

Procesos de deforestación asociados a la minería legal en la Amazonía colombiana

Fabio Andrés Nieves-Solarte¹
Universidad Antonio Nariño
fnieves96@uan.edu.co

Johan Esteban Ruiz-Fajardo²
Universidad Antonio Nariño
jruiz80@uan.edu.co

DOI: <https://doi.org/10.21158/23823399.v9.n0.2021.2943>

Fecha de recepción: 17 de abril de 2020
Fecha de aprobación: 02 de marzo de 2021

Cómo citar este artículo: Nieves-Solarte, F. A.; Ruiz-Fajardo, J. E. (2021). Procesos de deforestación asociados a la minería legal en la Amazonía colombiana. *Revista Ontare*, 9, (páginas). DOI: <https://doi.org/10.21158/23823399.v9.n0.2021.2943>

Resumen

La Amazonía colombiana es un ecosistema de gran importancia debido a la gran riqueza natural que posee — fauna, flora, oferta hídrica y cultura ancestral—, lo que la convierte en una zona de especial cuidado por parte del Estado. Comprende los departamentos del Amazonas, Caquetá, Cauca, Guainía, Guaviare, Meta, una parte del noroccidente de Nariño, Putumayo y Vichada. El propósito de este trabajo de investigación es evaluar los cambios en la cobertura de bosque en la Amazonía colombiana por actividades mineras legales relacionadas con la extracción de metales, no metales, materiales de construcción y demás concesibles, en el periodo 2002-2014, mediante tecnología SIG —sistemas de información geográfica—. La información cartográfica fue obtenida de entidades gubernamentales como el Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC) y el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (Sinchi). Luego se procesaron los datos mediante herramientas de georreferenciación y análisis de atributos. Esta información se cotejó con datos disponibles en el catastro minero, en el cual se verificó el estado actual y el historial de extracción de cada uno de los títulos mineros otorgados entre el 2002 y el 2014. Finalmente, la organización y el análisis de los resultados obtenidos se realizó con herramientas estadísticas que permitieron determinar las zonas con mayor cambio de cobertura de bosque, además de determinar el material de mayor extracción en la zona de estudio y su relación con el anillo poblacional amazónico.

Palabras clave: deforestación; minería legal; Amazonía colombiana; sistemas de información geográfica; títulos mineros; cambio de cobertura de suelo.

¹ Ingeniero Ambiental - Universidad Antonio Nariño sede Bogotá. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3378-5978>

² Ingeniero Ambiental - Universidad Antonio Nariño sede Bogotá. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2953-8747>

Deforestation processes associated with legal mining in the Colombian Amazon

Abstract

The Colombian Amazon is an ecosystem of great importance due to its great natural wealth -fauna, flora, water supply, and ancestral culture-, making it an area that counts with special care by the State. It includes the departments of Amazonas, Caquetá, Cauca, Cauca, Guainía, Guaviare, Meta, a part of northwestern Nariño, Putumayo, and Vichada. The purpose of this research is to evaluate the changes that have been taking place in the forest cover of the Colombian Amazon due to legal mining activities related to the extraction of metals, non-metals, construction materials, and other materials that the area provides, during the period 2002-2014, using the Geographic Information Systems (GIS) technology. The cartographic information was obtained from government entities such as the Colombian Environmental Information System (SIAC by its abbreviation in Spanish) and the Amazonian Institute of Scientific Research (Sinchi). The data was then processed using georeferencing and attribute analysis tools. This information was cross-checked with data available in the National Mining Registry, where the current status and extraction history of each of the mining titles granted between 2002 and 2014 were also verified. Finally, we organized and carried out an analysis of results with statistical tools that made it possible to determine the areas with the greatest change in forest cover, as well as the most-mined material in the area under study, and its relationship with the Amazonian population ring.

Keywords: *deforestation; legal mining; Colombian Amazon; geographic information systems; mining titles; land cover change.*

Processos de desmatamento associados à mineração legal na Amazônia colombiana

Resumo

A Amazônia colombiana é um ecossistema de grande importância devido às grandes riquezas naturais que possui —fauna, flora, abastecimento de água e cultura ancestral—, o que a torna uma área de cuidado especial do Estado. Inclui os departamentos de Amazonas, Caquetá, Cauca, Guainía, Guaviare, Meta, parte do noroeste de Nariño, Putumayo e Vichada. O objetivo deste trabalho de pesquisa é avaliar as mudanças na cobertura florestal na Amazônia colombiana devido às atividades de mineração legal relacionadas à extração de metais, não metais, materiais de construção e outras concessões, no período de 2002-2014, por meio da tecnologia SIG - Sistemas de Informação Geográfica. As informações cartográficas foram obtidas junto a entidades governamentais como o Sistema de Informação Ambiental da Colômbia (SIAC) e o Instituto Amazônico de Pesquisas Científicas (do espanhol Sinchi). Os dados foram então processados usando ferramentas de georreferenciamento e análise de atributos. Essas informações foram comparadas com os dados disponíveis no cadastro mineiro, onde se verificou o estado atual e histórico de extração de cada um dos títulos mineiros concedidos entre 2002 e 2014. Finalmente, a organização e análise dos resultados obtidos foram realizados com ferramentas estatísticas que permitiram determinar as áreas com maior alteração na cobertura florestal, além de determinar o material de maior extração na área de estudo e sua relação com o anel populacional amazônico.

