONTROL DE CALIDAD

Por iniciativa del Instituto SINCHI se diseñaron varios protocolos para el control de calidad temático, geométrico y de empalmes, con el fin de garantizar la calidad de la información, tanto de precisión como de exactitud. Durante cada fase del proceso se hizo un control de la calidad, desde la georreferenciación de imágenes hasta la obtención del mapa final.

Para controlar los procesos de digitalización y clasificación de las coberturas, se aplicó un procedimiento que verificaba la interpretación inicial, esto se hizo con muestreo aleatorio, a partir de un determinado nube de puntos sobre la zona interpretada; el experto en control de calidad, verificaba que la interpretación cumpliera los estándares acordados de precisión y exactitud temática; si la interpretación pasaba este filtro, se hacía un control de interpretación del 100% de las líneas y etiquetas, mediante verificación visual polígono a polígono, identificando y sistematizando, mediante una capa de datos en la base de datos geográficos, los ajustes requeridos, los cuales se devolvían al intérprete para los cambios necesarios, hechos estos, la interpretación era

sometida a un segundo control por parte del grupo de control de calidad, hasta que se aprobaba.

El otro control se aplicó para la elaboración de empalmes entre bloques de áreas interpretadas y para los mosaicos del mapa final. Este consistió en verificar la exactitud temática entre bloques a empalmar, identificando, mediante una serie de puntos fijos en cada bloque, los tipos de cobertura antes y después del proceso de empalme, con el fin de asegurar la integridad de la información original.

La última fase del control de calidad se aplicó sobre el mapa completo de toda la Amazonia, esto se hizo mediante una serie de consultas geográficas, para ubicar tipos de coberturas que se antemano se conoce su ubicación geográfica, identificando de esta manera la presencia de coberturas ubicadas fuera de su contexto real.

OBTENCIÓN DE DATOS Y ESTADÍSTICAS

Una vez generada la versión 1.0 de la capa de datos, cumpliendo con todos los procesos de calidad, y con el apoyo de las herramientas SIG, se aplicaron una serie de análisis espaciales tipo cruce de mapas, para obtener la información de los tipos de coberturas con sus respectivas estadísticas de área, número de polígonos y ubicación geográfica.

Estos análisis permitieron obtener datos de cada cobertura con referencia a toda la Amazonia colombiana, o determinar las áreas de algunas coberturas como bosques, bosques fragmentados, pastos, vegetación secundaria, zonas deforestadas, etc., con referencia a los grandes paisajes de planicie o montaña, o con relación a los departamentos que conforman la región.

Todo esto ha sido posible como fruto del trabajo de un equipo técnico con amplia experiencia en la interpretación, clasificación y manejo de imágenes de sensores remotos para obtener información de coberturas de la tierra.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Uno de los principales resultados alcanzados es el mapa de coberturas de la tierra de toda la Amazonia

colombiana a escala 1:100.000 del año 2002 (Figura 3). Este producto a esa escala, es uno de los pocos mapas temáticos que se han generado de toda la Amazonia después del trabajo de Prorradam (IGAC, 1979).

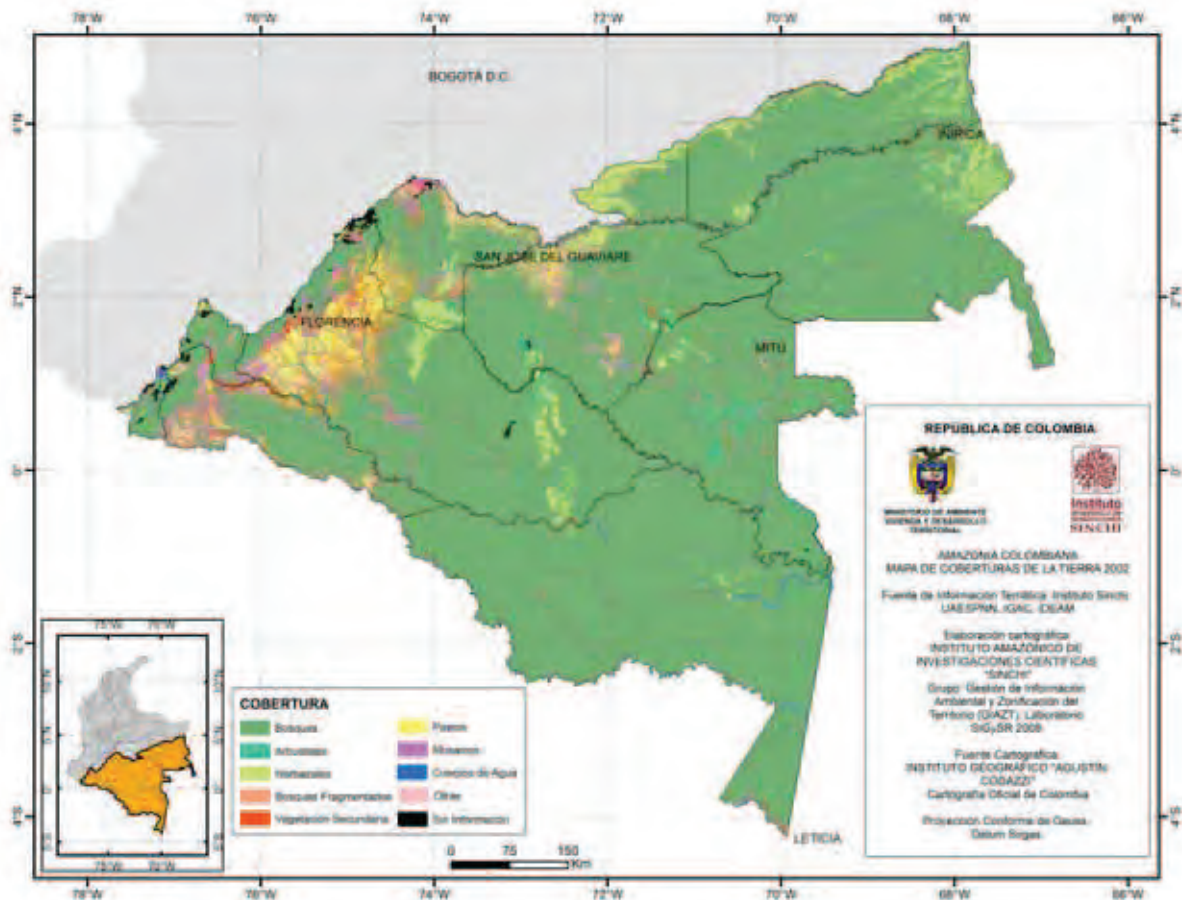
Una primera aproximación a las coberturas de la región evidencia que los bosques naturales cubrían el 85,8% (414.775,08 Km²), el bosque fragmentado era el 0,94% (2.418,3 Km²), los arbustales cubrían el 0,5% (2.418,3 Km²), las áreas cubiertas con herbazales naturales eran el 3,49% (16.875,7 Km²), con vegetación secundaria estaba el 2,23% (10.755,62 Km²), al agrupar las zonas que presentaban un combinación de varias coberturas como pastos, cultivos y espacios naturales, están representaban el 1,82% (8.783,03 Km²), en cuanto a las coberturas de origen antrópico, como los pastos manejados la región tenía el 3,44% (16.603,18 Km²), en cuanto a vegetación

sobre cuerpos de agua o en zonas pantanosas había el 10,13% (649,88 Km²), los cuerpos de agua tanto los lenticos como los loticos representaban el 1,13% (5.455,77 Km²), las áreas sin vegetación ya sea porque eran arenales o áreas degradadas solo representaban el 0,13% (609,27 Km²), los centros urbanos ocupaban el 0,02% (78,01 Km²), y finalmente quedó un 0,34% (1.619,33 Km²) sin información como consecuencia de la presencia de nubes en las imágenes.

