



Maestría en Cambios Globales y Riesgo de Desastres

Incorporación de áreas deforestadas como determinante ambiental, en los procesos de ordenamiento territorial en los municipios del departamento del Meta.

Estudiantes

Lina Rocío Rodríguez Beltrán

Javier Eduardo Ríos Miranda



Universidad[®]
Católica
de Manizales

VIGILADA MINEEDUCACIÓN

Obra de Iglesia
de la Congregación



Hermanas de la Caridad
Dominicanas de La Presentación
de la Santísima Virgen

Incorporación de áreas deforestadas como determinante ambiental, en los procesos de ordenamiento territorial en los municipios del departamento del Meta

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Magister en Cambios Globales y Riesgo de desastres

Modalidad de grado: Profundización

Tutor: Carolina Suárez Valencia

Autores

**Lina Rocío Rodríguez Beltrán
Javier Eduardo Ríos Miranda**

**Universidad Católica de Manizales
Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Maestría en Cambios Globales y riesgos de desastres
Manizales, Caldas
2022**

Tabla de contenido

1. ANTECEDENTES	12
1.1 Contexto geográfico	23
2. OBJETIVOS.....	24
3. MARCO TEÓRICO	25
3.1 Determinantes ambientales.....	27
3.2 Sistemas de Información Geográfica.....	28
3.3 Instrumentos de Planificación	35
4. METODOLOGÍA	42
4.1 Determinación de línea base de bosque no bosque	43
4.2 Determinación de las áreas deforestadas	48
4.3 Determinación de la vocación de suelo	51
4.4 Determinación de la clasificación del suelo territorial y categorías de actividades	54
5. RESULTADOS.....	61
6. CONCLUSIONES.....	67
7. RECOMENDACIONES.....	70
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Actividades de la etapa de diagnóstico.....	38
Figura 2 Actividades de la etapa de formulación.....	39
Figura 3 Fases y principales procesos del POMCA.....	41
Figura 4 Paso a paso toma de decisión lleno de vacíos información por Bosque	45
Figura 5 Paso a paso toma de decisión lleno de vacíos información por no bosque	46

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Mapa Bosque no Bosque Año 2010 para Colombia	44
Ilustración 2 flujogramas de procesos para la generación del Mapa Línea base de Bosque No Bosque 2010 Departamento del Meta	46
Ilustración 3. Mapa Línea base de Bosque No Bosque 2010 Departamento del Meta.....	47
Ilustración 4. Mapas bosque no bosque Colombia en diferentes años	48
Ilustración 5. Convenciones de los mapas de bosque no bosque.....	49
Ilustración 6 Flujogramas de procesos para la generación del Mapa áreas deforestadas año a año en el departamento del Meta	50
Ilustración 7. Mapa de áreas deforestas 2010-2021 en el departamento del Meta.	51

Ilustración 8 flujograma de procesos para la generación del Mapa Clasificación de las Tierras por su Vocación de Uso en el departamento del Meta	52
Ilustración 9. Mapa Digital de Clasificación de las Tierras por su Vocación de Uso, República de Colombia, Escala 1:100.000. Año 2013.	53
Ilustración 10. Mapas de clasificación del suelo territorial del departamento del Meta (Antes de la estructuración).....	56
Ilustración 11 Mapas de clasificación del suelo territorial del departamento del Meta (Después de la estructuración).....	57
Ilustración 12. Mapas de categorías de actividad del departamento del Meta (Antes de la estructuración y reclasificación de las categorías).....	58
Ilustración 13 Mapas de categorías de actividad del departamento del Meta (Después de la estructuración y reclasificación de las categorías.).....	59
Ilustración 14 flujogramas de procesos para la generación del Mapa áreas deforestadas año a año en el departamento del Meta	60
Ilustración 15 Deforestación anual en el departamento del Meta	62

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Segmentos de Landsat 8	30
Tabla 2 Herramientas usadas en la elaboración de la cartografía temática	32

Tabla 3 Área y porcentajes de bosques, no bosque y sin información en el departamento del Meta	61
Tabla 4 Áreas Deforestación anual en el departamento del Meta	62
Tabla 5 Tabla de áreas deforestadas anualmente por vocación de uso	63
Tabla 6 Tabla de reclasificación de la clasificación de suelos encontrados en planos.	65
Tabla 7 Categorías del suelo con mayores áreas deforestadas en el Departamento del Meta	66

Introducción

Las áreas deforestadas alteran la funcionalidad y dinámica de los ecosistemas presentes en cualquier parte de la tierra, generando efectos negativos en el aire, la flora, la fauna, el agua, el suelo y los seres vivos, estos daños pueden ser de manera directa o indirecta, dado que afectan la calidad de bienes y servicios ecosistémicos.

En el departamento del Meta el índice de deforestación ha ido aumentando en magnitud y frecuencia en las últimas décadas, hecho asociado principalmente al acaparamiento de tierras y a los cambios en la demografía y en los usos de la tierra, alcanzando actualmente niveles preocupantes, especialmente en el sur del territorio, donde este fenómeno, además de afectar a la salud de personas, está causando desequilibrios ecológicos con implicaciones cada vez más evidentes sobre la variabilidad climática y la pérdida de biodiversidad.

La época de mayor incidencia en el Meta se presenta entre los meses de diciembre a marzo, la cual coincide con la época seca, que se caracteriza por la escasez de lluvia, baja humedad del aire, déficit hídrico y vientos fuertes; condiciones que aumentan el riesgo potencial.

De esta forma el presente trabajo pretende, a través de información secundaria generada por las entidades del orden nacional, identificar y delimitar las áreas deforestadas y poder definir lineamientos necesarios, para que estas sean incorporadas en los instrumentos de planificación territorial como determinante ambiental, con el fin de definir las estrategias y acciones necesarias para la recuperación de éstas.

La importancia de poder desarrollar y culminar este trabajo, surge a partir del problema que se presenta en el Departamento de Meta con ocasión de los procesos de deforestación, y poder así generar una herramienta que permita, a las entidades municipales y a la misma Gobernación del Meta, definir

mecanismos de control en el manejo de la deforestación en el marco de la revisión y/o formulación de sus instrumentos de planificación territorial.

En este sentido se llevará a cabo un ejercicio de compilación de información cartográfica generada por el IDEAM y el Programa Visión Amazonia (Cormacarena-IDEAM) anual, semestral y trimestralmente, para posteriormente realizar un cruce con las capas temáticas: uso del suelo, clasificación del suelo y el político administrativo.

De esta forma se generará cartografía de la distribución de áreas deforestadas para el departamento del Meta según su uso del suelo o su clasificación del territorio, y poder establecer las áreas y lugares con mayor afectación por este fenómeno.

De acuerdo con lo anterior, se generará información estadística y mapas desde el año 2010 al año 2021, donde se pueda observar información referente a localización geográfica y político administrativa, clasificación del territorio y usos del suelo. Las actividades a realizar son:

- Recopilación de información para generar línea base de bosque al año 2010.
- Recopilación de información de deforestación para los diferentes años (2010-2021)
- Preprocesamiento de información temática (uso del suelo, clasificación del territorio, político administrativo).
- Cruce de información espacial
- Generación de estadísticas del mapa de deforestación multianual
- Salidas gráficas y análisis de los resultados obtenidos.

Finalmente se elaborarán fichas temáticas por municipio en las cuales se consigne toda la información referente a los núcleos de deforestación y los elementos ambientales afectados, con el fin de definir las estrategias y acciones tendientes a la recuperación de dichas zonas.

Justificación

Según el artículo 7° del Decreto 1807 de 2014 compilado en el Decreto 1077 de 2015, los alcaldes municipales podrán solicitar asesoría sobre los análisis que se deben adelantar para el estudio de los eventos que se presentan en su territorio, es por ello que, aunque el decreto en cuestión solo menciona que los instrumentos de planificación (POTs), realizarán estudio de amenazas sobre los eventos naturales de movimientos en masa, inundación y avenida torrencial, también da la oportunidad de presentar otros estudios para el mejor desarrollo y ordenamiento de sus jurisdicciones.

Uno de los fenómenos que ha crecido aceleradamente en el departamento del Meta es la aparición de cientos y miles de hectáreas nucleadas de deforestación, con ocasión principalmente del acaparamiento de tierra y el avance de la frontera agrícola y pecuaria, pese a los múltiples esfuerzos que tanto las autoridades ambientales competentes como los entes territoriales han venido realizando. Los índices de deforestación fluctúan año a año alcanzando valores que superan las 40.000 ha anuales, siendo los municipios de Mapiripán, Vista Hermosa, Mesetas, La Macarena y Uribe, municipios de sexta categoría y que tienen desactualizado su instrumento de planificación territorial, los que presentan mayores incrementos en deforestación.

En este sentido la identificación de áreas deforestadas permitirá que los municipios dentro de su proceso de planificación territorial definan los usos y actividades de tal forma que no se generen conflictos de usos de suelo, sino por el contrario, se conserve la oferta de servicios ecosistémicos. Todo lo anterior servirá como insumo para establecer el modelo de ocupación del territorio y definir las políticas y los objetivos tendientes a minimizar las áreas deforestadas identificadas y/o recuperar las perdidas.

De otro lado se hace necesario que los municipios cuenten con una herramienta y/o guía que les permita definir y diseñar las estrategias y acciones necesarias para evitar la propagación de áreas

deforestadas y recuperar aquellas que presentan un alto grado de degradación, para esto se diseñan fichas ambientales que contienen los lineamientos necesarios para incorporar dentro del instrumento de planificación territorial, en cada uno de sus componentes, General, Urbano y Rural, y en cada documento presentado: Diagnóstico, Formulación y Programa de ejecución como lo establece el Decreto 1232 de 2020.

