

ZONIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE ÁREAS PARA RESTAURAR EN RONDAS HÍDRICAS, NACIMIENTOS Y SUELOS CON PENDIENTES >100% EN LA AMAZONIA COLOMBIANA.

Uriel Gonzalo Murcia García¹, Julier Fonseca², Fernando Tobón³.

RESUMEN

Conocer el estado de las coberturas protectoras en rondas hídricas y suelos con pendientes superiores al 100%, y hacer seguimiento a sus cambios, es necesario para conservar recursos hídricos y edáficos, mantener la conectividad y apoyar la restauración ecológica en la Amazonia. Sin embargo en el país falta información espacial explícita para monitorear estos cambios. Este estudio hizo una zonificación y cuantificación, mediante análisis multicriterio espacial, de superficies que han cambiado coberturas naturales por antrópicas, en rondas y nacimientos hídricos y en suelos con pendientes >100%; los criterios de selección fueron coberturas terrestres, pendiente del terreno, paisajes geomorfológicos y red hidrográfica; y como criterios restrictivos, pendientes <100%, coberturas naturales y paisajes diferentes a planicies aluviales. Se analizaron tres años 2002, 2007 y 2012 de acuerdo con los mapas de coberturas de la tierra disponibles a escala 1:100.0000 en el SIMCOBA; las pendientes se derivaron del Modelo de Elevación del Terreno; la red hidrográfica y paisajes se tomaron de los mapas disponibles. Los análisis se hicieron con el programa SIG ArcGis 10.1 y Excel 2012. En la Amazonia colombiana las rondas hídricas son aproximadamente 9.300.687 ha, y los suelos con pendientes >100% 13.668 ha., en estas unidades las coberturas antrópicas pasaron de

930.042 ha, en 2002 a 1.069.570 ha., en 2007 y a 1.151.999 hectáreas en 2012; los departamentos con mayor área transformada en estas dos zonas de protección son Caquetá, Meta, Putumayo y Guaviare en los tres periodos; y los mayores incrementos en el periodo 2002-2012 se detectaron en los departamentos de Meta, Caquetá y Guaviare.

Palabras clave:

Amazonia colombiana, Rondas hídricas, Zonas de protección, Restauración ecológica, Análisis multicriterio.

ABSTRACT

To know the state of the protective coverage in riparian buffer zones in lands with a gradient higher than 100% and following their changes is necessary for preserving edaphic and hydrological resources, maintaining connectivity, and supporting ecological restoration in the Amazon. However, there is an explicit lack of spatial information to monitor these changes. This study carried out a zonation and a quantifying process through spatial multiple-criteria analysis of surfaces that have changed from natural to anthropic coverages in riparian buffer zones with gradients >100%. Selection criteria were terrestrial

¹ Agrólogo. Coordinador Programa de Investigación, Instituto Sinchi.

² Biólogo ambiental.

³ Ing. Forestal.

coverages, land gradient, geomorphological landscape, and hydrographic network. As restrictive criteria, gradients <100%, natural coverages, and landscape different from alluvial plains were taken into account. 2002, 2007, and 2012 were the three years analyzed, according to the land coverage maps available at a 1:100.0000 scale in SIMCOBA, gradients derived from the Digital Elevation Model; the hydrographic network and landscapes were taken from the available maps. Analysis were carried out through SIG ArcGis 10.1 and Excel 2012. In the Colombian Amazon, the riparian buffer zones have a surface of approximately 9,300,687 ha, and the lands with gradients >100%, 13,668 ha. In these units, the anthropic coverages passed from 930,042 ha in 2002 to 1,069,570 ha in 2007, and to 1,115,099 ha in 2012. The departments with the most area transformed in these two protection zones are Caqueta, Meta, Putumayo, and Guaviare for the three periods, and the biggest increase for the period 2002-2012 were detected in the departments of Meta, Caqueta, and Guaviare.

Keywords:

Colombian Amazon, Riparian buffer zones, Protection zones, Ecological restoration, Multiple-criteria analysis.

INTRODUCCIÓN

Los procesos de ocupación de los territorios amazónicos en Colombia, durante el periodo 2002-2012 transformaron 1.281.500 hectáreas de bosques nativos a otras coberturas, y en este mismo periodo hubo un incremento de 1.561.500 hectáreas de pastizales como parte del proceso de praderización de la región (Murcia *et al*, 2014a).

Los ríos junto con los bosques de galería a lo largo de todo su recorrido, conforman la mayor red de corredores ecológicos naturales en la Amazonia, y a la vez, sirven de conectores entre esta región con las regiones Andina y Orinoquia. Los terrenos con fuertes pendientes se localizan principalmente en la zona montañosa de la Amazonia y parte de su importancia radica en su función de recarga y regulación del recurso hídrico. Debido al modelo de ocupación de

la Amazonia, que avanza en sus primeras etapas por las vías de comunicación fluvial, las rondas hídricas son las áreas que primero se deforestan.

En la Amazonia el principal motor de deforestación es la praderización, que transforma de manera acelerada los ecosistemas naturales de la región debido al reemplazo de los bosques nativos por pastos para la ganadería; después de unos pocos años este proceso genera degradación ambiental, agotamiento de la base de soporte a la producción, y como respuesta, se reinicia otro ciclo de ocupación y transformación de bosques nativos para proveer pastos nuevos al modelo de producción ganadero extensivo (Murcia *et al*, en prensa).

En Colombia los Decretos 2811 de 1974, 1449 de 1977 y 1541 de 1978, determinan que las áreas de rondas y nacimientos hídricos, al igual que los suelos con pendientes mayores al 100% deben mantener coberturas naturales, que sirvan de protección de los recursos hídricos y edáficos. No obstante, los modos de ocupación del territorio amazónico por comunidades de colonos y campesinos no tienen en cuenta dichos lineamientos de manejo y deforestan completamente las zonas de rondas, incluso las vegas de inundación, al igual que las zonas de montaña con fuertes pendientes.

Cuando se ocupan y deforestan las zonas de influencia directa de los cuerpos de agua, se generan procesos de erosión y contaminación, se disminuye el aporte de semillas, frutos, hojas, flores, insectos y demás elementos que proveen los bosques como alimento a los recursos hidrobiológicos de estos ecosistemas acuáticos.

Este estudio tiene como objetivos zonificar y cuantificar la superficie con coberturas antrópicas en las rondas hídricas y en suelos con pendientes >100%, en la Amazonia colombiana, y analizar la dinámica de cambios espaciotemporales de estas coberturas en el periodo 2002 al 2012.

El estudio se hace para toda la Amazonia colombiana, aplicando un Análisis Multicriterio Espacial –AME–, asistido con una aplicación de Sistemas de Información Georreferenciada SIG. Para el análisis se toman dos tipos de criterios, los de selección y los restrictivos. Los criterios de selección que se tienen en cuenta

son la cobertura de la tierra, la pendiente del terreno, los paisajes geomorfológicos y la red hidrográfica; y como criterios restrictivos se consideran las pendientes menores al 100%, las coberturas naturales y los paisajes diferentes a las planicies aluviales. El soporte para los análisis se hace con en el programa de SIG – ArcGis 10.1 y tablas dinámicas de Excel 2012.