DISTRIBUCIÓN DE LAS COBERTURAS

Esta aproximación para localizar geográficamente las coberturas se hace teniendo tres criterios, el primero para toda la Amazonia, el segundo criterio aplica una subdivisión de la región en dos grandes paisajes, la llanura o planicie y la parte de montaña que incluye la zona ubicada por encima de los 500 metros sobre el

FIGURA 3. MAPA DE COBERTURAS DE LA TIERRA DE LA AMAZONIA COLOMBIANA 2002



Fuente: elaboración propia

TABLA 4. TIPOS DE COBERTURAS DE LA AMAZONIA SEGÚN GRANDES PAISAJES

CÓDIGO	Nombre de la cobertura	Área (Km ²)		
		Llanura	Montaña	TOTAL
111	Tejido urbano continuo	35,6	5,3	40,9
112	Tejido urbano discontinuo	28,1	1,1	29,2
124	Aeropuertos	7,7	0,1	7,9
231	Pastos limpios	14501,5	952,9	15454,4
233	Pastos enmalezados	1002,1	146,7	1148,8
241	Mosaico de cultivos	0	0,9	0,9
242	Mosaico de pastos y cultivos	224	78	302
243	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	935	394,8	1329,7
244	Mosaico de pastos con espacios naturales	6059,3	1091,1	7150,4
31111	Bosque Denso Alto de Tierra Firme	342004,2	18370,9	360375,1
311121	Bosque Denso Alto Inundable Heterogéneo	30558,7	0	30558,7
311123	Palmar	869,1	0	869,1
31121	Bosque Denso Bajo de Tierra Firme	15549,8	0	15549,8
31122	Bosque Denso Bajo Inundable	1854,5	0	1854,5
3131	Bosque Fragmentado con pastos y cultivos	2070	443,1	2513
3132	Bosque Fragmentado con Vegetación Secundaria	1532,6	495,6	2028,2
314	Bosque de galería y ripario	5567,8	0	5567,8
321111	Herbazal denso de tierra firme no arbolado	9155,2	91,8	9247
321112	Herbazal denso de tierra firme arbolado	867,1	31,2	898,3
321113	Herbazal denso de tierra firme con arbustos	3201,5	108,3	3309,8
321121	Herbazal denso inundable no arbolado	1408,3	0	1408,3
321122	Herbazal denso inundable arbolado	379,9	0	379,9
32121	Herbazal abierto arenoso	553,6	0	553,6
32122	Herbazal abierto rocoso	1058,4	20,4	1078,8
3221	Arbustal Denso	1926	15,1	1941
32222	Arbustal Abierto mesófilo	460,1	17,2	477,3
323	Vegetación secundaria o en transición	9541	1214,6	10755,6
331	Zonas arenosas naturales	232,5	0	232,5
332	Afloramientos rocosos	42,7	13,2	55,9
333	Tierras desnudas y degradadas	6,9	0,3	7,2
334	Zonas quemadas	313,7	0	313,7
411	Zonas Pantanosas	647,4	0	647,4
413	Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	2,5	0	2,5
511	Ríos (50 m)	5005,7	65	5070,7
512	Lagunas, lagos y ciénagas naturales	343	42,1	385,1
99	Sin Información	158,6	1460,7	1619,3
TOTALES		458104,3	25060,1	483164,4

Fuente: elaboración propia

nivel del mar hasta la divisoria de aguas en la cordillera oriental de los Andes colombianos y el tercero por departamentos. En primer lugar se hace una distribución de las coberturas en toda la región, distribuyéndolas por grandes paisajes; luego se hace un análisis para los bosques fragmentados, las áreas deforestadas, los pastos plantados y finalmente para la vegetación secundaria.

Las coberturas naturales que incluyen los bosques, los herbazales y arbustales suman el 91.1% de la región, mientras que las áreas deforestadas llegaban al 7,41%. En la tabla 4 se evidencian las cifras para cada una de las coberturas distribuidas en cada gran paisaje y el total de la región.

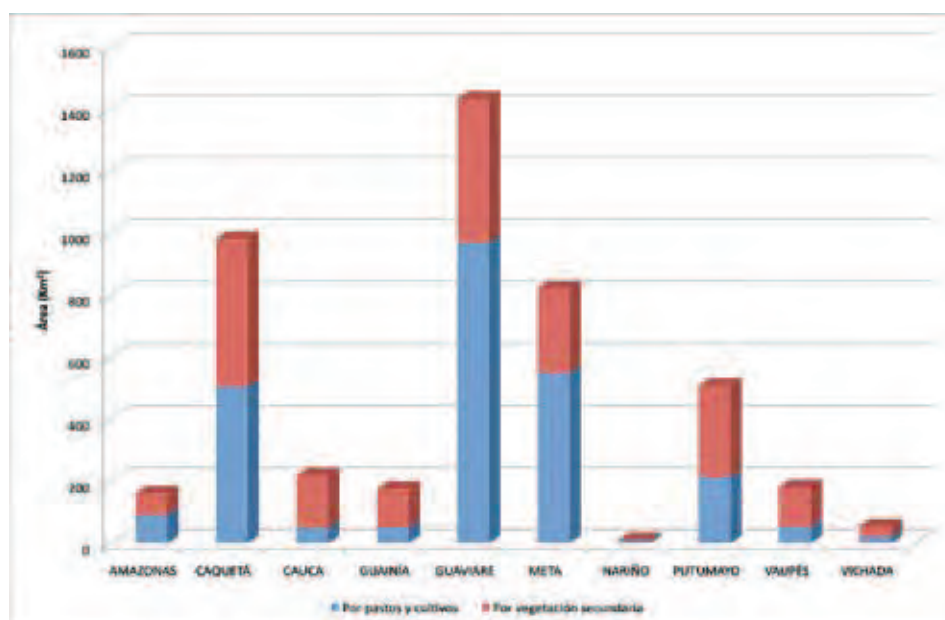
Los bosques inundables, incluidos los palmares y los bosques bajos están enteramente en la planicie o llanura, mientras que los herbazales están distribuidos en los dos grandes paisajes con el 98,6% en la llanura y el 1,34% en la zona montañosa, en este caso se entiende que ese porcentaje en montaña corresponde con las áreas de páramos. Algo interesante que se detectó es que el 90,2% de las áreas sin información están en el área montañosa debido a la continua presencia de nubes en las zonas altas de la montaña.