Es así como el mapa de áreas deforestadas del departamento del Meta y las fichas ambientales, se convierten en una herramienta para la toma de decisiones en el marco del Ordenamiento Territorial en cada uno de los municipios que conforman el territorio, permitiendo que cada uno utilice los insumos para definir las medidas de mitigación y así poder frenar el incremento de la pérdida de bosques, que se presenta todos los años en el departamento.

1. Antecedentes

Las áreas deforestadas alteran la funcionalidad y dinámica de los ecosistemas presentes en cualquier parte de la tierra, generando daños negativos en el aire, la flora, la fauna, el agua, el suelo y los seres vivos, estos daños pueden darse de manera directa o indirecta y afectan la calidad de bienes y servicios ecosistémicos.

En el departamento del Meta el índice de deforestación ha ido aumentando en magnitud y frecuencia en las últimas décadas, hecho asociado principalmente al acaparamiento de tierras, a la expansión de la frontera agrícola y a los cambios en la demografía y en los usos del suelo, alcanzando actualmente niveles preocupantes, especialmente en el sur del territorio, donde este fenómeno, además de afectar a la salud de personas, está causando desequilibrios ecológicos con implicaciones cada vez más evidentes sobre la variabilidad climática y la pérdida de biodiversidad.

Este fenómeno ha llamado la atención de las diferentes instituciones de orden local, regional y nacional por lo que se pretende, a través de la identificación y delimitación de áreas deforestadas con base en imágenes satelitales, establecer los lineamientos necesarios a ser incorporados en los instrumentos de planificación territorial tendientes a disminuir, en el tiempo, el área de estas zonas y definir estrategias y acciones necesarias para la recuperación de las mismas.

En este sentido se lleva a cabo una revisión bibliográfica tendiente a identificar y analizar aquellos ejercicios en los cuales se adelanten actividades que den alcance a los objetivos propuestos en la investigación, como es el caso de la identificación de áreas deforestadas y la definición de estrategias que permitan frenar este fenómeno.

Un estudio interesante referente a este t3pico es el de Carrillo G, et al. en el a3o 2022 en el cual utiliza series temporales de im3genes Landsat y el algoritmo BFAST para analizar la deforestaci3n anual en la ciudad de M3rida Yucat3n en M3xico durante el per3odo 2000-2018, comparar las temperaturas antes y despu3s de la deforestaci3n y examinar la posible manifestaci3n del efecto islas de calor en la ciudad.

Para realizar el an3lisis se descargaron im3genes Landsat disponibles para el 3rea de estudio del portal web Earth Explorer del Servicio Geol3gico de los Estados Unidos (USGS) y EROS Science Processing Architecture desde el a3o 1986 hasta 2018, las cuales inclu3an adem3s el 3ndice de vegetaci3n de diferencia normalizada (NDVI) y los archivos de evaluaci3n de la calidad de los p3xeles.

De acuerdo con los autores las im3genes ten3an una resoluci3n de 30 m, las cuales fueron procesadas para la reflectancia superficial y corregidas geom3tricamente con Landsat Level 1 Terrain Precision Correction por USGS. As3 mismo se llev3 a cabo un proceso de correcci3n atmosf3rica y detecci3n y enmascaramiento de nubes por USGS utilizando el sistema adaptativo de perturbaci3n del ecosistema Landsat y la funci3n c de los algoritmos de m3scara, respectivamente. As3 mismo se seleccion3 el NDVI como 3ndice espectral teniendo en cuenta que es el m3s utilizado en sensores remotos. De esta forma un total de 542 im3genes Landsat fueron revisadas en busca de evidencia de deforestaci3n.

Finalmente se acudi3 al algoritmo BFAST para detectar cambios en el terreno y se opt3 por usar todas las im3genes disponibles con 15 a3os anteriores al inicio del per3odo de estudio (1986-2000) con el fin de identificar los cambios en la superficie terrestre. Seg3n Carrillo G, et al. (2022):

Este proceso comienza con la adquisición de Imágenes de series temporales de Landsat. Luego, utilizando una prueba residual de mínimos cuadrados ordinarios, se ajusta un modelo de análisis de series temporales. Este modelo se utiliza para producir una capa con puntos de interrupción o píxeles que contengan la fecha donde el cambio ocurrió que se utilizan para producir un mapa de deforestación. Finalmente, se utilizan imágenes de alta resolución para validar la deforestación. (p. 3).

Como resultado del estudio se identificó un total de 5.413 ha deforestada para el periodo comprendido entre el año 2000 y el 2018 con un porcentaje de precisión superior al 96%, un cambio en la temperatura de la superficie terrestre de 2.36 a 3.94 °C una vez se presentaba algún proceso de deforestación, y la detección del fenómeno islas de calor en el 80% del territorio urbano, principalmente donde se genera la deforestación.

Carrillo G, et al. (2022) indicó: “Los resultados demuestran la eficacia de las imágenes Landsat y el algoritmo BFAST para detectar la deforestación en zonas periurbanas, así como el uso de las imágenes Landsat para estimar la temperatura de la superficie terrestre”. (p. 1) De esta forma se evidencia la necesidad de estas imágenes y su importancia como herramienta en los procesos de ordenamiento territorial y ambiental tanto para la identificación de áreas deforestadas como la de examinar la formación de islas de calor en las diferentes ciudades.

Otro estudio que aporta información importante al desarrollo del proyecto, es el elaborado por Aguilar-Amuchastegui, et al (2014) cuyo objetivo principal fue el de identificar áreas de mayor riesgo de deforestación en el futuro, de acuerdo con los patrones observados en los últimos años y señalar los impulsores de la deforestación a través del uso de herramientas tecnológicas para definir y desarrollar acciones de mitigación, y cuantificar y valorar el carbono con el fin de implementar el mecanismo REDD+ (Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal).

Los autores emplearon una herramienta y un enfoque históricamente reconocido para llevar a cabo la modelación del hábitat de especies, el modelo de máxima entropía disponible en Maxent, que sirve para “Evaluar la relación entre la deforestación y sus variables explicativas asumidas y generar un mapa de la probabilidad del hábitat de deforestación como una aproximación al riesgo por deforestación bajo un escenario de negocios como siempre (BAU en inglés)” (Aguilar-Amuchastegui, et al. 2014. p.2)

Así mismo el rendimiento del modelo se evaluó mediante la puntuación de la Característica Operativa del Receptor (ROC en inglés) el área bajo la curva (AUC en inglés) generada por Maxent, para finalmente vincular el área de riesgo de deforestación con los valores de densidad de carbono y de esta forma estimar las emisiones de carbono futuras.

Los resultados señalaron que en el lugar objeto de estudio, Madre de Dios Perú, se perdió durante el periodo comprendido entre los años 2000-2009 más de 80.000 ha de cobertura forestal, es decir, 0,21% de pérdida anual, que representa más de 39 millones de Mg CO₂ y que si las condiciones se mantienen, para el año 2020 podrían desaparecer 132.865 ha de bosque, lo que representa más de 55 millones de Mg CO₂, valor que no ha sido constatado por la vigencia del estudio.

Así mismo el estudio reveló datos importantes como el hecho que los eventos de deforestación se presentaron principalmente por la mejora de la Carretera Interoceánica en el año 2005, es decir la accesibilidad y la distancia a la deforestación se convierten en fuertes predictores del riesgo a presentar eventos de deforestación.

En concordancia con el estudio anterior, González-González, et al. (2021) realizó un estudio en el cual utilizó una plataforma de modelación espacialmente explícita para identificar la influencia de

múltiples impulsores de la deforestación en diferentes regiones biogeográficas y de planificación de Colombia.

En el estudio mencionado se utilizaron modelos para generar diferentes escenarios de procesos de deforestación arrojando resultados importantes como el hecho que la expansión agropecuaria ha jugado un papel importante en la deforestación en Colombia, (aunque su influencia varía entre las regiones) y que el conflicto interno del país, produjo efectos contrastantes sobre la deforestación, de tal forma que en algunas áreas actuó como un propulsor y en otras como un detractor de la deforestación, de esta forma González-González, et al (2021), concluyeron:

Los escenarios para mediados del siglo 21 indican que las tendencias actuales en la deforestación y sus impulsores (excepto el interno conflicto debido a un reciente acuerdo de paz) pueden conducir potencialmente a importantes impactos ecológicos, como la fragmentación y la pérdida de conectividad entre los ecosistemas. En el escenario de la gobernanza, sin embargo, la aplicación de la conservación en las áreas protegidas garantiza la conservación parcial de los bosques, destacando la relevancia clave de estas áreas para la biodiversidad y la conservación en el país y para controlar la expansión de la deforestación. (p. 1)

Por otra parte, Wang y Myint (2016), realizaron un ejercicio interesante en el estado de Myanmar, estudio en el cual los autores examinaron los patrones espacio-temporales de deforestación y el flujo de carbono forestal, en el mentado estado, en el periodo comprendido entre los años 2001-2010 y los posibles impactos ambientales generados por estos eventos utilizando imágenes MODIS.

En este sentido los autores verificaron los datos del MODIS PTC utilizando tres imágenes Landsat libres de nubes con resoluciones de 30 m, la primera de Landsat 7 tomada sobre Naypyidaw del

año 2001, la segunda de Landsat 5 que cubre la región montañosa del norte en Kachin del año 2005 y la tercera de Landsat 5 que cubre la región del delta de Ayeyarwady del año 2010, las cuales fueron seleccionadas y clasificadas en árboles y no árboles utilizando un esquema binario que permite definir el porcentaje de cobertura arbórea y de esta forma utilizarse para examinar la deforestación en Myanmar.

Los resultados arrojaron datos importantes como que en el periodo comprendido entre los años 2001 -2010 el porcentaje total de pérdida de bosques fue de 7.27%, con una tasa media anual de deforestación de 0.81%, en donde la cobertura madera/matorral representó la mayor área neta de deforestación con 9.923,1 km², seguido del bosque caducifolio con 6.123,75 km². Sin embargo, la tasa más alta de la deforestación (4,68%) ocurrió en los bosques de manglares, con más del 42% del área total y la segunda tasa de deforestación más alta (2,26%) correspondió a la cobertura de bosque caducifolio.