En los últimos años los métodos de Análisis Multi-criterio Espacial (AME) con apoyo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se han convertido en una herramienta popular para diferentes estudios de selección de sitios. Estos métodos se desarrollaron en la década de 1960 (Saaty, 1980) y en la actualidad se aplican en diversos sectores como soporte a la toma de decisiones, desde propuestas para el manejo del recurso hídrico (Sánchez *et al.* 2004), la ordenación forestal (Franco, 2011) o el mapeo de servicios ecosistémicos (Esse *et al.* 2014).

Como parte de este trabajo se aplican procedimientos de modelación espacial para generar los mapas de rondas hídricas, de áreas con pendientes >100%, de coberturas antrópicas y la zonificación de las sitios para restaurar. La zonificación se hace con información de resolución espacial 1:100.000, tomando los

mapas de coberturas de tres años diferentes 2002, 2007 y 2012, y se cuantifican las áreas que deben restaurarse por tener coberturas antrópicas. Los resultados se generan para toda la región, por departamentos, municipios y el Estado Legal del Territorio.

Entre los resultados se evidencia que el área para restaurar en rondas hídricas y suelos de fuerte pendiente es de 1.151.999 hectáreas, según los datos del año 2012; y se detecta que estas áreas tuvieron un incremento de 221.957 ha, en el periodo 2002 al 2012.

En la Amazonia la ocupación y transformación de las coberturas naturales en las rondas hídricas de la red de drenajes existente se concentra principalmente en las franjas limítrofes con las regiones Andina y Orinoquia, y esta situación contribuye a la rápida desconexión de esta región con las otras dos, debido al reemplazo de las coberturas naturales, principalmente bosques nativos, por pastizales plantados.

MÉTODOS

La zona de estudio corresponde a la Amazonia colombiana con una superficie de 483.164 km² (Figura 1).



FIGURA 1. LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO, AMAZONIA COLOMBIANA (SINCHI, 2009)

Para determinar cuánta área de rondas hídricas o suelos con pendiente mayor al 100%, debe ser restaurada en la Amazonia colombiana, debido al reemplazo de las coberturas naturales por coberturas antrópicas, se aplicó un Análisis Multicriterio Espacial, con apoyo de un Sistema de Información Geográfica SIG. Se tuvieron en cuenta dos tipos de criterios: *de selección y de restricción*.

El análisis se hizo a través de una modelación espacial que permitió inicialmente generar un mapa de referencia con la delimitación de las rondas y nacimientos hídricos, y de las áreas con suelos de pendientes superiores al 100%; luego se identificaron espacialmente, en el mapa de referencia, las áreas que tenían coberturas antrópicas, y que por tanto deben restaurarse; finalmente se hizo una zonificación de dichas áreas a restaurar teniendo en cuenta diferentes Unidades Espaciales de Referencia – UER- (Figura 2).

Todos los temas tienen representación geográfica, con una resolución espacial de 1:100.000 y con cubrimiento de toda la Amazonia colombiana.

Criterios de selección

Son criterios que influyen en la identificación y delimitación de las áreas de interés; para este estudio se seleccionaron cuatro: cobertura de la tierra, paisajes geomorfológicos, red hidrográfica y pendiente del terreno.

Cobertura de la tierra

Para este criterio se tomaron como insumo los mapas de coberturas generados por el Instituto Sinchi a través del Sistema de monitoreo de las coberturas de la tierra de la Amazonia colombiana –SIMCOBA- (Sinchi, 2014a) y se clasificaron las coberturas en naturales y no naturales. Estos mapas se generan a partir de interpretación visual de imágenes satelitales del programa LandSat (NASA & USGS, 2014) con la metodología CORINE Land Cover, adaptada a las condiciones de Colombia (IDEAM, 2010) con resolución espacial de 1:100.000. Este sistema de monitoreo ha generado mapas desde el año 2002 en periodos de actualización cada cinco años; para este estudio se tomaron los mapas de los años 2002, 2007 y 2012.

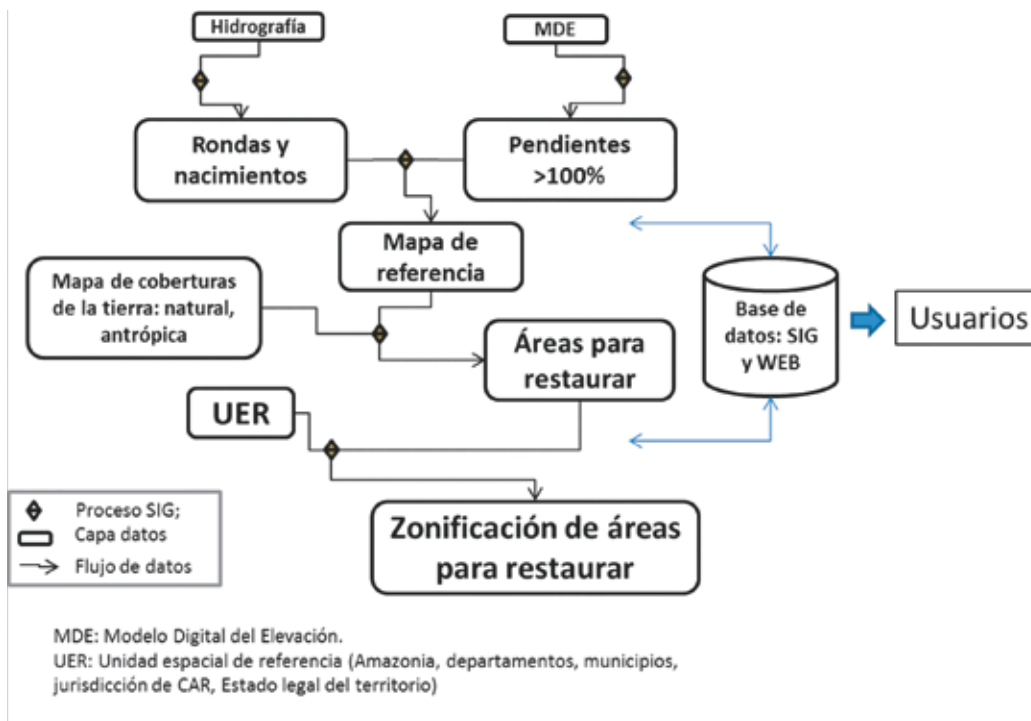


FIGURA 2. ESQUEMA GENERAL DE LA METODOLOGÍA PARA ZONIFICAR ÁREAS PARA RESTAURAR EN RONDAS HÍDRICAS Y SUELOS CON PENDIENTES >100%, EN LA AMAZONIA COLOMBIANA.

Fuente: Presente estudio

Paisajes geomorfológicos

Se toma como fuente de información el mapa de geopedología (IGAC, 2014a) seleccionando los siete paisajes geomorfológicos que están presentes en la Amazonia: Montaña, Piedemonte, Planicie aluvial, Peneplanicie, Altiplanicie, Lomerío y Macizo.