BOSQUE FRAGMENTADO

El área de esta clase fue de 4.541,20 km², incluye las áreas de bosque fragmentado por pastos y cultivos con 2.513,04 km² y el fragmentado por vegetación secundaria con un área de 2.028,16 km². Cuando se determina la distribución por paisajes se encuentra que en la planicie había 3.602,6 km² de los cuales el 57,46% se debían a pastos y cultivos, mientras que el restante 42,54% era por vegetación secundaria; en la montaña había un total de 938,7 km², con el 55,34% por fragmentación debida a pastos y cultivos y el 44,66% por vegetación secundaria.

Tomando como referencia los datos presentados en la Figura 4 y la tabla 5, se evidencia que el departamento con mayor área de bosque fragmentado es Guaviare con el 31,5% del total (1.432 km²), seguido por los departamentos de Caquetá (981.1km²), Meta (822km²) y Putumayo (507km²); esta situación evidencia procesos activos de intervención sobre áreas nuevas de bosque. Los departamentos con menores áreas de bosque fragmentado son Nariño, Vichada, Amazonas, Guainía, Vaupés y Cauca, con menos de 250km², cada uno.

FIGURA 4. DISTRIBUCIÓN DE BOSQUE FRAGMENTADO



Fuente: elaboración propia

TABLA 5. ÁREAS DE BOSQUE FRAGMENTADO, POR DEPARTAMENTO

DEPARTAMENTO	Bosque fragmentado					
	Por pastos y cultivos		Por vegetación secundaria		SUBTOTAL	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
Amazonas	91,41	3,64	68,81	3,39	160,22	3,53
Caquetá	504,72	20,08	476,42	23,49	981,14	21,61
Cauca	50,95	2,03	167,5	8,26	218,45	4,81
Guainía	51,81	2,06	122,79	6,05	174,6	3,84
Guaviare	967,4	38,5	464,63	22,91	1432	31,53
Meta	549,3	21,86	272,68	13,44	821,98	18,1
Nariño	8,99	0,36	1,16	0,06	10,15	0,22
Putumayo	213,09	8,48	293,96	14,49	507,05	11,17
Vaupés	53,45	2,13	127,35	6,28	180,8	3,98
Vichada	21,92	0,87	32,86	1,62	54,78	1,21
TOTAL	2513,04	100	2028,16	100	4541,2	100

Fuente: elaboración propia

ÁREAS DEFORESTADAS

En total para el año 2002 se detectaron 35.788km² deforestados, representan el 7,4% de la Amazonia; el concepto de área deforestada se asume como aquellas zonas que para ese momento estaban en pastizales, vegetación secundaria de origen antrópico, en este caso se exceptúan las clasificadas como chagras de viento y las ocasionadas por dinámicas fluviales; también se incluyen los mosaicos con predominio de coberturas de origen antrópico como pastos o cultivos (Figura 5).

El área deforestada se distribuye en llanura 31.909 km² (89,2%) y en Montaña 3.879 km² (10,8%). Con respecto toda la región, estas cifras representan el 6,6% y 0,8% respectivamente. Las áreas deforestadas al interior de cada gran paisaje representan en la llanura el 7%, y en la Montaña el 15,5%; esto indica que el proceso de deforestación es más intenso, en las áreas montañosas (Tabla 6.)

Cuando se hace una aproximación de estas cifras por departamento, a partir de las evidencias de la Figura 6, se encuentra que Caquetá presenta la mayor superficie deforestada (16.171,8 km²) en términos con-

cretos, pero que Putumayo evidencia la mayor proporción de su territorio afectado por deforestación, seguido por Caquetá y Meta.