Finalmente, Wang y Myint (2016) encontraron que “La liberación total de carbono forestal fue de aproximadamente 20,06 millones de toneladas entre 2001 y 2010, con un promedio de tasa anual de 0.37%. El bosque caducifolio liberó la mayor cantidad de carbono (alrededor de 9,77 millones de toneladas). Desde 2001, el bosque de manglares ha liberado más del 25% de su reserva total de carbono, con una tasa anual del 2,79%. No se encontró secuestro de carbono para ningún tipo de bosque durante el período de estudio”. (p. 7).

Por último, Gonzáles (2018) hace un ejercicio de identificación de áreas deforestadas, en el cual se analizó las zonas que se encuentran asociadas a los cauces de las quebradas: La Parroquia, Los Curos, Pekín y Coburgo, aplicando herramientas de geomática con cinco fotografías aéreas multitemporales de los años 1941, 1951, 1988, 1996 y 2010, e implementando la metodología “Corine Land Cover” hasta el nivel 3 de detalle para identificar la cobertura presente en el área objeto de estudio.

El autor planteó como objetivo principal el de identificar y cuantificar las áreas deforestadas del municipio de Fusagasugá que pudo desarrollar a través de un análisis multicriterio el cual (Gómez y Barredo, 2005) define como “un conjunto de operaciones espaciales que permiten lograr un objetivo propuesto teniendo en consideración todas las variables que pueden intervenir”. De esta forma la investigación define una serie de variables a incorporar, como es el caso de los fenómenos naturales, movimientos en masa y avenidas torrenciales, cambios en el uso del suelo, pendiente, el tipo, densidad y características específicas de vegetación y áreas expuestas o desprovistas de vegetación, que permiten dar alcance al objetivo planteado.

Los resultados señalados por González (2018) al aplicar el análisis multitemporal permitieron identificar que el municipio, para el periodo comprendido para los años 1941- 2010, ha presentado cambios como el reemplazo de la cobertura forestal para usos agrícolas, ganaderos o en su caso para uso residencial.

La cobertura boscosa para el año 1941 ocupaba el 41%, aproximadamente 89 ha de la zona de estudio, pero para el año 2010 el cambio fue significativo, ya que esta cobertura ocupaba solo el 18% un aproximado de 40 ha en la zona de estudio, la cual se encuentra asociada a las quebradas los Curos, La Parroquia, Pekín y Coburgo, esto quiere decir que el municipio en ese tiempo presentó el fenómeno de la deforestación, ya sea para darle otro tipo de uso a ese suelo. (p.77)

La cobertura de pastos limpios para el periodo de tiempo 1941- 1996 registró valores altos, los cuales estaban comprendidos entre 115 ha y 81 ha, pero para el año 2010 este registró un valor de 75 ha, 34% de la zona de estudio, con esto se puede concluir que a esos sectores de les dio otro uso. (p. 77)

De otro lado y como medidas para la restauración y/o recuperación de áreas deforestadas, tema de nuestra segunda línea de investigación, Crouzeilles et al. (2016) señalan la restauración forestal como estrategia para la recuperación de estas áreas, tomando como base los principales impulsores ecológicos para la recuperación de la biodiversidad (medida a partir de la abundancia, la riqueza y la diversidad) y las características estructurales de la vegetación (medida a partir de su estructura) y como área de estudio de su investigación realizan una comparación de la efectividad de esta medida en áreas pequeñas (1 a 160 ha) y en áreas de mayor tamaño (de 7.854 a 6.283.200 ha).

La metodología utilizada por los autores consistió en seleccionar los estudios que cumplieron con tres requisitos mínimos (i) estudios en ecosistemas forestales, (ii) estudios que contarán con múltiples sitios de muestreo para medir la biodiversidad y/o la estructura de la vegetación y (iii) estudios en bosques antiguos o menos perturbados como referencia (punto de referencia). Para cualquiera de los requisitos se hacía necesario tener en cuenta sistemas de referencia y restaurados y/o degradados que permitieran llevar a cabo la comparación y el éxito o fracaso de la implementación de la medida.

Así mismo se definió como impulsores ecológicos a escala local, (i) el tiempo transcurrido desde que comenzó la restauración (para plantas, cubierta y biomasa), (ii) tipo de perturbación (para invertebrados, plantas, densidad y biomasa) y a escala de paisaje, y (iii) el parche forestal de mayor tamaño.

Es importante mencionar que “La restauración no resulta en la recuperación total de la biodiversidad y estructura de vegetación, pero será más efectiva si (i) hay tiempo suficiente para la sucesión ecológica (ii) la perturbación local previa es de baja intensidad y (iii) el hábitat está menos fragmentado en el contexto del paisaje” (Crouzeilles et al., 2016, p.2). En este sentido el éxito de la aplicación de la estrategia dependerá principalmente de estos tres criterios.

Como resultados de su investigación los autores concluyeron “El tiempo transcurrido desde que comenzó la restauración impulsa fuertemente el éxito de la restauración en bosques secundarios, pero no de forma selectiva en bosques talados, que son ecológicamente más similares a los sistemas de referencia” (Crouzeilles et al., 2016, p.4). Lo anterior teniendo en cuenta el primer impulsor ecológico definido a escala local. Así mismo y para el impulsor a nivel de paisaje “La restauración del paisaje tendrá más éxito cuando la restauración previa la perturbación es menos intensiva y el hábitat está menos fragmentado en el contexto paisajístico” (Crouzeilles et al., 2016, p.4).

De otro lado el estudio desarrollado por Rodríguez, et al. (2021) sirve de referencia para definir un tipo de estrategia que permita detener o frenar, de alguna medida, la deforestación en el territorio colombiano específicamente en la Amazonía.

En este sentido los autores señalan primero los conductores principales de la deforestación tanto en la Orinoquia como la Amazonia y son principalmente el acaparamiento de tierras para la especulación y la ganadería, asimetrías de poder y élites regionales corruptas.

A pesar de que estas dos regiones han sido las más afectadas en el territorio colombiano, el estudio se centra en un área específica como es el caso del municipio de San José de Guaviare el cual cuenta con una superficie de 16.500 km² y una población de 48.877 habitantes, y 12 núcleos rurales escasamente poblados, con 20.000 habitantes en total. Hasta el año 2017, muchas partes del municipio, principalmente las que se encuentran más alejadas del perímetro urbano, eran baluartes de la Farc.

Rodríguez, et al (2021) definieron como metodología a aplicar, la investigación cualitativa que incluye:

Observaciones, semiestructuradas entrevistas, entrevistas abiertas, grupos focales y bibliográficos e investigación documental. Inicialmente, se realizaron cinco entrevistas abiertas con donantes, diseñadores de políticas y ejecutores en Alemania (es decir, BMZ, KfW, y GIZ). Posteriormente, se realizó trabajo de campo en dos fases en Colombia. La primera fase de trabajo de campo consistió en entrevistas con 13 partes interesadas involucradas en el diseño e implementación de REM en Bogotá (...). La segunda fase de trabajo de campo se llevó a cabo en San José del Guaviare, con 35 partes interesadas de las autoridades regionales”

Con base en la información compilada y el trabajo de campo, los autores concluyeron que el impacto de los incentivos económicos que incorpora REDD + para detener la deforestación, no es tan sustancial si no se tiene en cuenta o se abordan pagos condicionales para mejorar las condiciones básicas institucionales (por ejemplo, reglamentos y voluntad política para apoyar a las AICC o similares, reglamentos para obstaculizar la corrupción relacionada con la concentración y el acaparamiento de tierras).

Finalmente, un estudio que puede ser interesante de analizar es el realizado por Pérez y Rodríguez el cual tiene como uno de sus objetivos, el de formular estrategias que mitiguen las causas directas que inciden sobre la pérdida de cobertura vegetal que se ha visto disminuida en la última década.

Los autores utilizaron una metodología que permitiera cumplir con los objetivos propuestos y señalados en la investigación así:

Metodología conformada por dos componentes, siendo el primero la identificación de las causas y agentes de deforestación, mediante el uso de herramientas oficiales a nivel nacional para la identificación de núcleos de deforestación como lo es el Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono del IDEAM, por

medio del cual, en donde son identificadas las alertas tempranas (ATD), se aplicará una encuesta a diferentes habitantes con el propósito de conocer sus actividades económicas como posibles causas de la pérdida del bosque y su percepción del mismo. Posteriormente, a partir de este diagnóstico inicial, se formulan programas que contienen actividades encaminadas a brindar alternativas económicas a los tradicionales sistemas productivos que han degradado el bosque en la región, y a la educación ambiental enfocada en la importancia del ecosistema boscoso y los bienes y servicios prestados para el ser humano. (p. 1).

Una vez identificadas las áreas y elaborado el diagnóstico, los autores determinaron las alternativas posibles para prevenir y/o mitigar la deforestación en el territorio a través de la aplicación de una matriz DOFA y las cuales fueron llevadas a nivel de programa, como el de Recuperemos el bosque natural y sus servicios ecosistémicos en el municipio de Puerto Boyacá que incluye los proyectos de aprovechamiento forestal sostenible, pago por servicios ambientales de regulación hídrica y educación y concientización ambiental.

Para concluir y como se puede observar cada uno de los estudios, análisis e investigación consultadas en la literatura existente, permiten dar una aproximación detallada de los ejercicios realizados por otros autores y que aportan información importante al momento de desarrollar la investigación propuesta, ajustados principalmente a las dos líneas que se definieron 1) Identificación de áreas deforestadas y 2) Definición de medidas de intervención, todo lo anterior con el fin principal de incorporarla como determinantes ambientales en los diferentes procesos de ordenamiento territorial.