Palavras-chave: *desmatamento, mineração legal, Amazônia colombiana, Sistemas de Informação Geográfica, títulos de mineração, alteração da cobertura da terra.*

Processus de déforestation associés à l'exploitation minière légale en Amazonie colombienne

Résumé

L'Amazonie colombienne est un écosystème de grande importance de part sa richesse naturelle - faune, flore, eau douce et culture ancestrale -, ce qui en fait une zone d'attention particulière des organismes de l'État. Cette région comprend les départements d'Amazonas, Caquetá, Cauca, Guainía, Guaviare, Meta, une partie nord-ouest de Nariño, Putumayo et Vichada. Le but de cette étude est d'évaluer les changements du couvert forestier de l'Amazonie colombienne dus aux activités minières légales d'extraction de métaux, non-métaux, matériaux de construction et autres concessions sur la période 2002-2014, au travers de la technologie SIG - Systèmes d'information géographique. Les informations cartographiques ont été obtenues auprès d'entités gouvernementales comme le Système colombien d'information sur l'environnement (SIAC) et l'Institut amazonien de recherche scientifique (Sinchi). Les données ont ensuite été traitées à l'aide d'outils de géoréférencement et d'analyse de données. Ces informations ont été comparées aux données disponibles dans le cadastre minier et ont permis de vérifier l'état actuel et historique des extractions pour chaque titre minier octroyé entre 2002 et 2014. Enfin, l'organisation et l'analyse des résultats obtenus ont été réalisées à l'aide d'outils statistiques permettant de déterminer les zones de fort changement de couvert forestier et leur relation avec les zones de peuplement de l'axe amazonien.

Mots-clés: *déforestation; exploitation minière légale; Amazonie colombienne; Systèmes d'information géographique; titres miniers; changement d'occupation des sols.*

1. Introducción

Debido a la importancia que ha tenido la actividad minera desde inicios del siglo XX hasta la actualidad, el sector minero ha sido uno de los sectores económicos más importantes del país, lo cual ha llevado a que cada vez sean mayores las zonas de extracción en el territorio colombiano. Esto ha generado también que en los últimos años la calidad ambiental haya desmejorado notoriamente y sin precedentes, además de una problemática ambiental caracterizada por deforestación masiva, contaminación del agua y alteraciones de los ecosistemas (Monsalve, 2017).

Desde 1990 la Amazonía se ha visto amenazada por la deforestación a grandes proporciones ocasionada por actividades tales como obtención de energía, agricultura y minería. La evolución favorable de la minería en el pasado ha llevado a que la explotación, la producción y la exportación de oro, carbón y materiales de construcción hayan sido catalogadas como las actividades económicas más antiguas y unas de las de mayor importancia para el país en la

actualidad; su importancia inició en la década de los treinta del siglo pasado debido a que la gran depresión afectó el precio de productos básicos como, por ejemplo, el café y las materias primas, de modo que fue entonces cuando la actividad minera tuvo una importancia mayor, ya que compensaba la caída de precio de los productos básicos (Pontón, Posada y Urrutia-Montoya, 2002).

Entre el 2006 y el 2010, la superficie de Colombia solicitada para minería incrementó casi ocho veces. En el 2010, el Ministerio de Minas y Energía ordenó el cierre de la ventanilla minera y una auditoría a las solicitudes existentes. Mientras tanto, el gobierno Santos se enfocó en promover el artículo 108 del Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2010-2014 que habilitó a la autoridad minera para determinar los «minerales de interés estratégico para el país». Al creerse habilitados por el PND, el Ministerio de Minas y la Agencia Nacional de Minería procedieron a expedir tres resoluciones en las que se delimitaban áreas estratégicas mineras (AEM) sobre más de 20 millones de hectáreas en todo el país (Tierra Digna, 2020).

El porcentaje de territorio nacional titulado para actividades mineras aumentó más de tres dígitos porcentuales en solo seis años. Igualmente, el número de títulos aumentó en un 33,1 % (véase la Figura 1).

Figura 1. Titulación minera en Colombia 2004-2010

Año	No. de títulos vigentes	No. de hectáreas otorgadas en títulos	Porcentaje del territorio nacional titulado
2004	2952	1040323	0.9%
2005	3459	1202915	1.1%
2006	4283	1569001	1.4%
2007	5580	2416199	2.1%
2008	6603	3418893	3%
2009	8267	4385886	3.8%
2010	8905	4805940	4.2%

Fuente. Vélez y Ruíz, 2015.

Entre las consecuencias más importantes producidas por la deforestación Amazónica se encuentran: erosión del suelo, polución del agua y aire, liberación de dióxido de carbono en la atmósfera, pérdida de biodiversidad por extinción de plantas y animales, incremento de la amenaza de calentamiento de la corteza terrestre, aniquilación de tribus amazónicas, epidemias de malaria e inundaciones masivas (González y Molina, 2012).

Ante este panorama, el proyecto de investigación tiene como objetivo evaluar los procesos de deforestación relacionados con la actividad minera legal en la Amazonía colombiana en el periodo 2002-2014. Se llevó a cabo la identificación de los títulos mineros otorgados sobre el territorio y se analizó la pérdida de bosques relacionada con la actividad minera legal, así como se identificaron 173 títulos mineros en la Amazonía colombiana que, en su mayoría, extraen minerales y materiales para construcción. Los departamentos con mayor presencia de títulos mineros son los departamentos del Caquetá, Meta y Guainía. Además, se identificó que en el departamento del Amazonas no hay títulos mineros otorgados, posiblemente porque es el departamento con la mayor área —20 223 km²— declarada como zona protegida (Corpoamazonia, 2019).

2. Justificación

La selva amazónica es reconocida en todo el mundo debido a su riqueza hídrica, paisajística y a su biodiversidad, lo que hace de la Amazonía uno de los ecosistemas de mayor importancia en el mundo (Pardo, Velásquez y Andrade, 2018). La relevancia de evaluar procesos de deforestación radica en que es de vital importancia monitorear los cambios de uso de suelo, ya que estos pueden provocar pérdida de diversidad biológica, vegetal, alteración del ciclo hidrológico y disminución de la capacidad de infiltración de agua para la recarga de acuíferos (Morales-Hernández *et al.*, 2016).