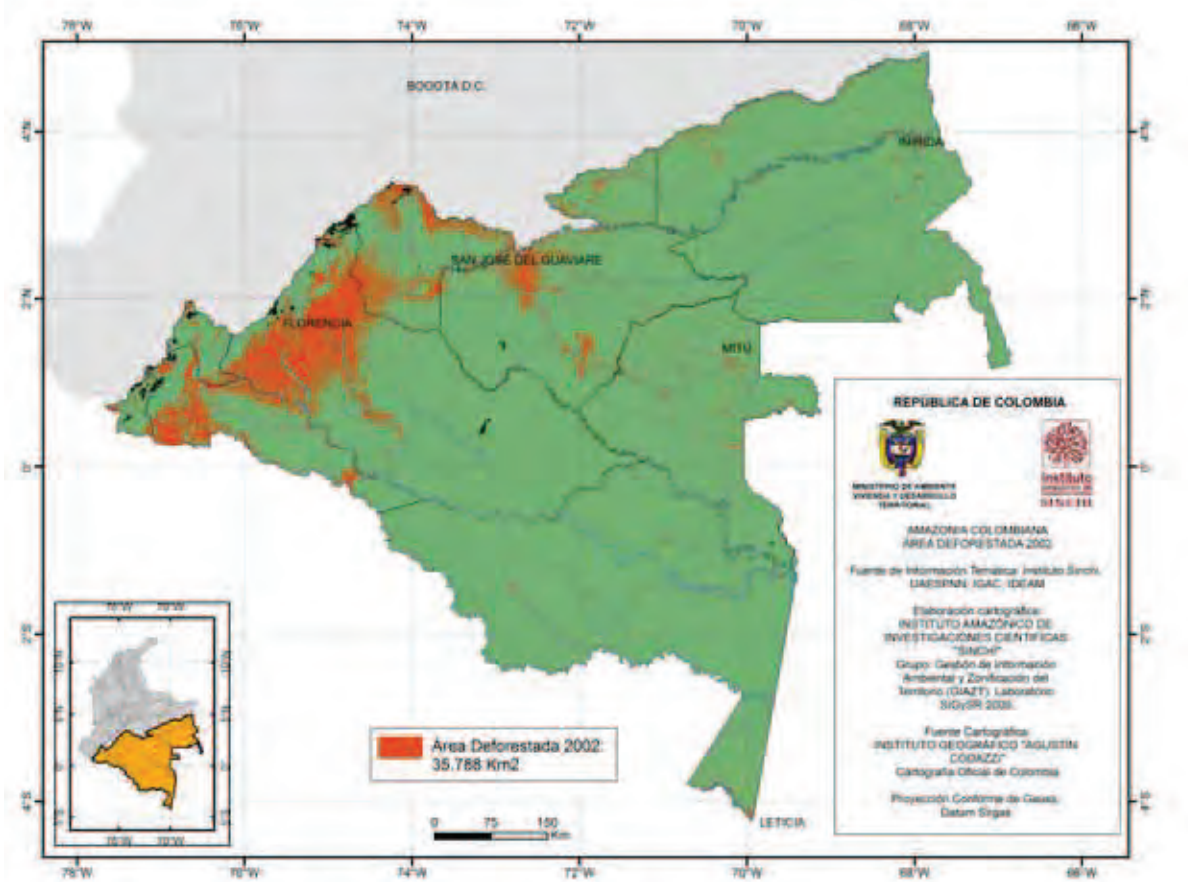
PASTOS

La superficie total en pastos para el periodo 2002 fue de 25.385,4 km², de los cuales en la clase pastos limpios había 15.453 km², en pastos enmalezados 1.149 km², también se incluyen en esta categoría de pastizales aquellas áreas que se clasificaron como mosaicos, esto es, zonas que evidencian la presencia de pastos en asocio con otras coberturas como cultivos y espacios naturales, ya sean bosques, arbustales, herbazales, cuerpos de agua, entre otros, el área de esta clase de mosaicos sumó 8.872 km² (Figura 7).

Cuando se observan los datos de la tabla 7 se detecta que el paisaje en donde predominan los pastos y las unidades complejas con predominio de estos es la llanura con el 89,5%, mientras que en la montaña solo había el 10,5%.

Los departamentos con mayores extensiones de pastizales son Caquetá con más del 46% del total, seguido

FIGURA 5. ÁREA DEFORESTADA EN LA AMAZONIA COLOMBIANA AL 2002



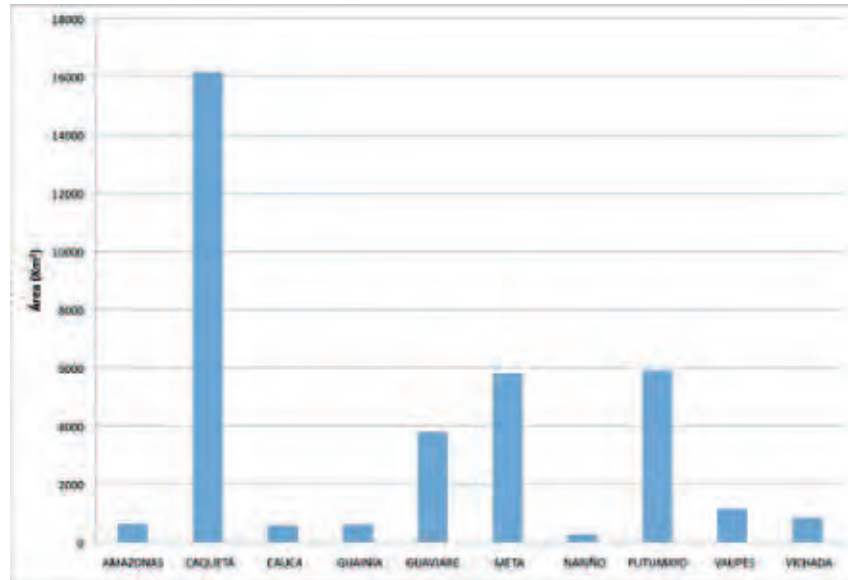
Fuente: elaboración propia

TABLA 6. ÁREA DEFORESTADA POR DEPARTAMENTO Y PAISAJE

Departamento	Área deforestada					
	Llanura		Montaña		TOTAL DEFORESTADO	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
Amazonas	634,5	100,0	0,0	0,0	634,5	1,8
Caquetá	14269,9	88,2	1901,8	11,8	16171,8	45,2
Cauca	292,1	49,8	294,6	50,2	586,6	1,6
Guainía	612,5	100,0	0,0	0,0	612,5	1,7
Guaviare	3802,6	100,0	0,0	0,0	3802,6	10,6
Meta	5050,5	86,7	771,6	13,3	5822,1	16,3
Nariño	81,0	29,5	193,7	70,5	274,8	0,8
Putumayo	5175,2	87,8	717,4	12,2	5892,5	16,5
Vaupés	1149,8	100,0	0,0	0,0	1149,8	3,2
Vichada	840,8	100,0	0,0	0,0	840,8	2,3
TOTAL	31908,9	89,2	3879,2	10,8	35788,1	100,0

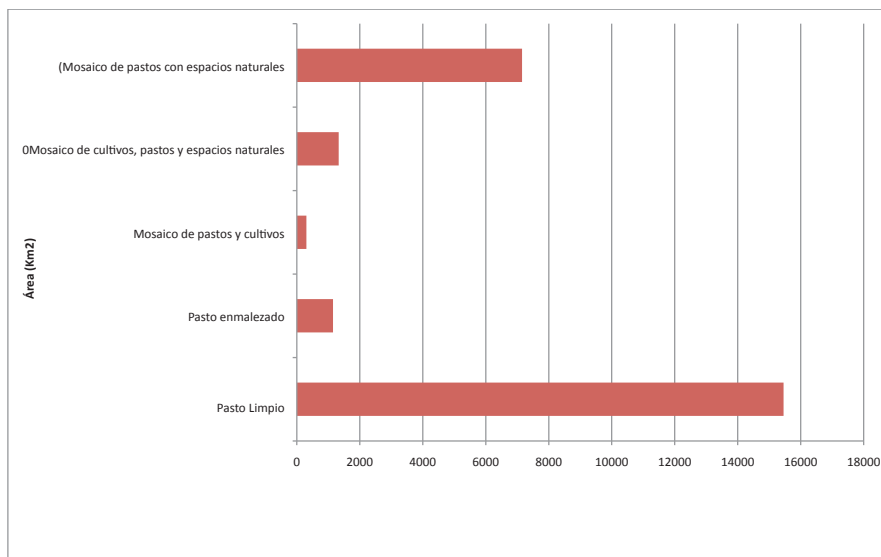
Fuente: elaboración propia

FIGURA 6. DISTRIBUCIÓN DE ÁREA DEFORESTADA POR DEPARTAMENTO



Fuente: elaboración propia

FIGURA 7. ÁREA DE PASTOS Y MOSAICOS CON PASTOS



Fuente: elaboración propia

por Meta y Putumayo con porcentajes muy similares (16,7%, 16,2%) (Tabla 8).

VEGETACIÓN SECUNDARIA O EN TRANSICIÓN

Se detectaron 10.755,6 km², bajo esta de clase de cobertura, que incluye las áreas que han sido deforestadas y están en procesos de sucesión, también se

incluyen las zonas que han sufrido pérdida de bosques a causa de los vientos que generan las denominadas chagras de viento, y las áreas que están en proceso de sucesión a partir de la colmatación de cuerpos de agua y su correspondiente generación de vegetación.