Red hidrográfica

Corresponde a los elementos espaciales que representan la condición hídrica del territorio, estos son: i) los drenajes sencillos, son aquellos que en el respectivo mapa, según la escala, solo se representan por una línea, ii) drenajes dobles, se representan como áreas, tal es el caso de ríos grandes, iii) lagunas y lagos, y iv) nacimientos hídricos. La información se extrajo de la cartografía base 1:100.000 más reciente dispuesta en formato digital por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC, 2014b).

Pendiente

La pendiente es una de las características propias del suelo y refleja la inclinación de la superficie del terreno, se encuentra directamente relacionada con los usos del suelo que una determinada comunidad realiza. Para este estudio las pendientes se calcularon a partir del Modelo Digital de Elevación (MDE) generado con imágenes satelitales del programa de la NASA “*Shuttle Radar Topography Mission*” (NASA, 2003).

Criterios de restricción

Permiten excluir del análisis las zonas que no son de interés para el estudio, en este caso, como el objetivo es localizar áreas que deban restaurarse en las rondas hídricas y en terrenos con pendientes superiores al 100%, se excluyeron las zonas con coberturas naturales, los paisajes diferentes a las planicies de inundación y los terrenos con pendientes menores al 100%.

Modelación espacial

La modelación se hizo aplicando los lineamientos del Análisis Multicriterio Espacial-AME- asistido

por un Sistema de Información Georreferenciada SIG, para lo cual se realizaron los procedimientos para generar un mapa de referencia, que incluye las rondas hídricas, los nacimientos, y las pendientes >100%; de igual modo se reclasificaron los mapas de coberturas de la tierra; también se hizo la localización espacial de las áreas para restaurar; y se zonificaron las áreas para restaurar en diferentes unidades geográficas.

Rondas hídricas

El procedimiento se hizo a partir de la red de drenajes de la base cartográfica 1:100.000 (IGAC, 2014a) y se consideraron varias etapas:

- Para drenajes sencillos se generó una zona de influencia de 30 metros a cada lado del drenaje.
- Para los ríos (drenajes dobles) y lagunas, sin planicie de inundación, se generó una zona de influencia, desde su borde externo, de 30 metros a cada lado.
- En cuanto a los nacimientos, se tomaron los puntos de inicio de cada drenaje sencillo, del mapa base de hidrografía, y se generó a su alrededor una área de influencia de 100 metros.
- Para los ríos (drenajes dobles) inmersos en una planicie de inundación, se tomó dicho río y se integró, mediante análisis SIG, con su planicie de inundación; luego, a partir del límite externo de dicha planicie de inundación, se generó una zona de influencia de 30 metros. Todas las lagunas y drenajes sencillos, lo mismo que los nacimientos ubicados dentro de la planicie de inundación, quedan como parte de esta, por tanto, no se contabilizan sus áreas de influencia de manera independiente.
- Una vez generadas las anteriores capas temáticas, se hizo una integración espacial para obtener una sola capa, denominada rondas hídricas (Figura 3).

Pendientes >100%

Inicialmente se calculó un mapa de pendientes con apoyo del programa Arcgis 10.1 (ESRI Inc., 2014), a partir de la capa raster del Modelo Digital de Elevación del terreno -MDE- generado con imágenes satelitales del programa de la NASA “Shuttle

Radar Topography Mission” (NASA, 2003); luego se agruparon en dos clases: pendientes >100% y pendientes <100% y finalmente se generó una capa con solo las pendientes superiores al cien por ciento (Figura 4).

Coberturas antrópicas

Para cada mapa de coberturas disponible en el SIMCOBA (Sinchi, 2014a) se hizo una reclasificación de las coberturas, según la condición de naturalidad: naturales y no naturales, estas últimas corresponden a las coberturas que han sido transformadas

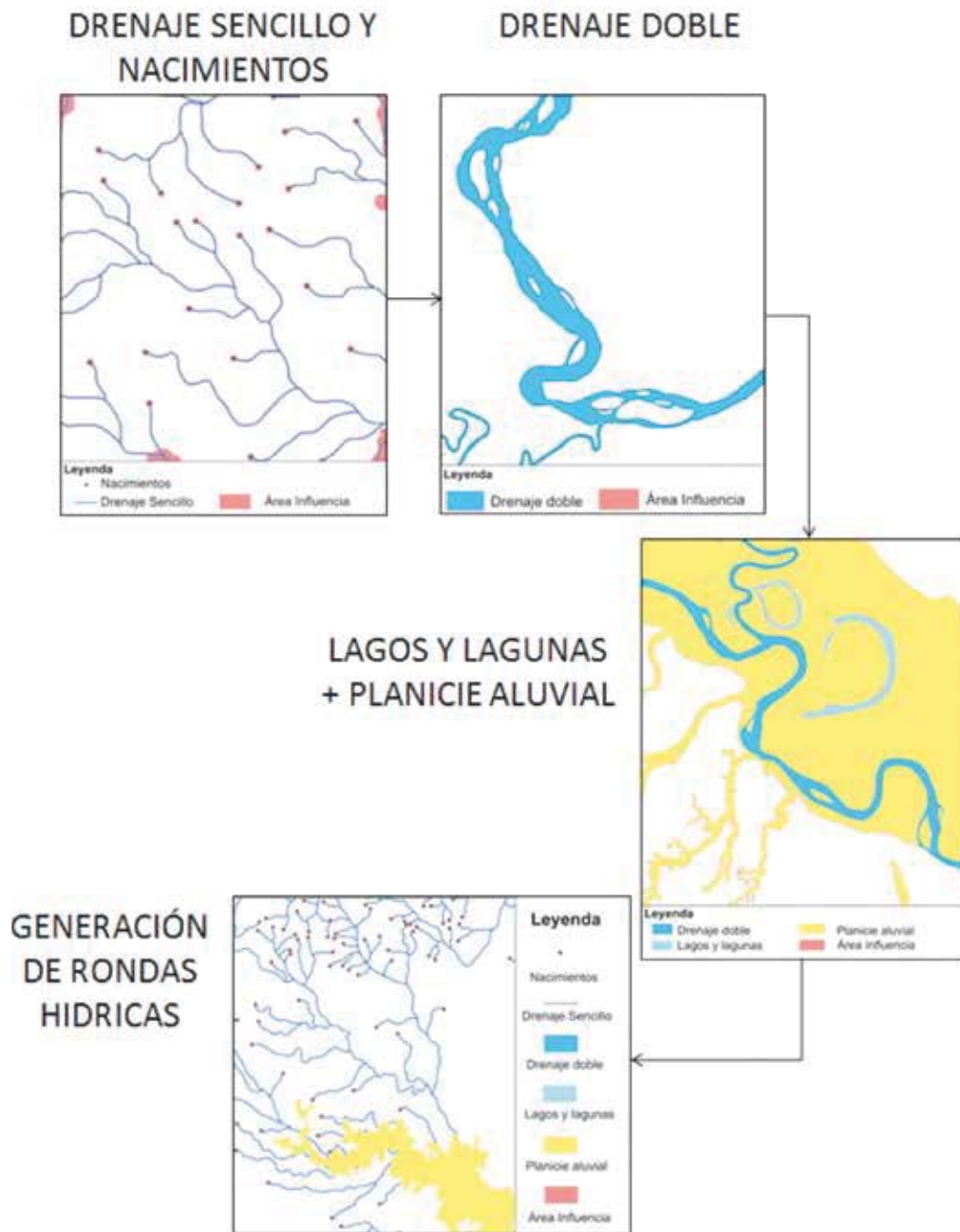


FIGURA 3. PROCEDIMIENTO PARA GENERAR LA CAPA DE RONDAS HÍDRICAS (C), TENIENDO EN CUENTA LOS DRENAJES SENCILLOS (A), LOS DRENAJES DOBLES, LAGOS, LAGUNAS, NACIMIENTOS Y LAS PLANICIES DE INUNDACIÓN (B).