3. Antecedentes globales

Actualmente existen diversos estudios relacionados con la pérdida de cobertura forestal por actividades antropogénicas tales como minería, expansión urbana, agricultura y extracción de madera. A continuación, se mencionan antecedentes a escala global, regional y nacional.

3.1 Análisis de las tasas de deforestación, cambios en la cubierta forestal espacial e identificación de áreas críticas de cambios en la cubierta forestal en el noreste de la India durante 1972-1999 (Lele y Joshi, 2008)

El noreste de la India es uno de los principales puntos de biodiversidad del planeta. Esta zona tiene una extensión aproximada de 250 000 km², y el 30 % de la cubierta forestal de esta zona está bajo la presión de los rápidos cambios en el uso de la tierra. Se describió el cambio de la cubierta forestal —es decir, la deforestación— con la ayuda de sistemas de información geográfica mediante el análisis de los mapas de cobertura forestal a partir de seis conjuntos de datos temporales convertidos a bases de datos geoespaciales desde 1972 hasta 1999. Los resultados obtenidos muestran que los estados de Nagaland y Tripura presentan los mayores cambios en la cubierta forestal. En Arunachal Pradesh se encuentran las áreas menos dinámicas y mantiene una buena cobertura forestal debido a la inaccesibilidad topográfica en algunas zonas (Lele y Joshi, 2008).

3.2 Evaluación y seguimiento de la deforestación y los cambios en el uso de la tierra —1976-2014— en las islas Andaman y Nicobar, India, utilizando sensores remotos y SIG (Reddy *et al.*, 2016)

Las islas Andaman y Nicobar hacen parte de la biodiversidad de la India. Este estudio proporciona información espacial sobre los tipos de bosques, la deforestación y los cambios asociados al uso de la tierra en las dos islas durante el periodo 1976-2014. Se utilizaron técnicas de satélites de detección remota e información geográfica (GIS) para analizar los cambios en la cubierta forestal y la tasa de deforestación. El estudio concluyó que existe una deforestación a gran escala en las islas de Andaman y Nicobar que se ha estimado como 678,8

km² durante las últimas cuatro décadas. La tasa de deforestación fue alta durante el periodo 2000-2006 —0,78—, lo que indica una gran influencia del tsunami del 26 de diciembre del 2004. La tasa anual de deforestación de 2006-2014 fue de 0,40, evidenciando una reducción en la tasa de deforestación gracias a las políticas implementadas por el Gobierno indio (Reddy *et al.*, 2016).

4. Antecedentes regionales

4.1 Dinámica de patrones de deforestación en áreas protegidas de la Amazonía legal brasileña utilizando datos de teledetección (Cabral *et al.*, 2018)

La fragmentación de bosques y la deforestación son temas de gran preocupación en las regiones tropicales a pesar de la disminución en las tasas de deforestación en los últimos años. La Amazonía brasileña ha sido una de las zonas que ha sufrido las mayores pérdidas registradas, por lo cual Brasil ha adoptado políticas de conservación de la tierra que incluyen la implementación de áreas protegidas (AP).

Se analizaron y compararon los patrones de deforestación dentro y fuera de las AP mediante sistemas de información geográfica tomando como referencia dos fuentes de información: el conjunto de datos sobre cambio forestal global de Hansen y el Instituto Nacional de Investigación Espacial de Brasil, con datos anuales de pérdida de cobertura forestal derivados de imágenes satelitales y resoluciones espaciales en intervalos de dos años —entre 2002 y 2016—. Finalmente, se concluyó que existe una mayor fragmentación en algunas AP ubicadas en los estados de Mato Grosso y Pará debido a su cercanía con el «arco de deforestación» (Cabral *et al.*, 2018).

4.2 Tasas de cambios de coberturas de suelo y deforestación —1986-2011— (Peralta-Rivero *et al.*, 2015)

El estudio realizado en el municipio de Riberalta, en la Amazonía boliviana, analizó los cambios de cobertura de suelo debido a la deforestación por medio de percepción remota y

sistemas de información geográfica. Posteriormente, los cambios de coberturas fueron cuantificados y analizados mediante cartografía del territorio a fin de identificar y mapear las principales áreas afectadas (Peralta-Rivero *et al.*, 2015).

5. Antecedentes nacionales

5.1 Estudio Landsat de deforestación en la región amazónica de Colombia: departamentos de Caquetá y Putumayo (Murad y Pearse, 2018)

La selva amazónica, la más grande del mundo en términos de tamaño y diversidad, es reconocida como una fuente de servicios ecológicos para las comunidades locales y mundiales. El 10 % de su territorio pertenece a Colombia, de modo que cubre, aproximadamente, el 35 % del área total del país. Las zonas de la Amazonía más amenazadas por la deforestación se encuentran en los departamentos de Caquetá y Putumayo, y actividades humanas tales como tala, ganadería y minería son las principales causas de la deforestación. Se utilizaron imágenes Landsat 7 ETM + y Landsat 8 durante un periodo de 16 años para mapear los cambios recientes en la cobertura del suelo en los departamentos afectados por la deforestación. La cobertura del suelo en la región de estudio perdió el 5,2 % de su área, correspondiente a 3 020,56 km². En general, la región de estudio muestra una tasa anual de deforestación de 0,46 %, y solo para Caquetá esa tasa es de 0,77 %, aproximadamente el doble que las estimaciones de estudios previos de entre 0,38 % y 0,4 % de pérdida en Sudamérica tropical (Murad y Pearse, 2018).