La importancia de esta cobertura radica en que corresponde a los estados transicionales de transformación de los ecosistemas amazónicos, ya sea esta natu-

TABLA 7. ÁREA EN PASTOS DISTRIBUIDOS POR PAISAJE

PAISAJE	Distribución por paisaje de pastos y mosaicos de pastos con otras coberturas (km ²)					
	Pasto limpio	Pasto enmalezado	Mosaico de pastos y cultivos	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	Mosaico de pastos con espacios naturales	TOTAL
Llanura	14501	1002,1	224	934,9	6059,2	22721,2
Montaña	952,9	147,5	78	394,7	1091,1	2664,2
TOTAL	15453,9	1149,6	302	1329,6	7150,3	25385,4

Fuente: elaboración propia

TABLA 8. PASTOS DISTRIBUIDOS POR DEPARTAMENTOS.

Departamento	Distribución por departamentos de pastos y mosaicos de pastos con otras coberturas (km ²)						
	Pasto limpio	Pasto enmalezado	Mosaico de pastos y cultivos	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	Mosaico de pastos con espacios naturales	SUBTOTAL	%
Amazonas	32,8	4,1	28,4	167,8	26,7	259,8	1,0
Caquetá	8390,0	704,6	9,9	284,8	2466,8	11856,1	46,7
Cauca	94,7	10,8	3,5	42,8	247,0	398,7	1,6
Guainía	49,6	3,6	0,0	124,8	130,9	308,9	1,2
Guaviare	1833,0	32,8	0,0	3,4	1199,7	3068,9	12,1
Meta	2796,4	227,2	15,4	401,3	797,2	4237,4	16,7
Nariño	94,1	11,2	34,4	4,7	87,2	231,6	0,9
Putumayo	1990,8	143,5	67,7	26,3	1889,2	4117,5	16,2
Vaupés	49,6	4,3	142,8	239,4	145,3	581,4	2,3
Vichada	122,8	7,5	0,0	34,4	160,6	325,3	1,3
TOTAL	15453,6	1149,7	302,0	1329,7	7150,4	25385,4	100,0

Fuente: elaboración propia

ral o antrópica. Localmente se denominan rastrojos o cañeros, y cuando su causa es intervención antrópica, casi siempre están localizados en los espacios intermedios entre los pastos y los bosques. Pareciera que sirven de escudos protectores de los bosques nativos contra los embates de la ocupación, sin embargo si no se hace una adecuada gestión para que estas coberturas se manejen desde otra perspectiva, no importara su presencia, siempre perderán frente a las acciones humanas de ampliar las áreas de las fincas, con el único fin de incrementar los pastizales que soportan una lánguida ganadería poco productiva.

Una primera evaluación permitió diferenciar 9.978,6 km² como zonas deforestadas por causas antrópicas;

497,8 km² por influencia del viento y los restantes 270,2 km², en áreas de antiguos cuerpos de agua (Tabla 9).

Cuando se evalúa la distribución de esta cobertura en los dos grandes paisajes, se detecta que en llanura había 9.541,0 km², mientras que en montaña solo 1.214,6 km² (Tabla 9). En el mismo sentido en la llanura el mayor porcentaje de esta cobertura era la de origen antrópico con 8.773km²; para el caso de montaña solo se evidencio la de origen antrópico. Algo interesante que se esperaba y que fue corroborado con los datos alcanzados, fue que las áreas con vegetación secundaria originada por la acción de los vientos, solo están presentes en las zonas planas de la llanura.

Los departamentos con mayor proporción de vegetación secundaria son en orden descendente Caquetá, Putumayo, Meta y Guaviare. Cuando se hace este mismo análisis por origen y departamento se encuentra que para las áreas provenientes de deforestación antrópica estos departamentos conservan su importancia en las mismas proporciones, mientras que para las áreas provenientes de acción eólica los departamentos con mayores superficies son Guaviare, Caquetá, Amazonas y Vaupés (Tabla 10).

CONCLUSIONES

El mapa de coberturas de la tierra, a la escala de 1:100.000, representa una fuente de información que debe servir para apoyar las acciones de toma de decisiones, la gestión ambiental sobre los recursos natura-

les y el territorio o para los procesos de investigación ambiental en la Amazonia.

Es posible consolidar un proceso de monitoreo de coberturas de la tierra sobre la base de un trabajo colaborativo entre las entidades del SINA regional, en el marco de iniciativas como la del Sistema de Información Ambiental Territorial de la Amazonia Colombiana SIAT-AC, en donde el instituto Sinchi está coordinando las acciones, y ya se tiene una información de línea base del año 2002

La metodología, leyenda y base de datos georreferenciada empleadas para generar la información permiten hacer mediciones periódicas y sistemáticas, y son elementos básicos de un proceso de monitoreo de los bosques y demás coberturas.

TABLA 9. VEGETACIÓN SECUNDARIA POR PAISAJES

PAISAJE	Distribución por paisaje de Vegetación secundaria según origen							
	Antrópico		Hídrico		Viento		TOTAL	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Llanura	8.773,0	81,6	270,2	2,5	497,8	4,6	9541	88,7
Montaña	1.214,6	11,3	-	-	-	-	1214,6	11,3
TOTAL	9.987,6	92,9	270,2	2,5	497,8	4,6	10755,6	100

Fuente: elaboración propia

TABLA 10. VEGETACIÓN SECUNDARIA POR DEPARTAMENTOS

DEPARTAMENTO	Distribución por departamento de Vegetación secundaria según origen							
	Antrópico		Hídrico		Eólico		SUBTOTAL	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
Amazonas	347,4	3,23	29,5	0,27	62,3	0,58	439,2	4,08
Caquetá	4.309,5	40,07	27,5	0,26	143	1,33	4480,0	41,65
Cauca	187,7	1,75	-	-	-	-	187,7	1,75
Guainía	302,2	2,81	76,4	0,71	6,9	0,06	385,5	3,58
Guaviare	640,3	5,95	37,4	0,35	188,8	1,76	866,5	8,06
Meta	1.461,2	13,59	13,2	0,12	-	-	1474,4	13,71
Nariño	43,2	0,40	-	-	-	-	43,2	0,40
Putumayo	1.775,1	16,50	37,2	0,35	47	0,44	1859,3	17,29
Vaupés	556,4	5,17	2,6	0,02	42,6	0,40	601,6	5,59
Vichada	364,6	3,39	46,4	0,43	7,2	0,07	418,2	3,89
TOTAL	9.987,6	92,9	270,2	2,5	497,8	4,6	10755,6	100,00

Fuente: elaboración propia



Cauce abandonado, Río Atabapo - Guaima. Uriel Murcia

Se detectó un amplio número de coberturas para el periodo 2002, en total fueron clasificadas 36 clases. En total el 91,1% de la región presentaba coberturas naturales que incluyen bosques, herbazales, cuerpos de agua, entre otras.