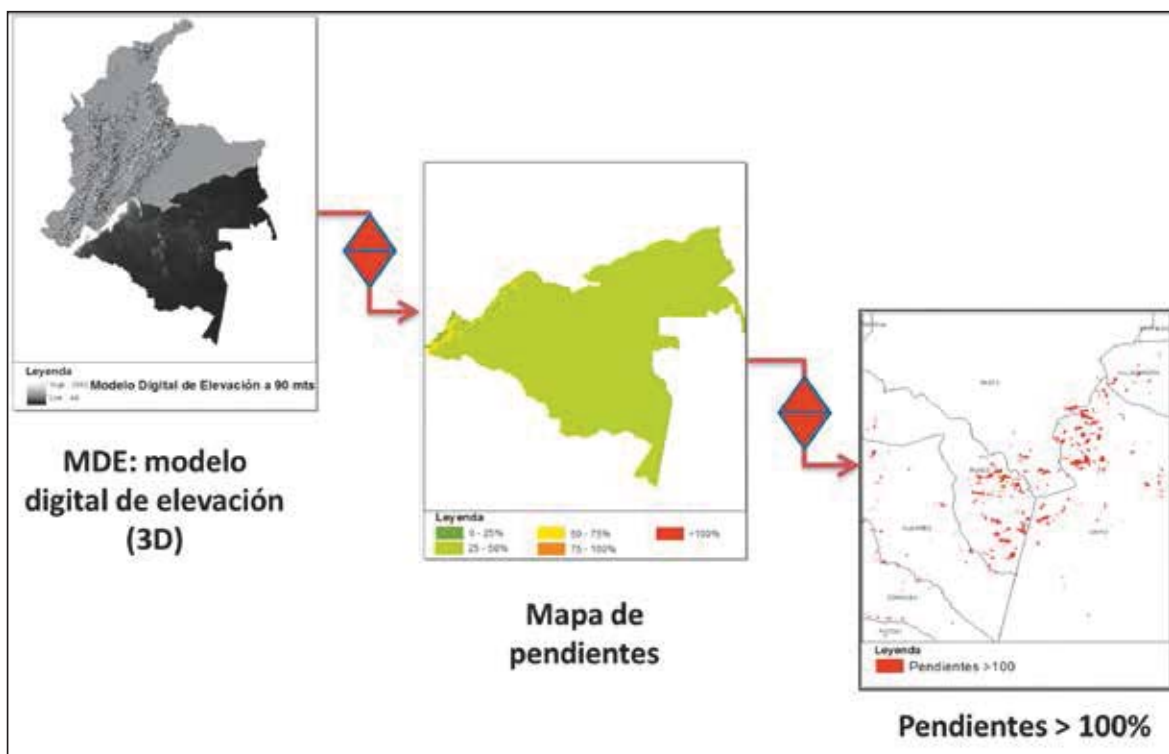


FIGURA 4. PROCEDIMIENTO PARA GENERAR EL MAPA DE PENDIENTES DEL TERRENO > 100%.

Fuente: Presente estudio

por actividades antrópicas. En general para la Amazonia colombiana en los mapas disponibles, 2002, 2007 y 2012, se han cartografiado 38 tipos de coberturas (Murcia *et al.* 2009), (Murcia *et al.* 2010) y (Murcia *et al.* 2014b) de los cuales 14 son coberturas antrópicas o no naturales y el resto son naturales (Anexo 1), existe una clase denominada Sin información, que representa zonas con nubes y sus sombras, y representa menos del 1% de la región. Se generó una capa de coberturas transformadas para cada año analizado 2002, 2007 y 2012.

Zonificación y cuantificación de las áreas para restaurar

La síntesis final se hizo mediante funciones de unión e intersección del análisis espacial con el SIG (Figura 5), que permitieron generar el mapa de referencia (c) y los mapas de coberturas antrópicas de cada año (d), estos dos mapas se integraron mediante una intersección que generó el mapa síntesis de zonas con

coberturas antrópicas en rondas hídricas y en suelos con pendientes superiores al 100% (e); finalmente este mapa síntesis se intersectó con cada Unidad Espacial de Referencia UER (f) para generar las estadísticas para toda la región, por departamento, municipio y Estado Legal del Territorio.

Unidades Espaciales de Referencia –UER–

Son unidades geográficas de referencia para la subdivisión de un determinado territorio, para este estudio se tomaron en cuenta cuatro unidades: la región amazónica, departamentos, municipios y el estado legal.

La unidad más amplia para el análisis fue la Amazonia colombiana (Sinchi, 2009); en cuanto a los departamentos, hay 10 que tienen territorio amazónico, de los cuales seis están contenidos totalmente en la región y cuatro de manera parcial; la región tiene 58 municipios y 20 corregimientos