1.1 Contexto geográfico

El departamento del Meta se localiza en la parte central de Colombia, aproximadamente a 80 km hacia al sur de la capital del país, limita por el norte con Cundinamarca, Casanare y Bogotá D.C., por el este con Vichada, por el sur con Caquetá y Guaviare, y por el oeste con los departamentos de Huila y Cundinamarca, se encuentra enmarcado dentro de las coordenadas Latitud 3.439 Grados Norte y Longitud 72.932 oeste (cartografía base del IGAC), cubriendo una superficie de 85.86 km², con un gradiente altitudinal entre 200 msnm a 4000 msnm, y se caracteriza por ser una región llana, donde prevalece un clima cálido húmedo, y cuyas condiciones favorecen la presencia de diversas comunidades tropicales.

El departamento del Meta presenta un área aproximada de 85.6 km², considerándose uno de los departamentos más extensos del país. Políticamente se encuentra dividido en 29 municipios, ubicados en tres regiones fisiográficas; la primera comprende la parte de la cordillera oriental, piedemonte o serranía de la Macarena, la segunda es la planicie con alturas que no sobrepasan los 200 metros sobre el nivel del mar, y la tercera, la zona sur, cubre cerca del 60% de su territorio.

El territorio presenta una gran riqueza hídrica, debido a la presencia de la cordillera y la serranía de la Macarena, que a su vez se destaca como uno de los parques naturales más célebres del país (Banco de la República, 2011).

2. Objetivos

Objetivo general

Definir las determinantes ambientales del medio natural para las posibles áreas deforestadas en el departamento del Meta.

Objetivos específicos

- Realizar diagnóstico de usos y clases de suelos contenidos en los instrumentos de ordenamiento territorial en el departamento del Meta
- Identificar las áreas deforestadas en el departamento del Meta.
- Actualizar y generar los reportes estadísticos sobre la extensión y distribución de la deforestación en el departamento del Meta a una escala 1:100.000
- Elaborar las fichas temáticas por municipio que definan los lineamientos técnicos de áreas deforestadas para ser incorporados como determinante ambiental en los procesos de planificación territorial.

3. Marco Teórico

Actualmente las áreas boscosas ocupan más de la mitad del territorio nacional, siendo reconocidas por la importancia de biodiversidad que allí se localiza, así como el soporte y mantenimiento de los procesos ecosistémicos y de los servicios ambientales de aprovisionamiento, de regulación hídrica, climática y los servicios culturales asociados a las comunidades (MADS, 2014; MADS, 2017).

Los bosques cumplen una función importante en la regulación del clima global gracias a que almacenan una gran cantidad de carbono, más que cualquier otro bioma terrestre (Houghton, 2005) acumulando aproximadamente 650 billones de toneladas (FAO, 2010).

Los datos del monitoreo de los bosques naturales son requeridos como soporte para la formulación, ejecución y evaluación de políticas, para la incorporación de criterios ambientales en los procesos de planificación sectoriales y territoriales, y como herramienta de gestión para las autoridades ambientales regionales, entes territoriales y las comunidades en Colombia (IDEAM, 2019 p15).

En las últimas décadas la deforestación del bosque ha contribuido significativamente al aumento de emisiones de carbono y otros gases de efecto invernadero - GEI (IPCC, 2007). Particularmente en Colombia el 27% (69MTon de CO2 equivalente) de las emisiones del país ocurridas en 2012 fueron causadas por la deforestación (IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA, 2017).

A nivel mundial se reconoce la importancia de tomar acciones para reducir la deforestación de los bosques, compromiso que ha asumido el país frente a los acuerdos internacionales de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC); y en donde el monitoreo forestal se ha consolidado como una de las estrategias para implementar las acciones tendientes a disminuir este fenómeno (IDEAM, 2019 p14), por eso es necesario que el país cuente con información oportuna,

transparente, comparable, consistente y precisa que permita conocer dónde, cuándo y por qué están sucediendo los cambios en la superficie de los bosques y en sus contenidos de carbono.

En los últimos años, el uso de imágenes de satélite se ha convertido en una herramienta eficaz para el monitoreo de las áreas de bosque y la deforestación, lo anterior debido a que ofrece información cartográfica de la superficie terrestre en el ámbito espacial y temporal.

En este sentido, se puede realizar la comparación entre imágenes de satélite de diferentes fechas con el fin de detectar cambios en la respuesta espectral; para la particularidad de las áreas de bosques, estos pueden ser originados por diferentes factores:

- I. Cambios abruptos naturales o de origen antrópico que se pueden asociar a eventos de deforestación o regeneración
- II. Variaciones estacionales o cíclicas (e.g. época de lluvias y épocas secas) que afectan la fenología de las plantas y por ende la respuesta espectral en las imágenes.
- III. Falsas detecciones de cambio debidas a errores geométricos, condiciones atmosféricas y efectos de nubes (Verbesselt, et al., 2010).

Para realizar el ejercicio estadístico del cambio de la superficie de bosque natural, en este ejercicio solo se identifican los cambios que corresponden a deforestación eliminando otros tipos de variaciones. Respecto a las variaciones estacionales, la construcción de series de tiempo con imágenes tomadas a lo largo de todos los años permite diferenciar los cambios fenológicos estacionales de los eventos de deforestación o regeneración.

3.1 Determinantes ambientales

Las determinantes ambientales son definidas como los elementos que por sus valores naturales, ambientales o paisajísticos deban ser conservados y las medidas específicas de protección para evitar su alteración o destrucción. En este sentido las Determinantes Ambientales se constituyen en normas de superior jerarquía y se encuentran consagradas en el numeral 1 artículo 10 de la Ley 388 de 1997.

En el departamento del Meta las Determinantes Ambientales para instrumentos de planificación territorial (POT, PBOT, EOT), se encuentran contenidas en la Resolución PS-GJ.1.2.6.18.1821 del 24 de agosto de 2018 modificada por la Resolución PS-GJ.1.2.6.19.0373 del 25 de julio de 2019 y la Resolución PS-GJ.1.2.6.19.3134 del 24 de diciembre de 2019; y la Resolución PS-GJ.1.2.6.18.2053 del 06 de septiembre de 2018 modificada por la Resolución PS-GJ.1.2.6.19.0373 del 25 de julio de 2019 y corregida por la Resolución PS-GJ.1.2.6.21.2381 del 29 de diciembre de 2021, expedidas por la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena.

Las determinantes ambientales expedidas por la Corporación Autónoma en el marco de la revisión y/o formulación de los instrumentos de planificación territorial contempla, entre otras, las relacionadas con las Áreas Protegidas, las Áreas de Especial Importancia Ecológica y Ecosistemas Estratégicos, las Áreas de las estrategias complementarias de conservación, y las áreas de los instrumentos de planificación ambiental, entre otras, además de las relacionadas con los objetivos de calidad, la calidad del aire, los planes de saneamiento y manejo de vertimientos, los planes de gestión integral de residuos sólidos y las asociadas al cambio climático y la variabilidad climática.

En este sentido las áreas que han surtido algún proceso de deforestación o pérdida de cobertura vegetal se convierten en elementos que por sus valores naturales, ambientales o paisajísticos deben ser

conservados y a las cuales se les debe diseñar e implementar las medidas específicas de protección que permita su recuperación.

3.2 Sistemas de Información Geográfica

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) podrían definirse como sistema informático o no, el cual se creó para dar respuesta a consultas no predefinidas de antemano (Bosque-Sendra, 1997). El S.I. comprende base de datos, procedimientos de análisis y operaciones con los datos los cuales interactuaran con los usuarios.

Dentro de las operaciones comunes de bases de datos, se encuentran las consultas y análisis estadístico, las cuales son beneficiadas con la visualización y análisis geográfico para producir mapas. La creación de cartografía y el análisis de datos geográfico no es nuevo, pero los SIG logran realizar estas tareas de una forma más eficiente y más rápida que los realizados de manera manual, los SIG ayudan a los usuarios en la toma de decisiones y solucionan problemas para mejor el manejo de su vida cotidiana.

ArcGIS

Para ESRI (Environmental Systems Research Institute) en su página Resource Center, el software Arcgis es un producto que comparte componentes y sirve de plataforma para crear, manipular, distribuir y analizar la información geográfica (2022), entre algunas de sus funciones se tiene:

- Administrar la información geográfica de una base de datos
- Analizar la información de los mapas
- Utilizar mapas e información geográfica para diversas aplicaciones
- Compartir y detectar información geográfica

- Crear y utilizar mapas
- Compilar datos geográficos

Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMBYC)

El IDEAM (2022) menciona que el Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMBYC) es una herramienta con la cual se le hace monitoreo a la superficie de bosque y a la deforestación en Colombia, su principal objetivo es generar los reportes de alertas tempranas por deforestación y realizar los reportes técnicos en el Sistema de Contabilidad Nacional de Emisiones GEI, la herramienta se basa en el procesamiento de imágenes de satélite lo cual permite cuantificar la deforestación en Colombia y entender los cambios de coberturas.

El programa LANDSAT

Ariza et al. (2013, p.7), mencionan que el Programa Landsat, es una serie de misiones con satélite gestionadas por la NASA y el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) para la observación de la tierra, sus inicios datan del año 1972, es la misión más antigua de la historia y continúa registrando los cambios en la superficie terrestre desde el espacio. La versión más actualizada es la número 8

Después de su lanzamiento, el satélite LDCM será redenominado como Landsat 8, el cual contará con dos grandes segmentos como se muestra en la Tabla 1. Segmentos de Landsat 8.