Los bosques naturales incluidos los de tierra firme y los inundables ocupan el 85,8% de toda la Amazonia. Los pastos cubrían un área que representaba el 3,44% y las áreas de mosaicos con presencia de pastos era de 1,82%.

El total deforestado ascendía a 35.788 km² (7,4%) y, aun cuando la mayor superficie se presenta en la llanura, el porcentaje del paisaje de montaña afectado por este fenómeno es superior.

Los bosques fragmentados tenían una superficie de 4.541 km², y era Guaviare el departamento con mayor extensión de esta cobertura con el 31,53%, seguido de Caquetá con el 21,61%.

Teniendo en cuenta que para hacer monitoreo se precisan datos de varios momentos, este trabajo es la primera medición realizada y se toma como la línea base de referencia de dicho proceso. En este sentido actualmente el Sinchi está produciendo la información del momento actual (2007) en el 90% de la región en asocio con la Unidad de Parques que la produce sobre un 10% del territorio y el apoyo del IGAC y Cormacarena.

La gestión de los datos, información y productos de información que se generan, son la base del moni-

torio que permite aproximaciones sistemáticas del estado y dinámicas de las coberturas, para lo cual se ha consolidado una base de datos georreferenciada que permite hacer manejo de esta información de manera multitemporal. Esta base de información es fundamental para hacer la custodia de los datos, función que asume el Instituto Sinchi para toda la Amazonia.

AGRADECIMIENTOS:

Especialmente al Botánico Dairon Cardenas director del Herbario Amazónico colombiano por su apoyo y toda la información de campo; a Fernando Salazar, Néstor Martínez, Andrés Felipe Garcia, Juan Pablo Latorre por la gestión técnica y administrativa. Igualmente a todos los intérpretes que produjeron la información, al personal que posibilitó los trabajos de campo. Especial mención a todos los profesionales que nos acompañaron durante las tantas reuniones del comité técnico del mapa de coberturas y que nos apoyaron en la resolución de las dudas e incertidumbres.

Para las entidades que han apoyado este trabajo en esta fase del año 2002 como el IGAC por interpretación preliminar sector piedemonte Caquetá y Putumayo, georreferenciación de imágenes y cartografía base. Al SIMCI por algunas imágenes y datos de áreas cultivadas en coca; al IDEAM por el cofinanciamiento para producir la información del sector oriental y finalmente al SINCHI representado en su personal administrativo y técnico.

BIBLIOGRAFÍA

- Andrade, A. y Etter, A. 1986. Levantamiento ecológico del área de colonización del San José del Guaviare. Proyecto DAINCO-CASAM, Corporación Araracuara-COA. (inédito) Bogotá.
- Cárdenas, D; López, R.; Acosta, L. 2004. Zonificación forestal de Tarapacá. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá.
- CEGA, 1992. Amazonia Colombiana: diversidad y Conflicto. Comisión Nacional de Investigaciones Amazónicas CONIA, COLCIENCIAS, Centro de Estudios Ganaderos y Agrícolas CEGA. Bogotá. 404 p.
- Etter, A. 1992. Caracterización ecológica general y de la intervención humana en la Amazonia colombiana. En: Andrade, G., Hurtado, A., Torres, R. Amazonia Colombiana: Diversidad y Conflicto. Comisión Nacional de Investigaciones Amazónicas CONIA, COLCIENCIAS, Centro de Estudios Ganaderos y Agrícolas CEGA. Bogotá. 404 p.
- Etter, A. 2001. Puinawai y Nukak. Caracterización Ecológica General de dos Reservas Nacionales Naturales de la Amazonia Colombiana. IDEADE.
- Etter, A.; Andrade, Á. y Martínez, J. 1988. Levantamiento ecológico general del bajo río Guayabero (La Macarena-El Raudal) (1:100.000). Proyecto DAINCO-CASAM, Corporación Araracuara. (inédito) Bogotá.
- FAO, 2001. Situación de los bosques del mundo 2001. Organización de Las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, 131 p.
- Gutiérrez, F.; Salazar C.; Acosta, L. 2004. Perfiles urbanos en la Amazonia colombiana: un enfoque para el desarrollo sostenible. Proyecto Colciencias - Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá.
- IDEAM, IGAC, SINCHI, UNIDAD DE PARQUES, HUMBOLDT, INVEMAR. En prensa. Leyenda del mapa de coberturas a escala 1:100.000. Documento técnico. Convenio 018 de 2008. Bogotá.
- IDEAM, IGAC y CORMAGDALENA. 2008. Mapa de cobertura de la tierra Cuenca Magdalena-Cauca Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia a escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Instituto Geográfico Agustín Codazzi y Corporación Autónoma Regional del Río Grande de La Magdalena. Bogotá, D. C., 200 p.
- IDEAM, IGAC, IAvH, Invemar, I. Sinchi e IIAP. 2007. Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico Jhon von Neumann, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives De Andrés e Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi. Bogotá, D. C., 275 p. + 36 hojas cartográficas.
- IDEAM, SINCHI, IAvH, IIAP, INVEMAR. 2002. Sistema de información ambiental de Colombia –SIAC- Tomos 1, 2 y 3. Conceptos, definiciones e instrumentos de la información ambiental de Colombia. Bogotá. 1 - 293 p.
- IDEAM. 1996. Memoria técnica mapa de coberturas vegetales, uso y ocupación del territorio. 1:1.500.00. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. Bogotá. 58p.
- IGAC, 1993. Aspectos ambientales para el ordenamiento territorial del occidente del departamento del Caquetá. Investigaciones para la Amazonia INPA I. Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC y Fundación Tropenbos. Santa fe de Bogotá.
- IGAC. 1979. Proyecto Radargramétrico del Amazonas, Colombia. La Amazonia colombiana y sus recursos PRORADAM. 5 Vols., figuras., fotografías y mapas (escala 1:500.000). Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC. Bogotá.
- IGAC. 1996. Aspectos ambientales para el ordenamiento territorial del municipio de Mitú (departamento del Vaupés). Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC, Subdirección de Agrología. Bogotá. 3 tomos, 1261 pp.
- IGAC. 1997. Zonificación Ambiental para el plan modelo colombiano-brasileño (Eje Apaporis-Tabatinga: PAT). Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC. Bogotá. 410p.
- IGAC. 1999. Proyecto Orinoquia-Amazonia ORAM. Paisajes Fisiográficos de Orinoquia-Amazonia, Colombia. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá.
- IGAC. 2003. Aspectos Ambientales para el ordenamiento Territorial del Trapecio Amazónico. INPA III. Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC. Subdirección de Agrología. Bogotá. CD.
- IGAC-INDERENA-CONIF. 1984. Bosques de Colombia. Memoria explicativa. Bogotá.
- López *et al*, 2007. Lineamientos conceptuales y metodológicos del Sistema de Indicadores Ambientales Amazonia en el marco del Programa Regional de Monitoreo Ambiental. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá. 271 pp.
- Murcia, G.U.G. (Editor) 2007. Diseño de la línea base de información ambiental sobre los recursos naturales y el medio ambiente en la Amazonia colombiana: bases conceptuales y metodológicas. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá. 214 pp.
- Murcia, G.U.G. 2007. Zonificación y caracterización ecológica de seis veredas del departamento del Meta. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI y Corporación CORMACARENA. Bogotá 150 p. Informe técnico.