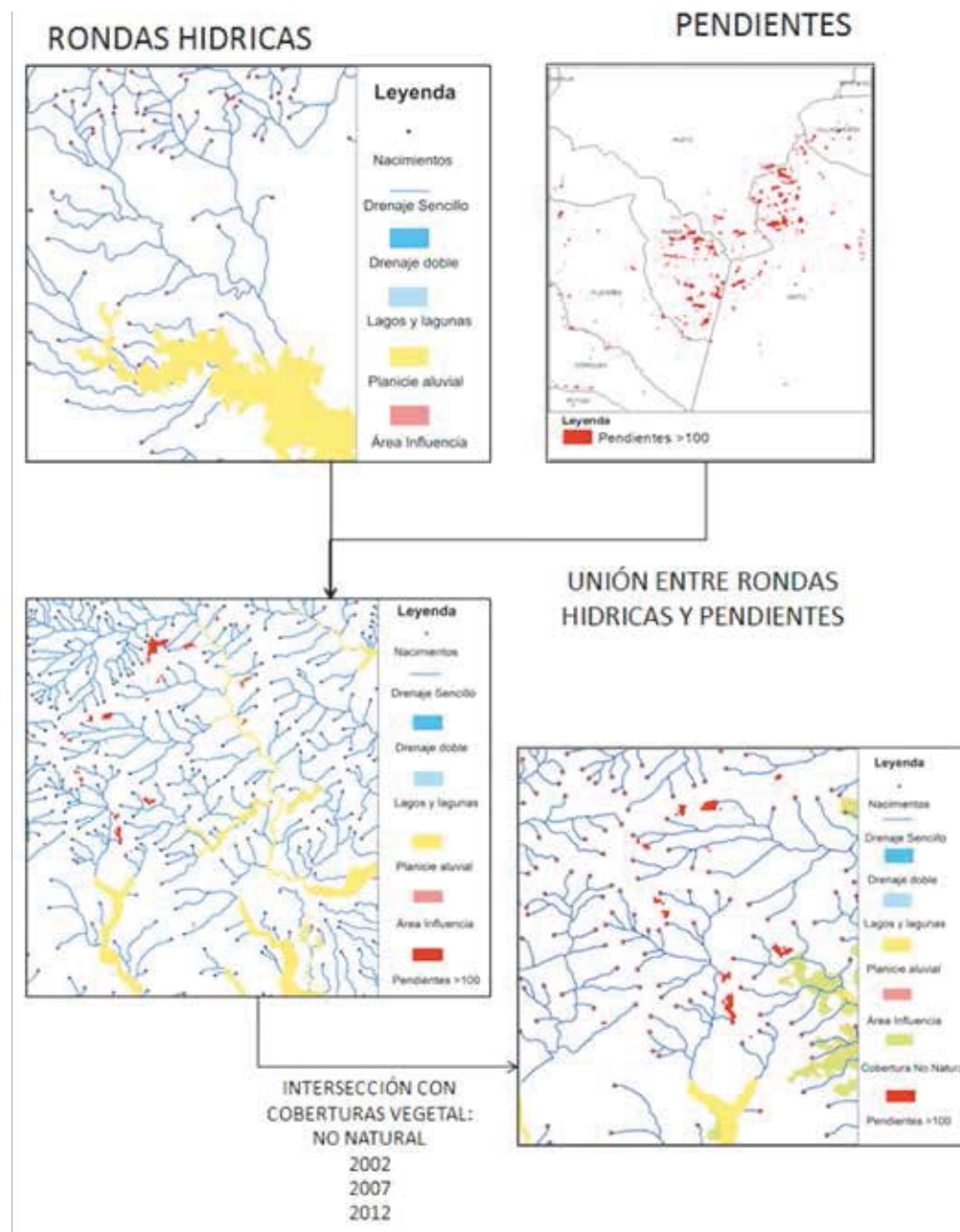


FIGURA 5. PROCEDIMIENTO PARA ZONIFICAR Y CUANTIFICAR LAS ÁREAS PARA RESTAURAR EN ZONAS DE RONDAS HÍDRICAS Y EN SUELOS CON PENDIENTES >100% EN LA AMAZONIA COLOMBIANA.S

Fuente: Presente estudio

departamentales. Esta información se tomó de los mapas de división político-administrativa de la cartografía oficial del país (IGAC, 2014b) y se ajustaron con la delimitación de la región generada por el Instituto Sinchi (Sinchi, 2009).

El Estado Legal del Territorio corresponde a las distintas figuras de ordenamiento normativo del

territorio; en la región para el año 2012, según el mapa generado por el Instituto Sinchi (Sinchi, 2014b), había 12 figuras (Tabla 1); en algunos casos se presentan figuras con doble asignación legal, un ejemplo es Parques Nacionales Naturales y Resguardo Indígena.

TABLA 1. FIGURAS DEL ESTADO LEGAL DE LA AMAZONIA AL AÑO 2012.

Figura legal del territorio
Distrito de Conservación de Agua y Suelo –DCAS
Distrito de Manejo Integrado –DMI
Parques Nacionales Naturales
Parques Nacionales Naturales y Resguardo Indígena
Reserva Forestal de la Amazonia (Ley 2ª de 1959)
Reserva Forestal Nacional
Reserva Nacional Natural
Reserva Nacional Natural y Resguardo Indígena
Resguardo Indígena
Santuario de Flora
Sustracción
Otras Figuras
Inconsistencia límites

Fuente: (Sinchí, 2014b)

Teniendo en cuenta que para este estudio se desarrolló una aplicación de un sistema de información, las zonas que deben restaurarse se pueden delimitar y cuantificar para otras UER, como por ejemplo cuencas hidrográficas o jurisdicciones de las corporaciones ambientales.

Organización del sistema de información

Para la gestión de la información del estudio, ya sean insumos o resultados, se organizó un Sistema de Información, que permite actualizar los datos cuando se tengan nuevas versiones de los insumos; y facilita la disposición de esta información a los usuarios interesados, a través de los diferentes canales de difusión, como por ejemplo la Internet, en especial a través del portal del SIATAC⁴.

Para cada uno de los procedimientos del análisis multicriterio espacial se empleó el programa de Sistema de Información Georreferenciada SIG ArcGis 10.1; y para apoyar la generación de estadísticas básicas se trabajó con Excel 2012.

RESULTADOS

Las rondas hídricas de drenajes sencillos, ríos con sus planicies de inundación, lagunas y nacimientos, cubren una superficie de 9.300.687 hectáreas, y las zonas con pendientes por encima del 100% abarcan una superficie de 13.668 hectáreas.

En toda la Amazonia colombiana al año 2012 había 1.151.999 hectáreas de rondas hídricas y terrenos con pendientes por encima del 100% con coberturas antrópicas, que deben restaurarse; de las cuales 1.151.241 hectáreas se ubican en rondas hídricas y las restantes 758 ha, en suelos con pendientes por encima del cien por ciento (Figura 6). Cuando se analiza la magnitud de estas áreas con reemplazo de sus coberturas naturales, desde el año 2002 hasta el 2012 (Tabla 5) se detecta un incremento del 24% (221.957 ha), sobre todo en el periodo 2002-2007.

Tomando en consideración las superficies de rondas y pendientes mayores al 100% para restaurar en cada departamento, se obtiene que las mayores áreas están en los departamentos de Caquetá, Meta, Putumayo y Guaviare, respectivamente, y que los mayores incrementos durante el periodo 2002 al 2012 se presentaron en los departamentos de Meta, Caquetá y Guaviare (Tabla 2).

En los 35 municipios con mayor área transformada, superior a las 10.000 ha., que debe restaurarse, en rondas y pendientes >100%, en el año 2012 había un total de 989.862 ha, que representan el 86% del total en la Amazonia (Tabla 3), estos municipios pertenecen a ocho departamentos.

Teniendo en cuenta el Estado Legal del Territorio, para el año 2012 las unidades que tenían superficies superiores a las cien mil hectáreas para restaurarse en rondas y pendientes superiores al cien por ciento, son: áreas sustraídas de la Reserva Forestal de la Amazonia (Ley 2ª de 1959), seguida por los Resguardos indígenas, los Distritos de Manejo Integrado –DMI- y la Reserva Forestal de la Amazonia (Ley 2ª de 1959) (Tabla 4).