Tabla 1 Segmentos de Landsat 8

No. de Segmento	Nombre	Descripción
1	El Observatorio	<p>El observatorio; el cual consta de una plataforma con capacidad de carga de dos de sensores de observación terrestre, el primero de ellos denominado Operational Land Imager (OLI) y el sensor térmico infrarrojo Thermal Infrared Sensor (TIRS). OLI y TIRS recogerán los datos de forma conjunta para proporcionar imágenes coincidentes de la superficie terrestre, incluyendo las regiones costeras, hielo polar, las islas y las zonas continentales.</p> <p>El OLI es un instrumento construido por la empresa Ball Aerospace & Technologies Corporation en Boulder, Colorado y el TIRS es un instrumento que fue construido por la NASA en el centro de vuelo espacial Goddard en Greenbelt, Md. Además, el LDCM seguirá la misma secuencia de trayectoria (también conocida como "paths" o rutas de acceso) como sus antecesores Landsat 4, Landsat 5 y Landsat 7. Esto permitirá que todos los datos del LDCM son referenciados al mismo sistema de coordenadas, continuando con el registro de datos desde hace décadas.</p> <p>El satélite almacena los datos del sensor OLI y TIRS en una grabadora de estado sólido incluida a bordo y transmite los datos a estaciones receptoras terrestres.</p>
2	Sistema terrestre	<p>Proporciona la capacidad necesaria para la planificación y programación de las operaciones del LDCM y todas aquellas necesarias para administrar y distribuir los datos.</p> <p>La plataforma LDCM, fue construida por la empresa Orbital Sciences Corporation en Gilbert, Arizona, tiene una vida útil de 5 años, pero lleva suficiente combustible para 10 años de operaciones. La nave orbitará de norte a al sur durante el día, cruzando el ecuador a las 10 a.m., hora local, con una órbita aproximada de unas 438 millas (705 kilómetros) por encima de la Tierra</p>

Nota: Adaptada de Descripción y corrección de productos landsat 8 LDCM. Por Ariza, Alexander & IGAC, & UNSPIDER, (2013), p7 y 8. 10.13140/RG.2.2.21308.44167.

Análisis espacial

Los análisis espaciales son conjuntos de procedimientos que se ejecutan para el estudio de la estructura y las relaciones territoriales, basado en las características y posiciones de las entidades geográficas de las variables involucradas, ESRI menciona que la extensión Spatial Analyst de ArcGIS, presenta una amplia variedad de procesos espaciales con gran alcance para el modelamiento y el análisis. Entre las opciones se puede ejecutar:

- ✓ Crear, preguntar, mapear y analizar píxeles basados en datos del tipo Ráster.
- ✓ Realizar análisis integrado de ráster/vector.
- ✓ Álgebra de mapas.
- ✓ Consultar información a través de capas de datos múltiples.
- ✓ Integrar completamente datos ráster con fuentes de datos tradicionales del tipo vector.

Herramientas análisis espacial

Las herramientas de Spatial Analyst contiene aproximadamente 170 herramientas para geoprocésamiento con los cuales se puede realizar operaciones de análisis espacial, estas herramientas se encuentran organizadas según su funcionalidad en 19 grupos, entre las herramientas más utilizadas para el presente ejercicio se indican en la Tabla 2 Herramientas usadas en la elaboración de la cartografía temática.

Tabla 2 Herramientas usadas en la elaboración de la cartografía temática

Herramienta	Resumen	Uso
Extraer por máscara (Spatial Analyst)	Extrae las celdas de un ráster que corresponden a las áreas definidas por una máscara.	<p>La herramienta Extraer por máscara es similar a establecer el entorno de Máscara, excepto que la máscara de entrada sólo se utiliza en la instancia inmediata, mientras que una máscara que se establece en el entorno se aplica a todas las herramientas hasta que se cambia o se deshabilita.</p> <p>Cuando un ráster multibanda se especifica como entrada, se creará un ráster multibanda nuevo como salida. Cada banda individual del ráster multibanda de entrada se analizará como corresponda.</p> <p>El formato de salida predeterminado es una Pila de Esri Grid. Note que el nombre de una pila de Esri Grid no puede comenzar con un número, utilizar espacios o tener más de 9 caracteres de largo.</p> <p>Si la entrada es una capa creada desde un ráster multibanda con más de tres bandas, la operación de extracción considerará únicamente las bandas que fueron cargadas (simbolizadas) por la capa. Como resultado, el ráster multibanda de salida solo puede tener tres bandas, que corresponden a las utilizadas en la visualización de la capa de entrada.</p> <p>Si la máscara de entrada es un ráster, los valores de las ubicaciones de celda de entrada que no son NoData se copian en el ráster de salida. Algunas herramientas que pueden crear el ráster de máscara incluyen Evaluación condicional, Prueba, y otras herramientas del conjunto de herramientas de extracción.</p> <p>Cuando especifica un ráster multibanda para la máscara de ráster de entrada, sólo la primera banda se utilizará en la operación.</p> <p>Si el ráster de entrada es un entero, el ráster de salida será un entero. Si la entrada es de punto flotante, la salida será de punto flotante.</p>
De ráster a polígono (Conversión)	Convierte un dataset ráster en entidades de polígono.	<p>El ráster de entrada puede tener cualquier tamaño de celda y debe ser un dataset ráster entero válido.</p> <p>El parámetro Campo le permite elegir qué campo de atributo del dataset ráster de entrada se convertirá en un atributo en la clase de entidad de salida. Si no se especifica un campo, los valores de la celda del ráster de entrada (el campo VALOR) se convertirá en una columna con el encabezado Grid_code en la tabla de atributos de la clase de entidad de salida.</p> <p>CLIP no acepta valores de tolerancia difusa iguales a cero.</p>
Recortar (Cobertura)	Utiliza el límite del polígono externo de la cobertura de recorte para cortar con forma las entidades y atributos de la cobertura de entrada.	<p>La cobertura de recorte debe tener topología de polígono.</p> <p>Cuando la cobertura de entrada contiene datos lineales que pertenecen a gráficos planares diferentes, los datos se mantendrán en la cobertura de salida. Por ejemplo, con los arcos coincidentes o colineales, como los arcos que representan cables de servicios a diferentes niveles o una carretera que sigue un río, se conservarán los segmentos de línea coincidentes o colineales. Sin embargo, se pueden insertar vértices adicionales. En el caso de los arcos de intersección, como una carretera que pasa sobre un río, no se insertarán nodos en la intersección aparente.</p> <p>Los límites de los polígonos interiores en la cobertura de recorte no se utilizan en CLIP. Cualquier polígono de cobertura de recorte cuyo número interno sea superior a uno se considera que está dentro de la ventana de recorte.</p> <p>El ID de usuario para cada entidad será el mismo en la cobertura de salida que en la cobertura de entrada.</p> <p>Al recortar los polígonos, los puntos de etiqueta nuevos para polígonos se generarán únicamente cuando sea necesario. Los polígonos anteriores mantienen su posición del punto de etiqueta inicial si la etiqueta se encuentra dentro de los límites del recorte.</p> <p>La anotación se guarda si el punto de inicio inferior izquierdo queda comprendido en el polígono de recorte.</p> <p>Los nodos nuevos que se creen dentro de los límites del recorte tendrán sus atributos establecidos en cero.</p> <p>Los sistemas de rutas se mantienen para las opciones LINE, NET, LINK y RAW, pero se ignoran en la opción POLY. Los sistemas de rutas se duplican para los arcos divididos en diversas porciones y se eliminan para los arcos que se hayan eliminado. CLIP mantiene todas las subclases de sistema de rutas.</p> <p>Los sistemas de rutas se duplican para los arcos divididos en diversas porciones y se eliminan para los arcos que se hayan quitado. El elemento del ID de <subclase> de RAT es el único identificador de</p>

		<p>rutas y se utiliza para quitar duplicados. Si necesita mantener todos los atributos definidos por el usuario, asegúrese de que todos los ID de ruta son únicos antes de ejecutar CLIP; de lo contrario, es posible que se pierdan algunos atributos definidos por el usuario.</p> <p>Cuando se quitan todas las áreas, las subclases de región se conservan como subclases vacías.</p> <p>Las subclases de región de la cobertura de entrada se conservan con las opciones POLY y NET. Las regiones en la cobertura de entrada se recortan en la cobertura de salida según la amplitud de la cobertura de recorte.</p> <p>Los puntos de relevancia de la cobertura de salida se copian desde la cobertura de entrada.</p> <p>Las entidades de anotación se recortan desde la cobertura de entrada y se guardan en la cobertura de salida.</p> <p>Si existe una NAT en la cobertura de entrada, se actualizará en la cobertura de salida. Los nodos nuevos tendrán sus atributos establecidos en cero.</p> <p>La cobertura de salida hereda de la cobertura de entrada estos contenidos del modelo de datos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Clases de entidad Elementos de tabla de atributos de entidades ID de usuario Puntos de relevancia Anotación Tabla de atributos de nodo Archivo de proyección <p>La precisión de las coordenadas de cada cobertura de salida determina la regla de procesamiento actual según se establezca a través de la configuración de entorno Precisión derivada. Si la regla de procesamiento no se ha establecido durante la sesión en curso, las coberturas de salida tendrán la misma precisión que la cobertura de entrada.</p> <p>Los archivos de proyección se contrastarán para buscar similitudes con el nivel de comparación que se especificó con la configuración de entorno Comparar proyecciones.</p>
<p>Combinación (Cobertura)</p>	<p>Calcula la intersección geométrica de dos coberturas de polígonos. Todos los polígonos de las dos coberturas se dividirán en sus intersecciones y se preservarán en la cobertura de salida.</p>	<p>a cobertura de entrada y la cobertura de combinación deben tener topología de polígono.</p> <p>Las subclases de región de las coberturas de entrada o de combinación se mantienen en la cobertura de salida. Las subclases con nombres y esquemas de atributos idénticos se incorporan.</p> <p>Se generan puntos de etiquetas en cada polígono de cobertura de salida. Los nuevos Id. de usuario de polígono se configuran con el valor interno del polígono menos uno.</p> <p>La cobertura de entrada, cobertura de combinación y la cobertura de salida deben tener nombres distintos, incluso en espacios de trabajo distintos.</p> <p>La anotación de cobertura de entrada existente se copia a la cobertura de salida mediante COMBINACIÓN.</p> <p>Los sistemas de rutas en la cobertura de entrada se mantendrán en la cobertura de salida. Sin embargo, no se permite UNION en las rutas y secciones.</p> <p>Se mantienen las subclases de región de la cobertura de entrada y la cobertura de combinación. Si existe la misma subclase en las dos coberturas, se incorpora el contenido de la subclase. Si existe la misma subclase en las dos coberturas, pero las definiciones del elemento son distintas, se proporciona un mensaje, y la subclase no se propaga.</p> <p>La precisión de las coordenadas de la cobertura de salida se determina mediante el entorno Precisión de coberturas derivadas.</p> <p>Los archivos de proyección se compararán para detectar similitudes con el nivel de comparación especificado en el entorno Comparar proyecciones.</p> <p>En las coberturas de precisión simple, UNION calcula una tolerancia mínima basada en la precisión matemática de la cobertura (según el ancho del BDN y la cantidad de lugares decimales). Si la tolerancia mínima calculada es mayor que la tolerancia difusa introducida, se utiliza la tolerancia mínima calculada.</p> <p>La cobertura de salida hereda los elementos de la tabla de atributos de punto, los puntos de relevancia y el contenido del modelo de datos de archivo de proyección de la cobertura de entrada.</p>