- 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. 95 p.
- Murcia, U.; Ocampo, R.; Cárdenas, D.; Marín, C.; Cardona G.; Castro, W. 2004a. Zonificación y caracterización ecológica de seis veredas del departamento del Meta. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI y Corporación CORMACARENA. Bogotá 150 p. Informe técnico.
- Murcia, U.; Villa, L. A.; Martínez, J.; Rendón, M.; Lara, L.; Ramírez, J.; Castro, W.; Mendoza, D. 2004b. Propuesta de zonificación ambiental para ocupación y uso del territorio. Área para uso y ocupación humana sostenible definida en el plan de ordenamiento del territorio y desarrollo alternativo del interfluvio de los ríos Losada y Guayabero, ASCAL-G. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá. 181p. Informe técnico y mapas.
- Murcia, U.; Marín, C.; Alonso J.; Salazar, C.; Gutiérrez, F.; Domínguez, C.; Trujillo, F.; Argüelles J.; Rendón, M.; Ocampo, R.; Castro, W. 2003. Diseño de la línea base de información ambiental sobre los recursos naturales y el medio ambiente en la Amazonia colombiana. Bogotá. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. 215 p.
- Murcia, U.; Montes, J.; Cano, A. 2001. Zonificación ecológica de la zona piloto La Chorrera. Proyecto: Diseño e implementación de un sistema de indicadores de seguimiento de la política de biodiversidad en la Amazonia colombiana. HUMBOLDT, SINCHI, DNP, UEASPPN, CDA, CORMACARENA, CORPOAMAZONIA. Bogotá. 50p. Informe técnico
- Murcia, U.; Ocampo, R.; Argüelles, J.; Salazar, C.; Cárdenas, D.; López, R.; Vargas, G.; Giraldo, B. 2000. Plan de ordenamiento territorial Departamento del Guaviare, Análisis territorial. Convenio Instituto SINCHI- Gobernación del Guaviare. Bogotá. 190p. Informe técnico.
- Murcia, U.; Ricaurte, L.; Mendoza, Y.; Mazorra, A.; López, R.; Cárdenas, D.; Zubieta, M.; Salazar, C.; Acosta, L.; Martínez, J.. 1998. Macrozonificación ambiental de la cuenca del Río Putumayo, área colombiana. En: Macrozonificación Ecológica Económica. Plan Columbo-Peruano para el desarrollo integral de la cuenca del Río Putumayo. Santa fe de Bogotá. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi, Instituto Nacional de Desarrollo INADE, CIDI/OEA. 91p.
- Murcia, U.; Ricaurte, L.; Mendoza, Y.; Mazorra, A.; López, R.; Cárdenas, D.; Zubieta, M.; Salazar, C.; Acosta, L.; Martínez, J.; Ocampo, R. 1999. Compatibilización de la zonificación ecológica económica. Plan Colombo-Peruano para el desarrollo integral de la cuenca del río Putumayo. Santa fe de Bogotá. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, Instituto Nacional de Desarrollo INADE, CIDI/OEA. 163 p.
- Raisg, 2009. Mapa de Áreas protegidas y tierras indígenas. Red Amazónica de Informaciones Socioambientales Georreferenciadas. 2009.
- SINCHI, 2007. Balance anual sobre el estado de los ecosistemas y el ambiente de la Amazonia colombiana 2006. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. 249 pp.
- SINCHI. 2006. Proyecto Sistema de Información Ambiental Territorial de la Amazonia colombiana SIAT-AC. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá.
- SINCHI. 2004. Inventario y tipificación de humedales en el departamento del Caquetá. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá. Informe técnico.
- DANE (2007). Estadísticas del censo 2005. www.dane.gov.co consultada el 10 de febrero de 2007.
- Sistema de Información Ambiental Territorial de la Amazonia Colombiana SIAT-AC. Sinchi, 2008. <http://siatac.siac.net.co>



Cambio de coberturas bosques bajos. Guanía. Uriel Murcia

ANEXO I. LEYENDA MAPA DE COBERTURAS DE LA TIERRA

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Nivel 6	
1. TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS	1.1. Zonas urbanizadas	<u>1.1.1. Tejido urbano continuo</u>				
		<u>1.1.2. Tejido urbano discontinuo</u>				
	1.2. Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	1.2.1. Zonas industriales o comerciales	1.2.1.1. Zonas industriales			
			1.2.1.2. Zonas comerciales			
		1.2.2. Red vial, ferroviarias y terrenos asociados	1.2.2.1. Red vial y territorios asociados			
			1.2.2.2. Red ferroviaria y terrenos asociados			
		1.2.3. Zonas portuarias	1.2.3.1. Zonas portuarias fluviales			
			1.2.3.2. Zonas portuarias marítimas			
		<u>1.2.4. Aeropuertos</u>	1.2.4.1. Aeropuerto con infraestructura asociada			
	1.2.4.2. Aeropuerto sin infraestructura asociada					
	1.2.5. Obras hidráulicas					
	1.3. Zonas de extracción minera y escombreras	1.3.1. Zonas de extracción minera	1.3.1.1. Otras explotaciones mineras			
			1.3.1.2. Explotación de hidrocarburos			
			1.3.1.3. Explotación de carbón			
			1.3.1.4. Explotación de oro			
			1.3.1.5. Explotación de materiales de construcción			
			1.3.1.6. Explotación de sal			
		1.3.2. Zona de disposición de residuos	1.3.2.1. Otros sitios de disposición de residuos a cielo abierto			
	1.3.2.2. Escombreras					
	1.3.2.3. Vertederos					
	1.3.2.4. Relleno sanitario					
	1.4. Zonas verdes artificializadas, no agrícolas	1.4.1. Zonas verdes urbanas	1.4.1.1. Otras zonas verdes urbanas			
			1.4.1.2. Parques cementerio			
			1.4.1.3. Jardines botánicos			
			1.4.1.4. Zoológicos			
			1.4.1.5. Parques urbanos			
			1.4.1.6. Rondas de cuerpos de agua de zonas urbanas			
		1.4.2. Instalaciones recreativas	1.4.2.1. Áreas culturales			
			1.4.2.2. Áreas deportivas			
			1.4.2.3. Áreas turísticas			