⁴ SIATAC: Sistema de Información Ambiental Territorial de la Amazonia Colombiana. <http://siatac.co/web/guest/productos/rondas-hidricas>

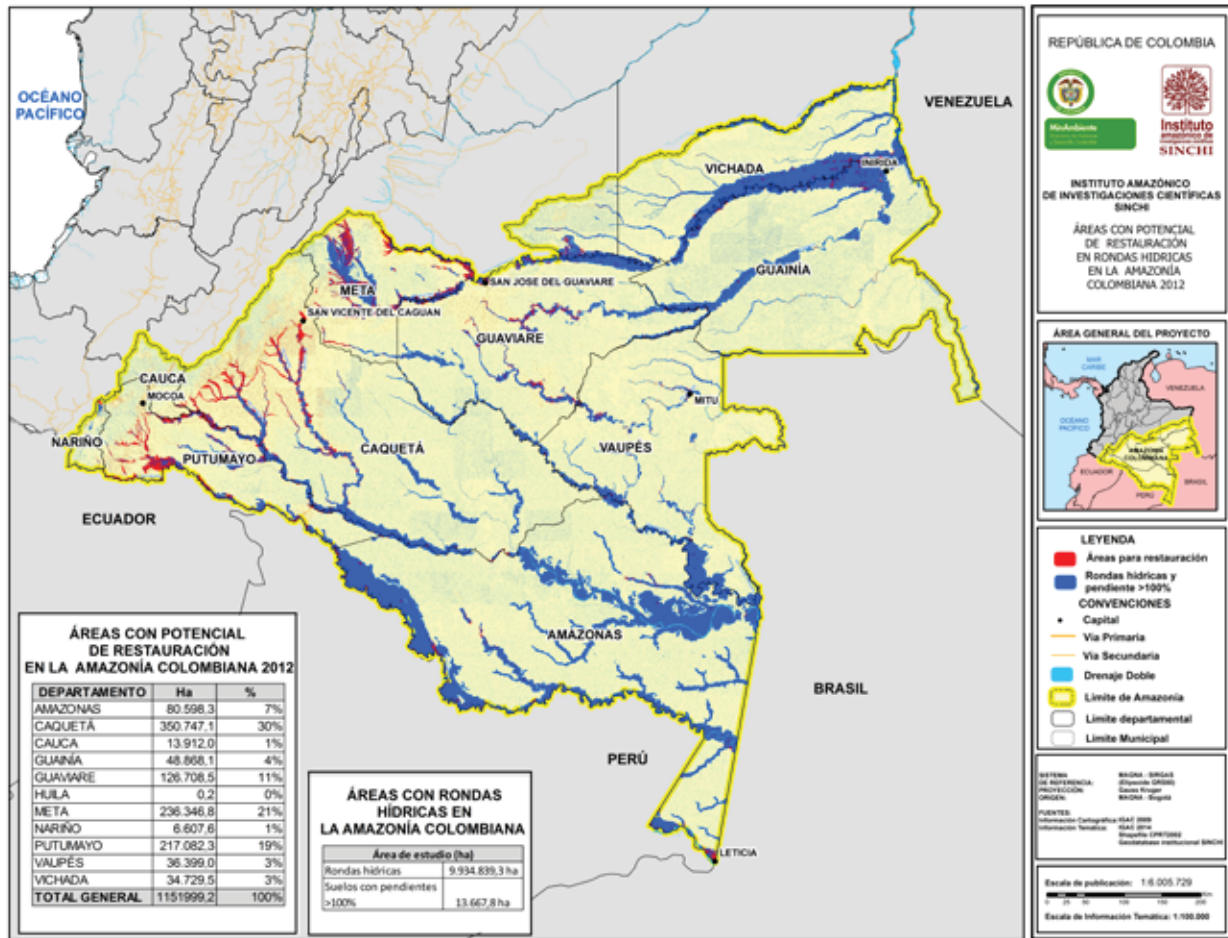


FIGURA 6. LOCALIZACIÓN DE ZONAS PARA RESTAURAR, EN COLOR ROJO, AL AÑO 2012

Fuente: Sinchi, 2015

TABLA 2. SUPERFICIES (HA) PARA RESTAURAR EN RONDAS HÍDRICAS Y EN SUELOS CON PENDIENTES >100% POR DEPARTAMENTO.

Departamento	Años			Diferencias		
	2002	2007	2012	2002-2007	2007-2012	2002-2012
Amazonas	58.788,1	73.155,0	80.598,3	14.366,9	7.443,3	21.810,2
Caquetá	302.825,7	337.336,1	350.747,1	34.510,4	13.411,0	47.921,4
Cauca*	13.309,6	13.893,4	13.912,0	583,8	18,6	602,4
Guainía	34.996,6	46.128,3	48.868,1	11.131,7	2.739,8	13.871,5
Guaviare	100.510,2	116.204,6	126.708,5	15.694,4	10.504,0	26.198,3
Meta*	169.487,1	208.447,2	236.346,8	38.960,0	27.899,6	66.859,6
Nariño*	4.962,4	5.649,5	6.607,6	687,1	958,0	1.645,2
Putumayo	191.673,2	208.292,3	217.082,3	16.619,2	8.789,9	25.409,1
Vaupés	28.719,6	30.175,5	36.399,0	1.455,9	6.223,6	7.679,4
Vichada*	24.769,8	30.288,7	34.729,5	5.518,8	4.440,8	9.959,6
TOTAL	930.042,3	1.069.570,7	1.151.999,2	139.528,2	82.428,6	221.956,7

Fuente: presente estudio

(*) Solo la parte amazónica de esos departamentos.

TABLA 3. MUNICIPIOS CON LAS MAYORES SUPERFICIES PARA RESTAURAR AL AÑO 2012

Municipio	Departamento	Área (ha)
La Macarena	Meta	82.411,6
Cartagena del Chairá	Caquetá	59.965,3
San Vicente del Caguán	Caquetá	59.906,1
Uribe	Meta	56.821,3
Puerto Asís	Putumayo	53.172,0
San José del Guaviare	Guaviare	47.829,8
Puerto Leguizamo	Putumayo	44.798,2
Puerto Rico	Meta	43.162,4
Puerto Guzmán	Putumayo	39.676,2
El Retorno	Guaviare	36.296,2
Cumaribo	Vichada	34.729,5
Solano	Caquetá	31.051,5
Inírida	Guainía	30.560,4
Vistahermosa	Meta	28.022,9
Florencia	Caquetá	26.990,6
Miraflores	Guaviare	26.617,9
Orito	Putumayo	26.197,5
Puerto Rico	Caquetá	24.810,6
Milán	Caquetá	18.793,8
El Encanto	Amazonas	17.999,9
Montañita	Caquetá	17.395,1
Mitú	Vaupés	16.879,6
Mesetas	Meta	16.544,2
Calamar	Guaviare	15.964,6
Mapiripán	Meta	15.961,7
Leticia	Amazonas	13.518,5
Villagarzón	Putumayo	13.180,5
Belén de los Andaquíes	Caquetá	13.101,1
Curillo	Caquetá	11.798,5
El Doncello	Caquetá	11.547,6
Valle del Guamuez (La Hormiga)	Putumayo	11.520,9
El Paujil	Caquetá	11.043,5
Puerto Caicedo	Putumayo	10.796,7
Valparaíso	Caquetá	10.494,2
Morelia	Caquetá	10.301,6
Subtotal (35 municipios)		989.862,4
Total general		1.151.999,3

Fuente: Presente estudio

TABLA 4. SUPERFICIES PARA RESTAURAR EN RONDAS HÍDRICAS Y EN SUELOS CON PENDIENTES >100%, SEGÚN EL ESTADO LEGAL DEL TERRITORIO, EN EL AÑO 2012.