		<p>Cuando la cobertura de entrada contiene datos lineales que pertenecen a gráficos planos diferentes, los datos se mantendrán en la cobertura de salida. Por ejemplo, con los arcos coincidentes o colineales, como los arcos que representan cables de servicios a diferentes niveles o una carretera que sigue un río, se conservarán los segmentos de línea coincidentes o colineales. Sin embargo, se pueden insertar vértices adicionales. En el caso de los arcos de intersección, como una carretera que pasa sobre un río, no se insertarán nodos en la intersección aparente.</p>
<p>Crear topología (Administración de datos)</p>	<p>Crea una topología. La topología no contendrá clases de entidad ni reglas.</p> <p>Utilice las herramientas Agrega clase de entidad a la topología y Agrega regla a topología para agregar clases de entidad y reglas a la topología.</p>	<p>Si el parámetro Tolerancia cluster está en blanco o establecido en 0, se utilizará la tolerancia xy del dataset de entidades que contiene la topología.</p> <p>Hay un rango permitido para el valor de tolerancia de cluster; este rango se deriva de la precisión de la referencia espacial del dataset de entidades en el que se encuentra la topología. Si el valor introducido es mayor que la tolerancia cluster máxima, se utilizará, en cambio, el valor máximo. Si el valor introducido es menor que la mínima, se utilizará el valor mínimo.</p>
<p>Validar topología (Administración de datos)</p>	<p>Resumen Valida una topología de geodatabase.</p> <p>La herramienta Validar topología realiza las siguientes operaciones:</p> <p>Generación y clustering de vértices de entidad para buscar las entidades que comparten geometría (tienen coordenadas en común) Inserción de vértices de coordenada comunes en las entidades que comparten geometría Ejecución de un conjunto de comprobaciones de integridad para identificar cualquier infracción de las reglas definidas para la topología Creación de un registro de los posibles errores topológicos en el dataset de entidades</p>	<p>Si valida la topología de una geodatabase de ArcSDE en ArcCatalog, el dataset de entidades en el que se encuentra la topología no debe estar registrado como versionado.</p> <p>Esta herramienta sólo procesará las áreas sin validar. Para obtener más detalles sobre áreas sin validar, consulte Topología_en_ArcGIS</p> <p>Si se utiliza la herramienta en ArcMap, se puede utilizar el parámetro Extensión visible para limitar la validación a la extensión visible en la visualización del mapa.</p>
<p>Vista general del conjunto de</p>	<p>El conjunto de herramientas</p>	<p>Entre las herramientas más usadas se tiene:</p>

herramientas Vistas de capas y tabla	<p>Vistas de capas y tabla crea y manipula capas, archivos de capa y vistas de tabla.</p> <p>Las capas pueden hacer referencia a muchos tipos de datos, como clases de entidad; CAD, dibujo CAD, cobertura, shapefile, TIN y datasets ráster; y bandas de ráster. Las capas se utilizan para agregar compatibilidad con simbología y selecciones a los datos en el disco.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Aplicar simbología de capa Crear capa de entidades Crear capa de servidor de imágenes Crear capa de mosaico Realizar tabla de consultas Crear capa ráster Crear capa del catálogo de ráster Crear vista de tabla Crear capa WCS Crear capa de eventos XY Guardar en archivo de capa Seleccionar capa por atributo Seleccionar capa por ubicación
---	---	--

Nota: herramientas de geo-proceso utilizadas en el ejercicio de elaboración de capas geográficas, información adaptada de ArcGIS Resource Center, <https://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#na/001300000004000000/>

3.3 Instrumentos de Planificación

Los instrumentos de planificación son herramientas que permiten, desde diversas perspectivas, mediar y establecer pautas para el manejo de los conflictos tanto ambientales como del uso del suelo, pues éstos permiten orientar el crecimiento resiliente a los efectos adversos de los conflictos de usos del suelo, de la degradación ambiental, y del clima y los eventos extremos de la variabilidad climática, entre otros aspectos, de tal forma que en éstos se proyectan modelos de desarrollo en línea con las directrices enmarcadas en la normativa vigente.

Plan de Ordenamiento Territorial

La ley 388 de 1997 define el Plan de Ordenamiento Territorial como el instrumento básico para desarrollar el proceso de ordenamiento del territorio municipal. Se define como el conjunto de objetivos, directrices, políticas, estrategias, metas, programas, actuaciones y normas adoptadas para orientar y administrar el desarrollo físico del territorio y la utilización del suelo. En otras palabras, es el instrumento por medio del cual se organiza el territorio.

Estos instrumentos presentan tres categorías o modalidades que se diferencian principalmente por el número de habitantes así:

- ✓ Planes de Ordenamiento Territorial: elaborados y adoptados por las autoridades de los distritos y municipios con población superior a los 100.000 habitantes.
- ✓ Planes básicos de Ordenamiento Territorial: elaborados y adoptados por las autoridades de los municipios con población entre 30.000 y 100.000 habitantes.
- ✓ Esquemas de Ordenamiento Territorial: elaborados y adoptados por las autoridades de los municipios con población inferior a los 30.000 habitantes.

El principal objetivo de los POTs, en cualquiera de sus modalidades, es el de definir la clasificación y uso del suelo, de tal forma que se conserven y protejan los elementos de importancia ambiental y se aproveche sosteniblemente los recursos naturales, para el desarrollo social y económico del territorio.

De acuerdo con la norma en comento, el suelo en el territorio se clasifica en Urbano, de Expansión Urbana y Rural, dentro de estas categorías o clases, se pueden encontrar el suelo suburbano y de protección. El suelo urbano se define como las áreas destinadas a usos urbanos que cuenten con infraestructura vial y redes primarias de energía, acueducto y alcantarillado, posibilitándose su urbanización y edificación, según sea el caso; el suelo de expansión urbana se define como la porción del territorio que se habilitará para el uso urbano durante la vigencia del plan de ordenamiento, según lo determinen los Programas de Ejecución; y el suelo rural se define como los terrenos no aptos para el uso urbano, por razones de oportunidad, o por su destinación a usos agrícolas, ganaderos, forestales, de explotación de recursos naturales y actividades análogas.

Los Planes de Ordenamiento Territorial contemplan tres componentes los cuales deberán ser desarrollados en cualquier ejercicio de revisión y/o ajuste por parte de los entes territoriales, a saber:

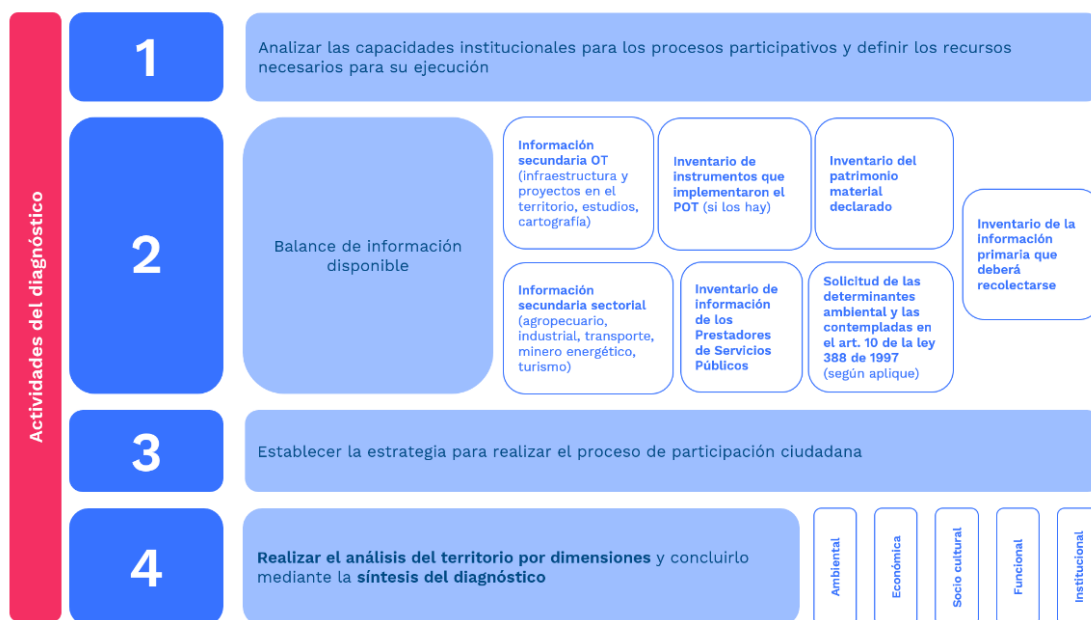
- ✓ El componente general: Está constituido por los objetivos, estrategias y contenidos estructurales de largo plazo.
- ✓ El componente urbano: Está constituido por las políticas, acciones, programas y normas para encauzar y administrar el desarrollo físico urbano.
- ✓ El componente rural: Está constituido por las políticas, acciones, programas y normas para orientar y garantizar la adecuada interacción entre los asentamientos rurales y la cabecera municipal, así como la conveniente utilización del suelo.