5.2 Patrones y causas de la deforestación en la Amazonía colombiana (Armenteras *et al.*, 2006)

La información de los ecosistemas sobre la Amazonía colombiana es pobre en comparación con la de la Amazonía brasileña. Se examinaron los patrones de diversidad de los ecosistemas, la deforestación y la fragmentación y se proporciona una estimación de sus posibles causas a través de un análisis temporal y espacial de datos bióticos y abióticos utilizando sistemas de teledetección e información geográfica en seis áreas piloto que cubren

un total de 4 200 000 ha. Los resultados mostraron que la extensión y la tasa de cambio varían entre áreas dependiendo de la densidad de la población. Las tasas anuales de deforestación fueron de 3,73 % y 0,97 % en las áreas de crecimiento de alta densidad poblacional de Alto Putumayo y Macarena, respectivamente, y de 0,31 %, 0,23 % y 0,01 % en las áreas relativamente despobladas de la población indígena. Cabe resaltar que los cambios están relacionados con el historial de uso de la tierra, así como con factores socioeconómicos ambientales e históricos (Armenteras *et al.*, 2006).

5.3 Objetivo general

El objetivo general es evaluar los procesos de deforestación relacionados con la actividad minera legal en la Amazonía colombiana en el periodo 2002-2014.

5.4 Objetivos específicos

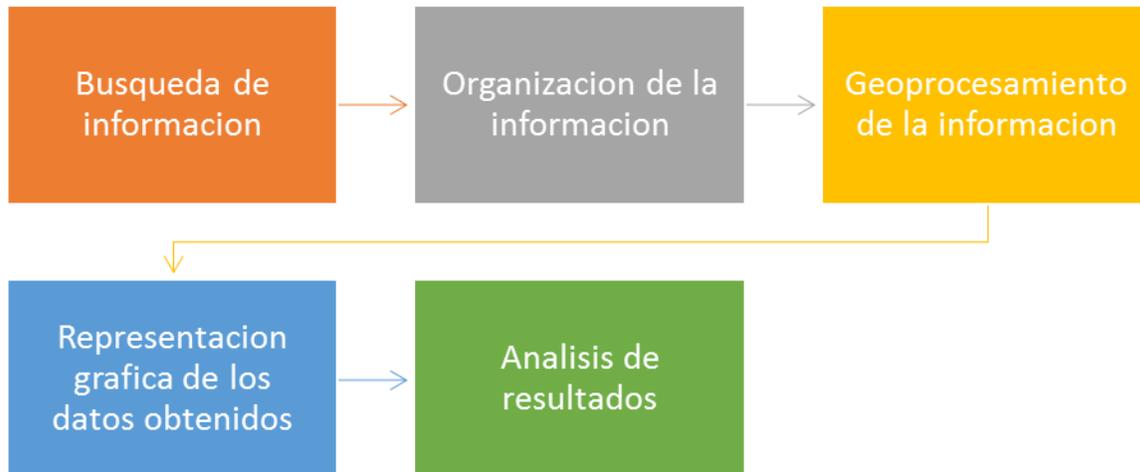
Los objetivos principales son:

- Identificar los títulos mineros y el tipo de material extraído en la Amazonía colombiana.
- Analizar la pérdida de bosques entre los años 2002 y 2014 relacionada con los títulos mineros otorgados en la Amazonía colombiana.

6. Metodología

La metodología se realizó en varios pasos. Se inició con la búsqueda y la obtención de información a través de las páginas estatales y de organizaciones no gubernamentales (ONG). Después se realizó el procesamiento de la información en el *software* ArcGIS y la representación de los datos a través de cartografía temática. Finalmente, se representaron cuantitativamente los datos obtenidos para el análisis de resultados.