Estado Legal del Territorio	Área con Pendiente >100% (ha)	Área en Rondas hídricas (ha)	Área Total (ha)
Sustracción de la Reserva Forestal (Ley 2ª de 1959)	15,7	455.556,9	455.572,6
Resguardo Indígena	25,3	192.148,9	192.174,2
Distrito de Manejo Integrado –DMI-	45,1	175.667,9	175.713,0
Reserva Forestal de la Amazonia (Ley 2ª de 1959)	337,5	144.734,8	145.072,3
Otras Figuras	203,0	72.558,0	72.761,0
Parques Nacionales Naturales	100,7	57.296,8	57.397,5
Distrito de Conservación de Agua y Suelo –DCAS-	31,0	27.400,2	27.431,1
Reserva Nacional Natural	0	12.634,4	12.634,4
Parque Nacional Natural y Resguardo Indígena	0	7.827,6	7.827,6
Reserva Nacional Natural y Resguardo Indígena	0	4.801,4	4.801,4
Reserva Forestal Nacional	0	561,2	561,2
Ajuste Límites	0	35,3	35,3
Santuario de Flora	0	17,6	17,6
Total general	758,2	1.151.241,1	1.151.999,3

Fuente: Presente estudio

La zonificación de las áreas a restaurar en cada municipio teniendo en cuenta el Estado Legal del Territorio, evidencia que los municipios con mayores áreas para restaurar, en el año 2012, en zonas sustraídas de la Reserva Forestal (Ley 2ª de 1959) son: Cartagena del Chaira (54.553 ha), Puerto Asís (52.343 ha), Puerto Guzmán (37.076 ha), San Vicente del Caguán (35.756 ha) y Puerto Rico, Meta, (32.230 ha); en zonas de Reserva forestal de la Amazonia RFA (Ley 2ª de 1959) son: Miraflores (19.115 ha), San José del Guaviare (16.748 ha), San Vicente del Caguán (14.357 ha), Solano (12.304 ha) y Puerto Leguízamo (11.700 ha); y en Resguardos indígenas: Inírida (25.414 ha), El Encanto (17.272 ha), Cumaribo (16.663 ha), Mitú (16.008 ha) y Puerto Leguízamo (12.262 ha).

Las estadísticas calculadas para todos los municipios se presentan con todo el detalle en el servicio de información dispuesto en el Sistema de Información Ambiental Territorial de la Amazonia Colombiana SIATAC⁵.

⁵ SIATAC: Sistema de Información Ambiental Territorial de la Amazonia Colombiana. <http://siatac.co/web/guest/productos/rondas-hidricas>

DISCUSIÓN

En este estudio se hizo una zonificación y se cuantificaron las zonas de rondas hídricas y suelos con pendientes por encima del cien por ciento, y se generó un mapa de referencia como soporte para un proceso de monitoreo de la transformación de las coberturas naturales en dichas unidades.

Los primeros datos generados del monitoreo del cambio coberturas evidencia que las áreas transformadas han estado en continuo incremento desde el año 2002 (930.042 ha (2002), 1.069.570 ha (2007) y 1.151.999 ha (2012), debido al proceso de praderización que hacen los productores locales.

En los departamentos de Meta, Caquetá, Putumayo y Guaviare están las mayores superficies que deben restaurarse en rondas y suelos con pendientes >100%. Estos departamentos están en el arco nor-occidental de la Amazonia colombiana, y ésta es la zona de mayor ocupación humana y por siguiente de más transformación de los ecosistemas de la región.

En cuanto al Estado Legal del Territorio, las mayores áreas para restaurar, en rondas y suelos de protección con pendientes >100%, en el año 2012, están en las figuras de Sustracción de la Reserva Forestal de la Amazonia (Ley 2^a de 1959) y en los Distritos de Manejo Integrado –DMI–, que también son zonas sustraídas de la RFA; en estas dos figuras esta el 55% del total; luego están los Resguardos indígenas que tienen el 17% y la Reserva Forestal de la Amazonia (Ley 2^a de 1959) con el 13%.

Varias interpretaciones se pueden dar a estos resultados, en primer lugar, que no se están aplicando las normas ambientales que claramente prohíben o condicionan la ocupación y reemplazo de las coberturas naturales de las zonas de rondas y nacimientos hídricos, lo mismo que en los suelos con pendientes >100%; o que las medidas de control por parte de las autoridades correspondientes son insuficientes o inexistentes.

Estos resultados ofrecen la oportunidad de conocer qué áreas deben restaurarse, y se evidencia su localización, por figuras del estado legal en cada municipio; esto debe facilitar la priorización de proyectos de restauración ecológica y la localización de los recursos económicos estatales, en donde más se necesiten para este fin. Pero también pueden servir para negociar, con los sectores económicos que hacen uso del territorio y los recursos naturales, posibles medidas de restauración ecológica como compensación ambiental.

CONCLUSIONES

En toda la Amazonia existen aproximadamente 9.314.355 hectáreas, entre rondas y nacimientos hídricos y suelos con pendientes >100%; que deberían tener coberturas naturales para la protección de agua y suelo.

Con este estudio se pone en evidencia que durante el periodo comprendido entre los años 2002 al 2012 el proceso de ocupación y transformación del territorio en la Amazonia colombiana, ocasionó el reemplazo de 221.957 hectáreas de coberturas naturales por coberturas antrópicas en las zonas de

rondas hídricas y suelos de protección con pendientes >100%, pasando de 930.042 ha, en el año 2002 a 1.151.999 ha, en el año 2012.

Los cuatro departamentos en los cuales se deben priorizar las acciones de restauración ecológica en zonas de rondas hídricas y en suelos de pendientes mayores, según los datos generados del estudio para el año 2012, son Caquetá, Meta, Putumayo y Guaviare.

Se está generando una rápida desconexión de la Amazonia con las regiones Andina y Orinoquia, debido, entre otras cosas, a que la ocupación y transformación de las coberturas naturales en las rondas hídricas de la red de drenajes existente, se concentra principalmente en las franjas limítrofes de la Amazonia con dichas regiones.

El sistema de información desarrollado en este estudio⁶ es herramienta básica para realizar el monitoreo multitemporal del cambio de las coberturas naturales en las rondas hídricas y en los suelos con pendientes >100%, sirve de soporte para localizar las acciones de restauración ecológica en dichas zonas y para facilitar la difusión de esta información.