De otro lado los POTs contemplan tres etapas dentro del proceso de formulación, las cuales se describen a continuación.

- ✓ Seguimiento y evaluación: En estricto orden la etapa de seguimiento y evaluación debe desarrollarse paralelamente a la de implementación del POT, es decir en el corto, mediano y largo plazo. En ésta el municipio realiza, de manera sistemática y mínimo cada año, la recolección, análisis y reporte de información que permite determinar el cumplimiento de lo establecido en el instrumento de planificación, en términos de normas urbanísticas, modelo territorial y programas y proyectos. Lo anterior, con el fin de definir la relevancia, eficiencia y efectividad de la implementación del Plan, así como soportar los motivos para proceder con la revisión y ajuste.
- ✓ Diagnóstico: El diagnóstico es la etapa en la cual se analiza de forma integral las condiciones actuales del territorio. En ese sentido se adelantarán acciones para recopilar y analizar la

información disponible y relevante de cara al proceso de elaboración, revisión o modificación del POT a partir de las 5 dimensiones del territorio.

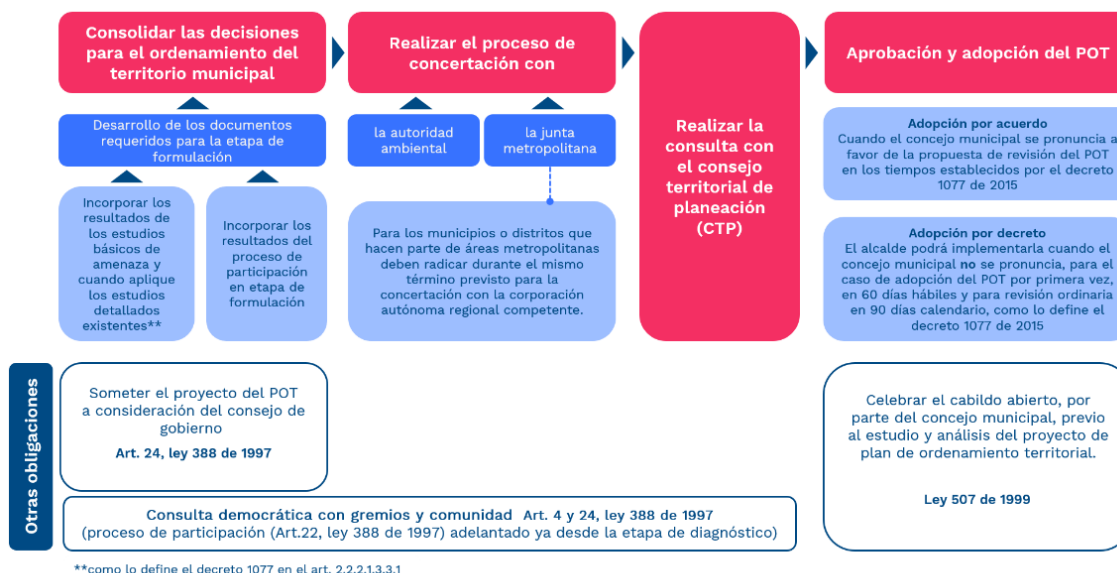
Figura 1 Actividades de la etapa de diagnóstico



Nota: Adaptada de <https://www.minvivienda.gov.co/viceministerio-de-vivienda/espacio-urbano-y-territorial/plan-ordenamiento-territorial/etapas-pot>, Minvivienda, 2022

- ✓ **Formulación:** En esta etapa se toman las decisiones de ordenamiento territorial para el municipio a partir de los resultados del diagnóstico territorial y del seguimiento y evaluación y de la normativa vigente.

Figura 2 Actividades de la etapa de formulación



Nota: Adaptada de <https://www.minvivienda.gov.co/viceministerio-de-vivienda/espacio-urbano-y-territorial/plan-ordenamiento-territorial/etapas-pot>, Minvivienda, 2022

Plan de Ordenación y Manejo de Cuencas-POMCAS

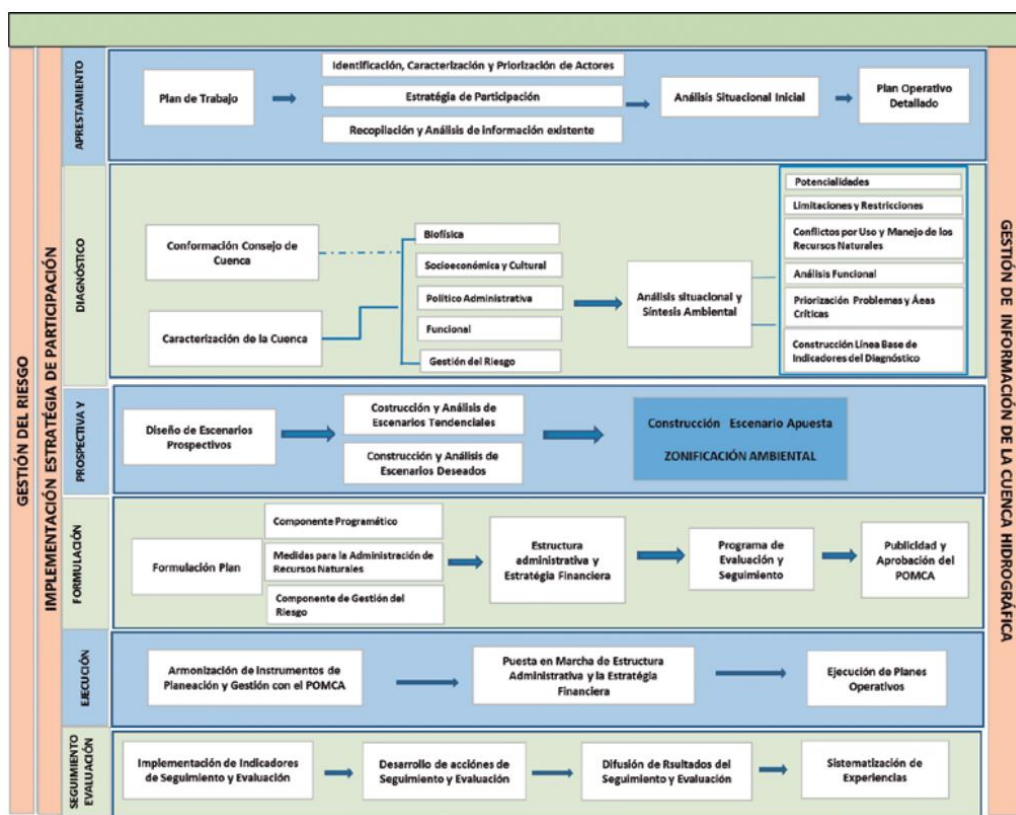
El Plan de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas POMCA es el instrumento de planificación, a través del cual se realiza la planeación del uso coordinado del suelo, de las aguas, de la flora y la fauna y el manejo de la cuenca, la formulación de este instrumento de planificación está reglamentada a través de la Decreto 1640 de 2012 y los lineamientos técnicos para la formulación de éste, están contenidos en la “Guía técnica para la formulación de los planes de ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas–POMCA” definida en la Resolución 1907 de 2013.

La formulación como tal de este instrumento contempla seis etapas, cada una de las cuales traen consigo una serie de actividades necesarias para alcanzarlas:

- ✓ Fase de Aprestamiento. En esta fase se define el plan de trabajo, la identificación, caracterización y priorización de actores, la estrategia de participación; se hace la revisión y consolidación de información existente, el análisis situacional inicial; y el plan operativo detallado para la formulación del plan.
- ✓ Fase de Diagnóstico: Establece el estado ambiental de la cuenca a escala 1:25.000 para su ordenamiento y que debe ser considerado para el ordenamiento del territorio.
- ✓ Fase de prospectiva y zonificación ambiental: Define áreas de manejo ambiental para los siguientes propósitos: i) la protección, conservación, uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables; ii) ocupación del territorio de forma segura; iii) evitar nuevas condiciones de riesgo en la cuenca.
- ✓ Fase de formulación. Determina actividades específicas para el manejo y administración de los recursos naturales renovables, así como para el conocimiento, reducción y manejo del riesgo en la cuenca.
- ✓ Aprobación del POMCA: Constituye el cierre de la fase de formulación y comprende adelantar las actividades de qué trata el artículo 27 del Decreto 1640 de 2012. Surtido lo anterior, el POMCA es aprobado por la Corporación o Comisión Conjunto según el caso, y publicado en el Diario Oficial,
- ✓ Fase de ejecución: Corresponde a las acciones de coordinación que deben adelantar las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible competentes para la ejecución del plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica, en el escenario temporal para el cual fue formulado, sin perjuicio de las competencias establecidas en el ordenamiento jurídico para la inversión y realización de las obras y acciones establecidas en la fase de formulación del plan.

No obstante, previo al inicio de la fase de aprestamiento se hace necesario conformar la comisión conjunta, cuando aplique, y se da la declaratoria en ordenación.