Figura 2. Esquema metodológico del trabajo de investigación

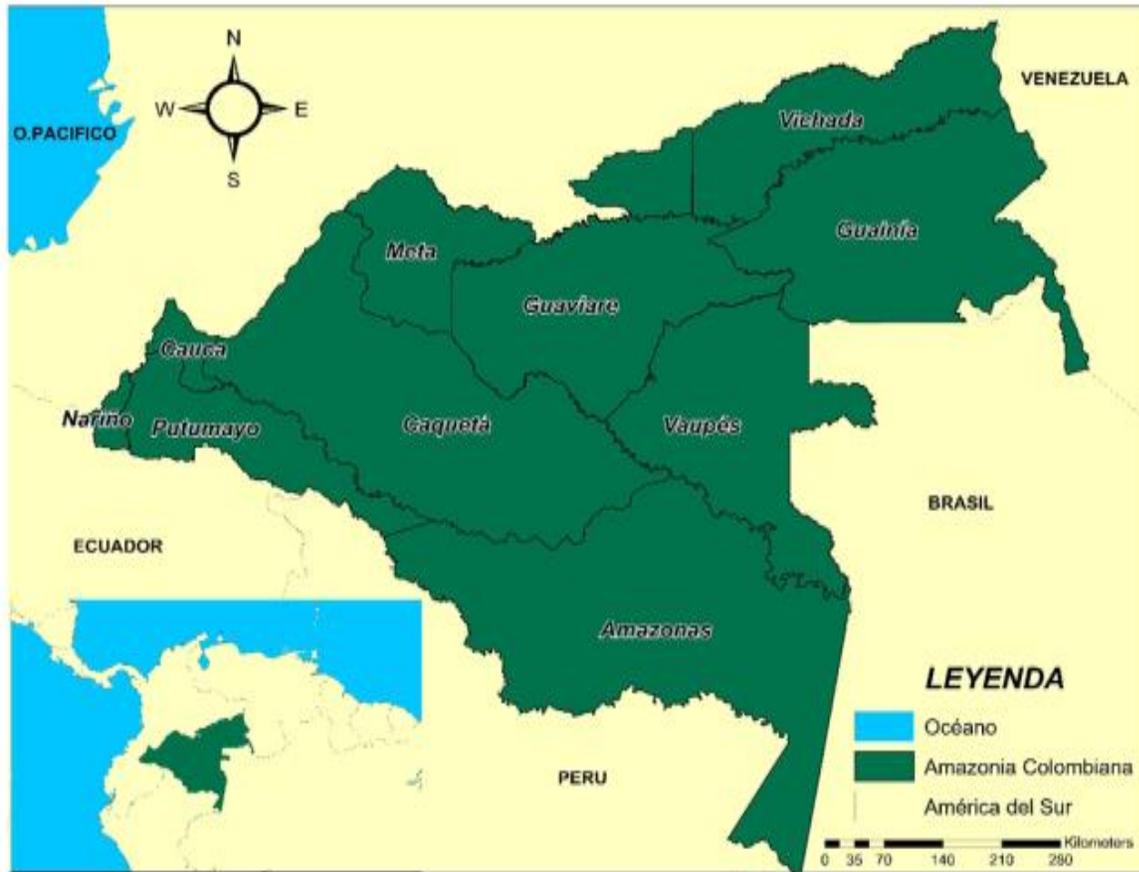


Fuente. Elaboración propia.

6.1. Zona de estudio

La Amazonía ocupa más de la tercera parte del territorio colombiano y está conformada por los departamentos de Amazonas, Caquetá, Cauca, Guainía, Guaviare, sur del Meta, Putumayo, Vaupés y una pequeña parte de Nariño (véase la Figura 3), de manera que suma en su totalidad un área de 476 000 km² (Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas [Sinchi], 2018). Durante los últimos años se han generado circunstancias que han inducido cambios, lo cual ha propiciado nuevas presiones sobre los recursos del espacio. Entre esto se cuentan procesos tales como la deforestación generada por la intensificación de actividades extractivas como, por ejemplo, la pesca, la minería o el establecimiento de los cultivos de uso ilícito (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [Cepal], 2013).

Figura 3. Localización de la Amazonía colombiana



Fuente. Elaboración propia.

Para la identificación de las zonas deforestadas en la Amazonía colombiana se utilizaron capas cartográficas de los años 2002, 2007, 2010 y 2014, de entidades gubernamentales especialistas en el tema, como lo es el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (Sinchi), el cual tiene las capas disponibles al público en la página del Sistema de Información Ambiental para Colombia (SIAC)³ y de la página de Tierra Minada⁴.

³ Véase <http://www.siac.gov.co/catalogo-de-mapas>

⁴ Véase <https://sites.google.com/site/tierraminada/>

La información sobre el estado de cada uno de los títulos mineros —si están en fase de exploración, construcción y montaje o explotación— otorgados en el periodo 2002-2014 se obtuvo de la página del Catastro Minero Colombiano⁵ (CMC).

Se tomó como línea base el área deforestada del año 2002 y con respecto a esta se procedió luego a sobreponer las capas de los demás años con los títulos mineros otorgados hasta el 2014, determinando las coberturas que reemplazaron la cobertura de bosque.

Figura 4. Primera parte de la metodología del proyecto



Fuente. Elaboración propia.

⁵ Véase <http://www.cmc.gov.co:8080/CmcFrontEnd/consulta/index.cmc>

Para la intersección de la capa —títulos mineros Amazonía— y cada una de las capas de cobertura de suelo 2002, 2007, 2012 y 2014 se procedió a dividir las coberturas de bosque en dos grupos: «bosque» y «no bosque»; esto con el fin de hacer más entendible la información generada en cada intercepto.

Figura 5. Segunda parte de la metodología del proyecto



Fuente. Elaboración propia.

7. Resultados y discusión

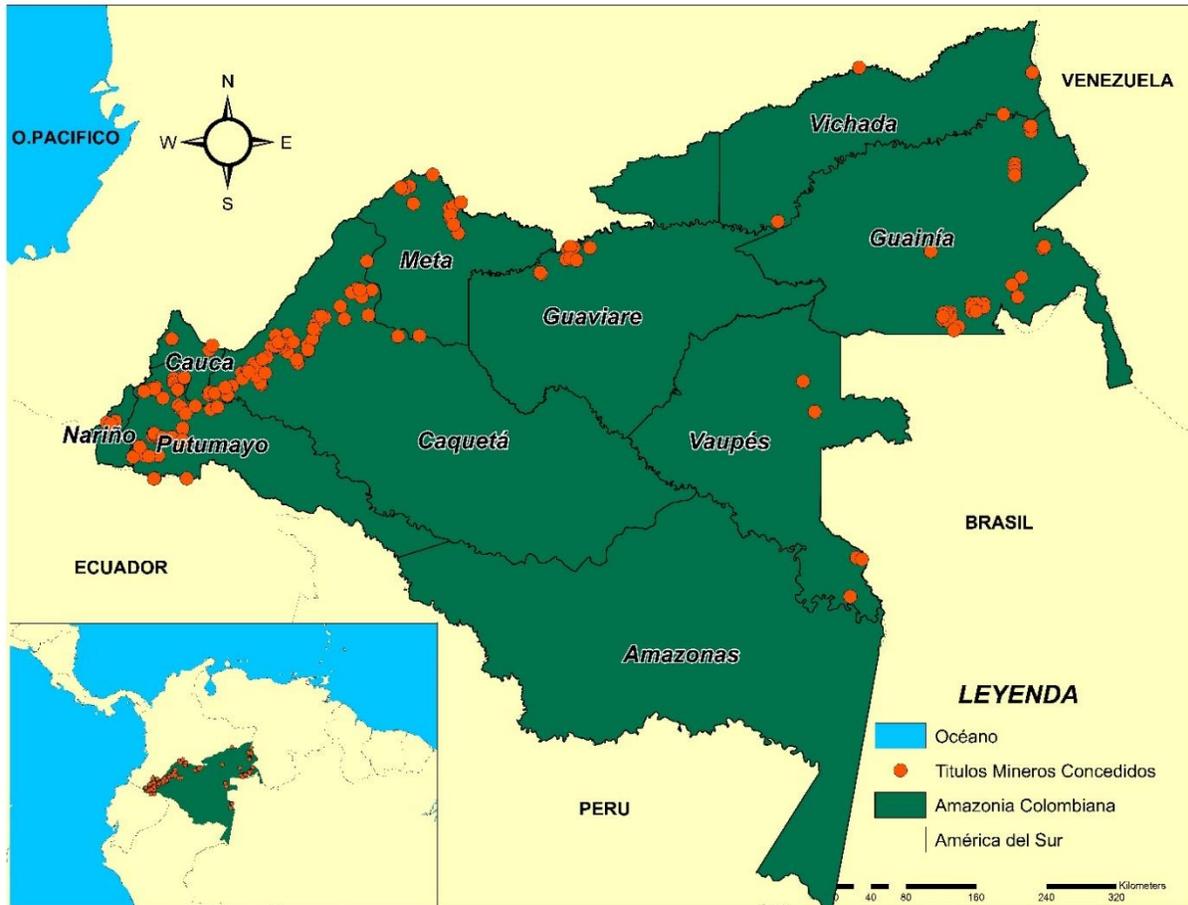
En la Amazonía se identificaron y ubicaron 173 títulos mineros (véase la Figura 6). La evaluación y el análisis de los cambios de cobertura de bosque y no bosque se desarrolló por año, con el fin de relacionar el cambio de cobertura de bosque con las actividades mineras en el sector. El periodo en el que se observó una mayor deforestación —cambio de cobertura bosque a no bosque— fue 2002-2007 (véase la Tabla 1). Cabe destacar que en el departamento del Amazonas no se encontraron actividades mineras durante el periodo de estudio 2002-2014.