REFERENCIAS

- Decreto N° 2811 de 1974. Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Reglamenta en materia de ordenación, manejo y aprovechamiento y se adoptan otras determinaciones. 18 de diciembre de 1974.
- Decreto N° 1449 de 1977. Reglamenta parcialmente el inciso 1 del numeral 5 del artículo 56 de la ley número 135 de 1961 y el Decreto –Ley número 2811 de 1974. 26 de junio de 1977.
- Decreto N° 1541 de 1978. Modificado por el Decreto Nacional 2858 de 1981. Reglamenta la parte III del Libro del Decreto – Ley 2811 de 1974: “De las aguas no marítimas” y parcialmente la Ley 23 de 1973. 28 de julio de 1978.
- ESRI Inc. 2014. ArcGis 10.1.

⁶ SIATAC: Sistema de Información Ambiental Territorial de la Amazonia Colombiana. <http://siatac.co/web/guest/productos/rondas-hidricas>

- Esse C, Valdivia P, Encina-Montoya F, Aguayo C, Guerrero M. y Figueroa D. 2014. Modelo de Análisis Espacial Multicriterio (MAEM) para el mapeo de servicios ecosistémicos en cuencas forestal del sur de Chile. *Bosques* (35) 289-299, 2014.
- Franco C. 2011. Desarrollo de un modelo basado en análisis multicriterio espacial para la determinación de unidades de ordenación forestal. Caso departamento de Casanare. Tesis de maestría en geomática. Universidad Nacional de Colombia, facultad de agronomía, maestría en geomática.
- IDEAM. 2010. Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia. Escala 1:100.000. Bogotá: Editorial Scripto.
- IGAC. 2014a. Capa georreferenciada de geopedología, escala 1:100.000. Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- IGAC. 2014b. Base cartográfica de Colombia a escala 1:100.000. Formato digital geodatabase. Bogotá D.C.: Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC.
- Murcia, U., Castellanos, H., Fonseca, D., Ceontescu, N., Rodríguez, J., & Huertas, C. 2009. Monitoreo de los bosques y otras coberturas de la Amazonia colombiana. Bogotá D.C.: Instituto Sinchi. 202 p.
- Murcia, U; Huertas, C; Rodríguez, J; & Castellanos H. 2010. Monitoreo de los bosques y otras coberturas de la Amazonia colombiana, a escala 1:100.000. DATOS DEL PERIODO 2007. Bogotá D.C.: Instituto Sinchi. 177 p.
- Murcia, U; Medina, M; Rodríguez, J; Hernández, A; Herrera, E & Castellanos, H. 2014a. Monitoreo de los bosques y otras coberturas de la Amazonia colombiana, a escala 1:100.000. Cambios multitemporales 2002 al 2012, con énfasis en el periodo 2007-2012. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi. Bogotá. D.C. 284 p.
- Murcia, U; Medina, M; Rodríguez, J; Castellanos, H; Hernández, A & Herrera, E. 2014b. Monitoreo de los bosques y otras coberturas de la Amazonia Colombiana, a escala 1:100.000. Datos del periodo 2012. Bogotá D.C.: Instituto Sinchi. 190 p.
- Murcia, Uriel; Gualdrón, Alba; Londoño, Mónica. (en prensa). Monitoreo de los bosques y otras coberturas de la Amazonia Colombiana a escala 1:100.000. Cambios multitemporales en el periodo 2012 al 2014 y Coberturas del año 2014. Bogotá D.C.: Instituto Sinchi.
- NASA. 2003. The Shuttle Radar Topography Mission. Recuperado el 25 de Noviembre de 2014, de <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/mission.htm>
- NASA & USGS. 2014. Programa Landsat. Recuperado el 21 de Septiembre de 2014, de <http://landsat.usgs.gov>
- SAATY, T. 1980. The analytical Hierarchy Process. New York, Mc Graw Hill.
- Sánchez K; Jimenez F; Velázquez S; Piedra M; Romero E. 2004. Metodología de Análisis multicriterio para la identificación de áreas prioritarias de manejo del recurso hídrico en la cuenca del Río Sarapiquí, Costa Rica.
- Sinchi. 2009. *Mapa de la Amazonia colombiana*. Bogotá D.C.: Instituto Sinchi.
- Sinchi. 2014a. Mapas de coberturas de la tierra de la Amazonia colombiana a escala 1:100.000, generados del SIMCOBA. Bogotá D.C.: Instituto Sinchi. Recuperado el 15 de Noviembre de 2014, de <http://siatac.co/web/guest/productos/coberturasdelatierra>.
- Sinchi, 2014b. Capa georreferenciada del Estado Legal del Territorio de la Amazonia colombiana al 2014. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi.

ANEXO 1. CLASIFICACIÓN DE COBERTURAS DE LA TIERRA POR NATURALIDAD

COBERTURA	GRUPO DE COBERTURA	NATURALIDAD
Aeropuertos	Territorios artificializados	NO NATURAL
Afloramientos rocosos	Áreas abiertas con poca vegetación	NATURAL
Arbustal Abierto mesófilo	Arbustales	NATURAL
Arbustal Denso	Arbustales	NATURAL
Bosque de galería y ripario	Bosques	NATURAL
Bosque Denso Alto de Tierra Firme	Bosques	NATURAL
Bosque Denso Alto Inundable Heterogéneo	Bosques	NATURAL
Bosque Denso Bajo de Tierra Firme	Bosques	NATURAL
Bosque Denso Bajo Inundable	Bosques	NATURAL
Bosque Fragmentado con pastos y cultivos	Fragmentados	NO NATURAL
Bosque Fragmentado con Vegetación Secundaria	Fragmentados	NO NATURAL
Herbazal abierto arenoso	Herbazales	NATURAL
Herbazal abierto rocoso	Herbazales	NATURAL
Herbazal denso de tierra firme arbolado	Herbazales	NATURAL
Herbazal denso de tierra firme con arbustos	Herbazales	NATURAL
Herbazal denso de tierra firme no arbolado	Herbazales	NATURAL
Herbazal denso inundable arbolado	Herbazales	NATURAL
Herbazal denso inundable no arbolado	Herbazales	NATURAL
Lagunas, lagos y ciénagas naturales	Superficies de agua	NATURAL
Mosaico de cultivos	Cultivos	NO NATURAL
Mosaico de cultivos con espacios naturales	Cultivos	NO NATURAL
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	Pastizales	NO NATURAL
Mosaico de pastos con espacios naturales	Pastizales	NO NATURAL
Mosaico de pastos y cultivos	Pastizales	NO NATURAL
Palmar	Bosques	NATURAL
Pastos enmalezados	Pastizales	NO NATURAL
Pastos limpios	Pastizales	NO NATURAL
Ríos (50 m)	Superficies de agua	NATURAL
Sin Información	Sin Información	Sin Información
Tejido urbano continuo	Territorios artificializados	NO NATURAL
Tejido urbano discontinuo	Territorios artificializados	NO NATURAL
Tierras desnudas y degradadas	Tierras degradadas	NATURAL
Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	Áreas húmedas	NATURAL
Vegetación secundaria o en transición	Vegetación secundaria	NO NATURAL
Zonas arenosas naturales	Áreas abiertas con poca vegetación	NATURAL
Zonas industriales o comerciales	Territorios artificializados	NO NATURAL
Zonas Pantanosas	Áreas húmedas	NATURAL
Zonas quemadas	Tierras degradadas	NATURAL

Fuente: presente estudio