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Nivel 6
2. TERRITORIOS AGRÍCOLAS	2.1. Cultivos transitorios	2.1.1. Otros cultivos transitorios			
		2.1.2. Cereales	2.1.2.1. Arroz		
			2.1.2.2. Maíz		
			2.1.2.3. Sorgo		
			2.1.2.4. Cebada		
			2.1.2.5. Trigo		
		2.1.3. Oleaginosas y leguminosas	2.1.3.1. Algodón		
			2.1.3.2. Ajonjolí		
			2.1.3.3. Frijol		
			2.1.3.4. Soya		
			2.1.3.5. Maní		
		2.1.4. Hortalizas	2.1.4.1. Cebolla		
			2.1.4.2. Zanahoria		
			2.1.4.3. Remolacha		
		2.1.5. Tubérculos	2.1.5.1. Papa		
	2.1.5.2. Yuca				
	2.2. Cultivos permanentes	2.2.1. Cultivos permanentes herbáceos	2.2.1.1. Otros cultivos permanentes herbáceos		
			2.2.1.2. Caña	2.2.1.2.1. Caña de azúcar	
				2.2.1.2.2. Caña panelera	
			2.2.1.3. Plátano y banano		
			2.2.1.4. Tabaco		
			2.2.1.5. Papaya		
			2.2.1.6. Amapola		
		2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos	2.2.2.1. Otros cultivos permanentes arbustivos		
			2.2.2.2. Café	2.2.2.2.1. Café con sombrío	
				2.2.2.2.2. Café de libre exposición	
			2.2.2.3. Cacao		
			2.2.2.4. Coca		
			2.2.2.5. Viñedos		
		2.2.3. Cultivos permanentes arbóreos	2.2.3.1. Otros cultivos permanentes arbóreos		
			2.2.3.2. Palma de aceite		
			2.2.3.3. Cítricos		
			2.2.3.4. Mango		
		2.2.4. Cultivos agroforestales	2.2.4.1. Pastos y árboles plantados		
			2.2.4.2. Cultivos y árboles plantados		
		2.2.5. Cultivos confinados			

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Nivel 6	
3. BOSQUES Y ÁREAS SEMI NATURALES	2.3. Pastos	<u>2.3.1. Pastos limpios</u>				
		2.3.2. Pastos arbolados				
		<u>2.3.3. Pastos enmalezados</u>				
		2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	<u>2.4.1. Mosaico de cultivos</u>			
			<u>2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos</u>			
	<u>2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales</u>					
	<u>2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales</u>					
	<u>2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales</u>					
	3.1. Bosques	3.1.1. Bosque Denso	3.1.1.1. Bosque Denso Alto		<u>3.1.1.1.1. Bosque Denso Alto de Tierra Firme</u>	
					3.1.1.1.2. Bosque Denso Alto Inundable	<u>3.1.1.1.2.1. Bosque Denso Alto Inundable Heterogéneo</u>
					3.1.1.1.2.2. Manglar	
				<u>3.1.1.1.2.3. Palmar</u>		
3.1.1.2. Bosque Denso Bajo				<u>3.1.1.2.1. Bosque Denso Bajo de Tierra Firme</u>		
				<u>3.1.1.2.2. Bosque Denso Bajo Inundable</u>		
3.1.2. Bosque Abierto		3.1.2.1. Bosque Abierto Alto		<u>3.1.2.1.1. Bosque Abierto Alto de Tierra Firme</u>		
				<u>3.1.2.1.2. Bosque Abierto Alto Inundable</u>		
		3.1.2.2. Bosque Abierto Bajo		<u>3.1.2.2.1. Bosque Abierto Bajo de Tierra Firme</u>		
				3.1.2.2.2. Bosque Abierto Bajo Inundable		
3.1.3. Bosque fragmentado			<u>3.1.3.1. Bosque Fragmentado con pastos y cultivos</u>			
			<u>3.1.3.2. Bosque Fragmentado con Vegetación Secundaria</u>			
<u>3.1.4. Bosque de galería y ripario</u>						
3.1.5. Plantación forestal		3.1.5.1. Plantación de Coníferas				
		3.1.5.2. Plantación de Latifoliadas				

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Nivel 6
	3.3. Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	3.2.1. Herbazal	3.2.1.1. Herbazal denso	3.2.1.1.1. Herbazal denso de tierra firme	<u>3.2.1.1.1.1. Herbazal denso de tierra firme no arbolado</u>
					<u>3.2.1.1.1.2. Herbazal denso de tierra firme arbolado</u>
					<u>3.2.1.1.1.3. Herbazal denso de tierra firme con arbustos</u>
				3.2.1.1.2. Herbazal denso inundable	<u>3.2.1.1.2.1. Herbazal denso inundable no arbolado</u>
					<u>3.2.1.1.2.2. Herbazal denso inundable arbolado</u>
					3.2.1.1.2.3. Arracachal
		3.2.1.2. Herbazal abierto	<u>3.2.1.2.1. Herbazal abierto arenoso</u>		
			<u>3.2.1.2.2. Herbazal abierto rocoso</u>		
		3.2.2. Arbustal	<u>3.2.2.1. Arbustal Denso</u>		
			3.2.2.2. Arbustal Abierto	3.2.2.2.1. Arbustal Abierto esclerófilo	
				<u>3.2.2.2.2. Arbustal Abierto mesófilo</u>	
			3.2.3.1. Vegetación secundaria alta		
		3.2.3.2. Vegetación secundaria baja			
		3.3. Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	<u>3.3.1. Zonas arenosas naturales</u>	3.3.1.1. Playas	
				3.3.1.2. Arenales	
3.3.1.3. Campos de dunas					
<u>3.3.2. Afloramientos rocosos</u>					
<u>3.3.3. Tierras desnudas y degradadas</u>					
<u>3.3.4. Zonas quemadas</u>					
3.3.5. Zonas glaciares y nivales	3.3.5.1. Zonas Glaciares				
	3.3.5.2. Zonas Nivales				
4. AREAS HUMEDAS	4.1. Áreas húmedas continentales	<u>4.1.1. Zonas Pantanosas</u>			
		4.1.2. Turberas			
		4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua			
	4.2. Áreas húmedas costeras	4.2.1. Pantanos costeros			
		4.2.2. Salitral			
		4.2.3. Playones de bajamar			

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Nivel 6
5. SUPERFICIES DE AGUA	5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos (50 m)			
		5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales			
		5.1.3. Canales			
		5.1.4. Cuerpos de agua artificiales	5.1.4.1. Embalses		
	5.1.4.2. Lagunas de oxidación				
	5.1.4.3. Estanques para acuicultura continental				
	5.2. Aguas marítimas	5.2.1. Lagunas costeras			
		5.2.2. Mares y océanos			
		5.2.3. Estanques para acuicultura marina			

Fuente: Ideam *et al*, en prensa.



Bosques de zona montañosa. Caquetá. Uriel Murcia