Tabla 1. Cambios de cobertura de bosque en la Amazonía colombiana en el periodo 2002-2014

Año	Bosque	No bosque	Área total —ha—	Deforestación
2002	98753,23	24898,55	123651,8	0
2007	97680,54	25971,23	123651,8	4,31 %
2012	97355,36	26296,41	123651,8	1,25 %
2014	96750,09	26901,70	123651,8	2,30 %

Fuente. Elaboración propia.

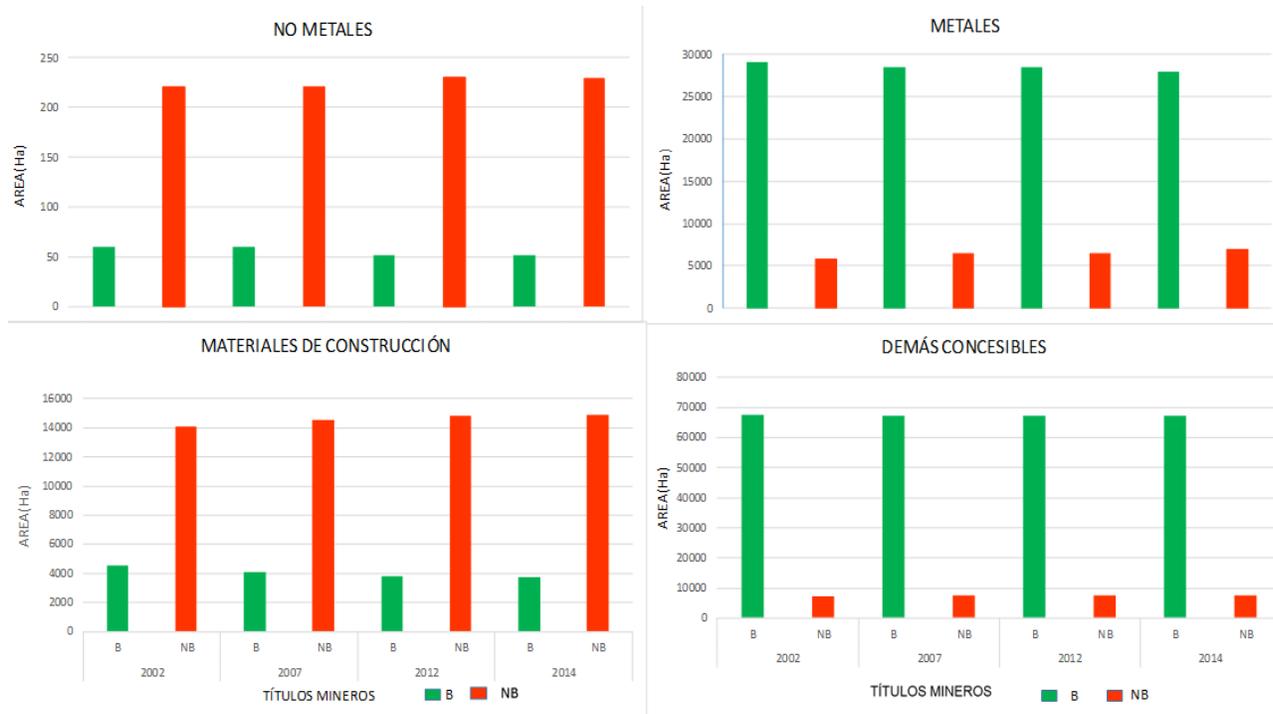
Figura 6. Localización de los títulos mineros concedidos en la Amazonía colombiana



Fuente. Elaboración propia.

Al analizar los resultados obtenidos se determinó que la actividad minera asociada a la extracción de materiales de construcción fue la que generó un mayor cambio de cobertura de bosque entre los años 2002 y 2014. Ahora bien, la actividad minera asociada a los demás concesibles generó menos cambios de cobertura de bosque (véase la Figura 7), probablemente porque los títulos mineros no se han explotado aún.

Figura 7. Cobertura de bosque «B» y no bosque «NB» en la Amazonía colombiana en el periodo 2002-2014



Fuente. Elaboración propia.

Caquetá es el departamento con el mayor número de títulos mineros de toda la Amazonía, la mayoría de los cuales se dedican a la extracción de materiales de construcción. Esta zona ha presentado cambios considerables en la cobertura de bosque desde el 2002 hasta el 2014, de manera que llegó a abarcar áreas de 600 hectáreas por título.

En el departamento de Putumayo la extracción de materiales de construcción fue bastante dinámica. Algunos títulos como DFR-151, GFR-111 y NFK-10211 presentan un cambio de cobertura de bosque total a partir del 2007, aunque el título FCQ-101 presenta un aumento de la capa boscosa a partir del 2012. Esto posiblemente se debió a la recuperación de áreas en las que se ha terminado el proceso de extracción del material y se ha dado paso a programas de reforestación (véase la Figura 7).

Figura 8. Cambios en la cobertura de bosque por extracción de materiales de construcción en el departamento del Putumayo



Fuente. Elaboración propia.

El área total deforestada en la Amazonía colombiana por actividad minera legal del periodo 2002-2014 es de 26 901,7 ha, de las cuales, aproximadamente, el 50 % de las hectáreas deforestadas fueron para explotación de materiales de construcción, el 25 % con destino a los demás concesibles, el 23 % a extracción de metales y el 0,72 % a la extracción de no metales.

Según lo consultado en el catastro minero, muchos de los títulos mineros del estudio se encuentran localizados en cercanías de ríos y cascos urbanos. Si se tiene en cuenta esto se puede decir que una de las razones por las que la mayoría de los títulos mineros, a pesar de

Las zonas de extracción minera se encuentran en cercanías de los ríos. Según esto, se podría decir que tiene concordancia que en la Amazonía colombiana la actividad minera prevaleciente sea la extracción de materiales de construcción, debido a la gran oferta hídrica del sector (véase la Figura 9).

La expansión agrícola, las actividades mineras, la construcción de nuevas carreteras y las migraciones humanas hacia zonas sin explotar son las principales causas de la deforestación en la Amazonía.

Actividades antropogénicas como la minería, que provocan crecimiento económico, lo cual conlleva a migración humana, construcción de asentamientos y carreteras en zonas sin explorar, son las principales causas de la deforestación en la Amazonía (Azevedo-Ramos, 2008).

Las actividades mineras se concentran, en su mayoría, en departamentos con alta densidad poblacional, como, por ejemplo, Caquetá, Guaviare y Putumayo; estos tres departamentos albergan 105 títulos mineros, lo que representa el 61,4 % del total de títulos vigentes en toda la Amazonía.

Esto puede estar directamente relacionado con el crecimiento económico de las poblaciones, las cuales demandan materias primas tales como materiales de construcción y metales para su desarrollo económico. Además, la minería en Colombia ha venido tomando fuerza durante los últimos años, debido a que es la principal fuente de inversión extranjera (Escobar y Martínez, 2014).

Si bien el crecimiento económico tiene mucho que ver con los cambios de cobertura de bosque, también es cierto que la pobreza juega un rol importante que debe mencionarse. En promedio, el desarrollo económico de las economías emergentes está asociado con aumentos en la pérdida de la cubierta forestal, sin embargo, las tasas de deforestación tienden a disminuir con las mejoras en el desarrollo económico (Crespo-Cuaresma y Heger, 2019).

La inexistencia de títulos mineros durante el periodo de estudio en el departamento del Amazonas probablemente se debe a que es el departamento con mayor área de zonas protegidas, con un área de 20 223 km², lo que comprende, aproximadamente, el 18 % del territorio del departamento (Corpoamazonia, 2019). Además, es el departamento con mayor riqueza étnica, pues actualmente existen 26 etnias indígenas en él, conformadas por 47 000 miembros, aproximadamente (Sistema Nacional de Información Cultural [Sinic], 2019).

Si bien es cierto que las actividades mineras legales generan focos de deforestación, también cabe resaltar que la deforestación está ocasionada, en mayor medida, por otro tipo de actividades tales como presión demográfica, desempleo, crecimiento económico, expansión agrícola y desarrollo de la infraestructura (Barbier, 2004, Davidar *et al.*, 2010, Mather y Needle, 1998 y Laurence, 2007)

En Colombia, el principal determinante de la deforestación es la expansión de la frontera agropecuaria. En la región amazónica la variación en los suelos se debe, en parte, a la ampliación de los pastos, así como al establecimiento de cultivos de autoconsumo y de cultivos ilícitos. Las actividades ilegales —cultivos ilícitos, minería ilegal— son un factor de degradación forestal importante que abre las puertas a otras actividades que terminan por transformar el ecosistema (Romero, 2014).

8. Conclusiones

Las conclusiones se enlistan a continuación.

- La deforestación por actividades mineras legales en los departamentos de Nariño, Vaupés y Vichada no presentan cambios en la cobertura de bosque durante el periodo de estudio — 2002-2014—. Esto se debe, posiblemente, a que el área explotación de minerales no se ha extendido por el momento.

- La minería en la Amazonía colombiana está enfocada, principalmente, a la extracción de materiales de construcción, seguida de demás concesibles y extracción de metales y no metales.
- La pérdida de bosque por actividad minera legal se encuentra directamente relacionada con el paso del tiempo. En el 2002 la cobertura de no bosque era de 24 898,55 ha y para el 2014 la cobertura alcanzó una cifra de 26 901,7 ha; la tasa de aumento fue de 7 % en 12 años.
- El departamento que presentó la mayor deforestación según el estudio fue Putumayo, con una cobertura de no bosque de 9 333,96 ha, siendo esta cobertura el 62 % del área total designada por el Estado para actividades mineras en el departamento. Cabe mencionar que los materiales de construcción fueron los de mayor extracción en el departamento, seguidos de demás concesibles, metales y no metales. El aumento de la deforestación fue leve durante el periodo de estudio. Además, en algunos títulos mineros se presentó aumento de la cobertura de bosque, lo que posiblemente se debió a actividades de recuperación del ecosistema por el cese de actividades extractivas en la zona.

Referencias

- Armenteras, D.; Rudas, G.; Rodríguez, N.; Sua, S.; Romero, M. (2006). Patterns and causes of deforestation in the Colombian Amazon. *Ecological Indicators*, 6(2), 353-368. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2005.03.014>
- Azevedo-Ramos, C. (2008). El desarrollo sostenible y los retos de la deforestación en la Amazonía brasileña: lo bueno, lo feo y lo malo. *Unasyuva*, 59(230), 12-16. Recuperado de <https://bit.ly/3wc7SSg>
- Barbier, E. (2004). Expansión agrícola, auge de recursos y crecimiento en América Latina: implicaciones para el desarrollo económico a largo plazo. *Desarrollo Mundial*, 32(1), 137-157. Recuperado de <https://bit.ly/3dzximc>
- Cabral, A.; Saito, C.; Pereira, H.; Laques, A. (2018). Deforestation pattern dynamics in protected areas of the Brazilian Legal Amazon using remote sensing data. *Applied Geography*, 100, 101-115. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2018.10.003>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2013). *Amazonia posible y sostenible*. Recuperado de <https://bit.ly/3yi2heC>

- Corpoamazonia. (2019). *Sistema de áreas protegidas*. Recuperado de <https://bit.ly/3xi0NAI>
- Crespo-Cuaresma, J.; Heger, M. (2019). Deforestation and economic development: evidence from national borders. *Land Use Policy*, 84, 347-353. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.12.039>
- Davidar, P.; Sahoo, S.; Mammen, P.; Acharya, p.; Puyravaud, J.; Arjunan M.; Garrigues, J.; Roessingh K. (2010). Assessing the extent and causes of forest degradation in India: Where do we stand? *Biological Conservation*, 143(12), 2937-2944. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.04.032>
- Escobar, A.; Martínez, H. (2014). El sector minero colombiano actual. En J. Benavides (Comp.) *Insumos para el desarrollo del Plan Nacional de Ordenamiento Minero*. (1-68). Bogotá: Ediciones Uniandes. Recuperado de <https://bit.ly/2V3zWdF>
- González, H.; Molina, D. (2012). Determinantes de la deforestación en la Amazonía. *Revista Interamericana de Ambiente y Turismo*, 8(1), 17-25.
- Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas. (2018). *Región de la selva amazónica*. Recuperado de <https://bit.ly/3hdfD6b>
- Laurence, W. (2007). Have we exaggerated the tropical biodiversity crisis? *Trends in Ecology and Conservation*, 22(2), 65-70. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2006.09.014>
- Lele, N.; Joshi, P. (2008). Analyzing deforestation rates, spatial forest cover changes and identifying critical areas of forest cover changes in North-East India during 1972-1999. *Environmental Monitoring and Assessment*, 156(1), 159. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-008-0472-6>
- Mather, A.; Nettle, C. (1998). The forest transition: a theoretical basis. *The Royal Geographical Society*, 30(2), 117-124. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1475-4762.1998.tb00055.x>
- Monsalve, C. (2017). *Análisis de las consecuencias ambientales y económicas que genera la minería en Colombia* (Tesis de especialización). Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá, Colombia. Recuperado de <https://bit.ly/2TuHJRe>
- Morales-Hernández, J.; Carrillo-González, F.; Farfán-Molina, L.; Cornejo-López, V. (2016). Vegetation change cover in the coastal region of Bahía de Banderas, Mexico. *Caldasia*, 38(1), 17-29. DOI: <https://doi.org/10.15446/caldasia.v38n1.57831>
- Murad, C.; Pearce, J. (2018). Landsat study of deforestation in the Amazon region of Colombia: departments of Caquetá and Putumayo. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 11, 161-171. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2018.07.003>
- Pardo, Y.; Velásquez, J.; Andrade, M. (2018). Experiencias investigativas desde la Amazonía colombiana para la construcción de políticas contra cambio el climático: pagos por servicios ambientales. *Sotavento M.B.A.*, (28), 84-93. DOI: <https://doi.org/10.18601/01233734.n28.09>

- Peralta-Rivero, C.; Torrico-Albino, J.; Vos, V.; Galindo-Mendoza, M.; Contreras-Servín, C. (2015). Tasas de cambios de coberturas de suelo y deforestación (1986-2011) en el municipio de Riberalta, Amazonía boliviana. *Ecología en Bolivia*, 50(2), 91-114.
- Pontón, A.; Posada C.; Urrutia-Montoya, M. (2002). *El crecimiento económico colombiano en el siglo XX*. Recuperado de <https://bit.ly/3dFUr6v>
- Reddy, C.; Satish, K.; Pasha, S.; Jha, C.; Dadhawal, V. (2016). Assessment and monitoring of deforestation and land-use changes (1976-2014) in Andaman and Nicobar Islands, India using remote sensing and GIS. *Current Science*, 111(9), 1492-1499. DOI: <https://doi.org/10.18520/cs/v111/i9/1492-1499>
- Romero, H. (2014). Deforestación en Colombia: Retos y perspectivas. Recuperado de <https://bit.ly/3dDzEAs>
- Sistema Nacional de Información Cultural. (2019). *Colombia cultural; población Amazonas*. Recuperado de <https://bit.ly/3houd9K>
- Tierra Digna. (10 de febrero de 2020). *Áreas estratégicas mineras*. Recuperado de <https://bit.ly/3hrKoDm>
- Vélez, I.; Ruiz, G. (2015). Neoliberal Mining Extractivism and Socio-Environmental Conflicts in Peru and Colombia. *Ambiente y Sostenibilidad*, (5), 3-15. DOI: <https://doi.org/10.25100/ays.v5i1.4297>