Figura 3 Fases y principales procesos del POMCA



Nota: La Figura 3 presenta el mapa de proceso de la elaboración y ejecución de un POMCA, donde se presenta resumen cada una de las fases, tomado de: https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/01/2.HOJA_DE_RUTA_POMCA_F.pdf, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2013

En este sentido los instrumentos mencionados gracias a los componentes que los conforman, se convierten, por un lado, en soporte necesario para la identificación de áreas y/o zonas con algún grado de susceptibilidad de presentar procesos de deforestación, y por el otro, en la herramienta para definir las estrategias y acciones que controle y/o mitiguen y/o contrarresten la continuidad de estos procesos y la

articulación con las normas de superior jerarquía tendientes a la conservación y protección de los recursos naturales.

4. Metodología

El método utilizado para el estudio es una investigación mixta, en la que se realiza un análisis cualitativo desde la interpretación de imágenes y algebra de mapas, en la cual se realiza un ejercicio de cruce de información y posterior cálculo de áreas y resultados, lo anterior basado principalmente en la recolección de datos cartográficos (geográficos) y revisión bibliográfica.

El análisis y cruces de datos geográficos se realiza mediante software GIS (siglas en inglés) o sistemas de información geográfica SIG, las cuales son herramientas que facilitan la sobreposición, cuantificación, visualización, y con las que podemos analizar el comportamiento de los diferentes elementos espaciales y síntesis de los datos, y así poder orientar las decisiones de una problemática en particular.

Para los antecedentes e información secundaria, la literatura existente permite determinar las actividades a desarrollar de acuerdo a los objetivos que se quieren alcanzar, y el cruce de diferentes variables cartográficas mediante software GIS para establecer en mayor o menor medida las áreas deforestadas, según el suelo que se presente.

Adicionalmente se tuvo en cuenta la información de los instrumentos de planificación ambiental y territorial disponibles en el territorio, lo que permitió lograr una mejor distribución homogénea de la información cartografía en el departamento del Meta, con las escalas adecuadas para los análisis respectivos.

Finalmente se generaron fichas ambientales con la caracterización por municipio en materia de deforestación (área y distribución principalmente) y la definición de lineamientos para tener en cuenta en cuenta durante los procesos de planificación territorial.

4.1 Determinación de línea base de bosque no bosque

Las tareas que normalmente se realizan en el marco del SMBYC se limitan a:

- I.** Cuantificación anual de la superficie de bosque natural
- II.** Cuantificación anual del cambio de la superficie de bosque (tanto las áreas deforestadas como las áreas en regeneración para cuantificar el cambio neto)
- III.** Cuantificación de la tasa oficial de deforestación.

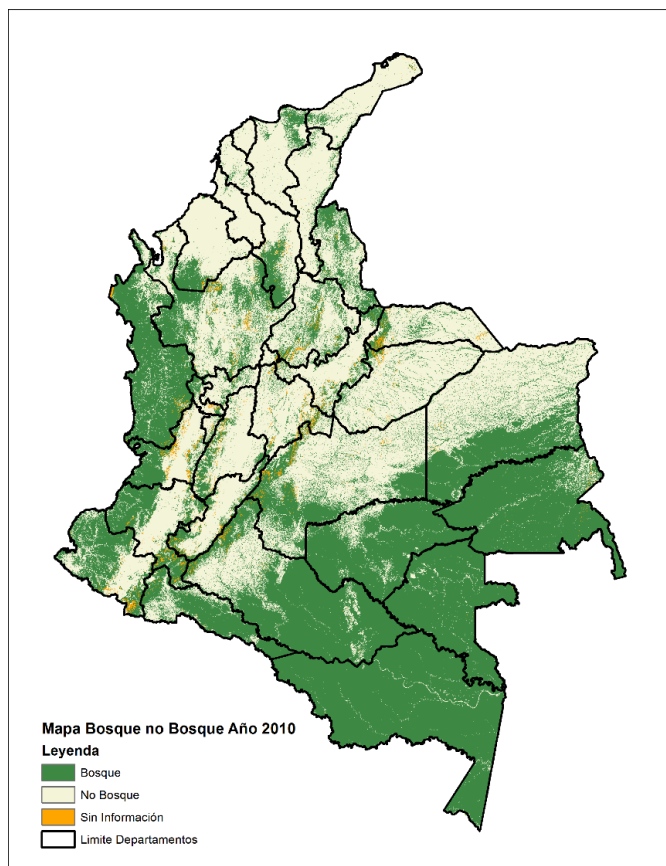
Dichas tareas en términos generales presentan algunas inconsistencias en el tema cartográfico, debido a la diferencia de límites departamentales con los cuales se generan las estadísticas, así mismo y debido a que el proceso se realiza para todo el país, existen vacíos de información.

Para la determinación de Línea Base Bosque 2010, se utiliza la información generada por el IDEAM, la cual puede ser consultada en el link: <http://www.ideam.gov.co/capas-geo> o http://www.ideam.gov.co/inicio?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_assetEntryId=91482640&_101_type=content&_101_urlTitle=capas-geo, para todo el país y la cual se encuentra a escala 1:100.000, como se muestra en la Ilustración 1. Mapa Bosque no Bosque Año 2010 para Colombia.

Los datos del cambio de superficie del bosque natural se generan a partir del procesamiento digital semi-automatizado de imágenes de sensores remotos de mediana resolución. Este seguimiento se

realiza anualmente a nivel nacional desde el año 2013 y adicionalmente, se cuenta con información histórica de los periodos 1990-2000, 2000-2005, 2005-2010 y 2010-2012. Los resultados obtenidos se presentan a nivel nacional, departamental y en la jurisdicción de las corporaciones autónomas regionales.

Ilustración 1. Mapa Bosque no Bosque Año 2010 para Colombia



Nota: adaptado del Mapa de Bosque No Bosque Colombia- Área Continental, de IDEAM, 2016. La figura representa las áreas boscosas, sin información y no boscosas de todo el territorio colombiano.

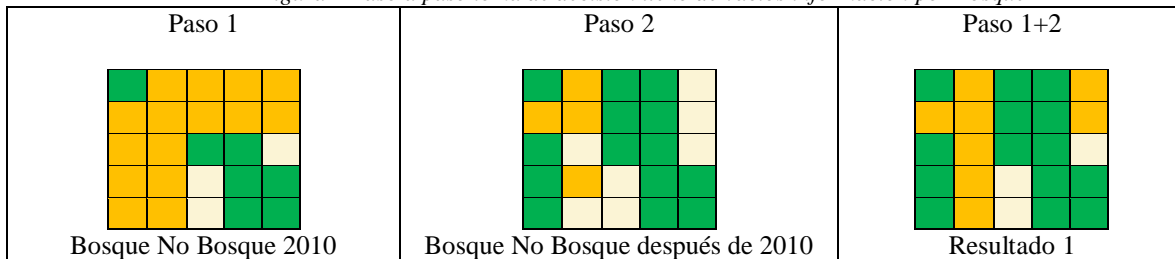
Para el procesamiento y reporte de los cambios en la cobertura del bosque, el IDEAM definió los lineamientos técnicos en el protocolo de procesamiento digital de imágenes, lo anterior para la cuantificación de la deforestación en Colombia Versión 2.0 (Galindo et al., IDEAM 2014)

Con la información del Mapa Bosque no Bosque Año 2010 para Colombia la cual se encuentra a escala 1:100.000, mediante software GIS se realiza un recorte basado en el límite del departamento del Meta generado por el IGAC; se tiene entonces que para el Meta existe una gran cantidad del territorio “sin información”, es decir, se desconoce si las áreas son bosques o no bosques, lo anterior puede ser por posibles zonas de nubes o sombras que se encuentran en el momento del procesamiento de las imágenes de satélite.

Dado que es necesario determinar la línea base de bosque no bosque para el departamento del Meta, para los pixeles que se encuentra clasificados como “sin información”, se utiliza la información de los mapas de bosque no bosque de diferentes años, para luego realizar el cruce cartográfico y poder completar dichos vacíos. En este sentido para complementar los datos, se definieron las siguientes reglas:

- ✓ Si el pixel en el año 2010 se encuentra “sin información”, pero en los planos de bosque no bosque de años posteriores, es decir, 2011, 2012...2022, existe bosque, el pixel es remplazado por bosque, la decisión anterior obedece a que, si después del año 2010 alguna zona del departamento tiene bosque, quiere decir que como mínimo en el año 2010 también presentaba esa condición:

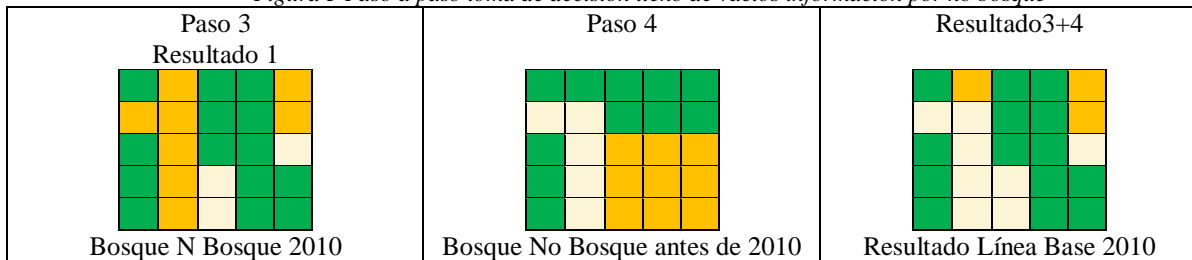
Figura 4 Paso a paso toma de decisión lleno de vacíos información por Bosque



Nota: el paso a paso está diseñado para los pixeles sin información y que en años posteriores al 2010 están catalogados como bosque.

- ✓ Si el pixel en el año 2010 se encuentra sin información, pero en los planos de bosque no bosque de años anteriores, es decir, 2005, 2000 y 1990, existe no bosque, el pixel es remplazado por no bosque, la decisión anterior obedece a que, si antes del año 2010 alguna zona del departamento no tenía bosque, para el año 2010 esa zona específica mantenía dicha condición.

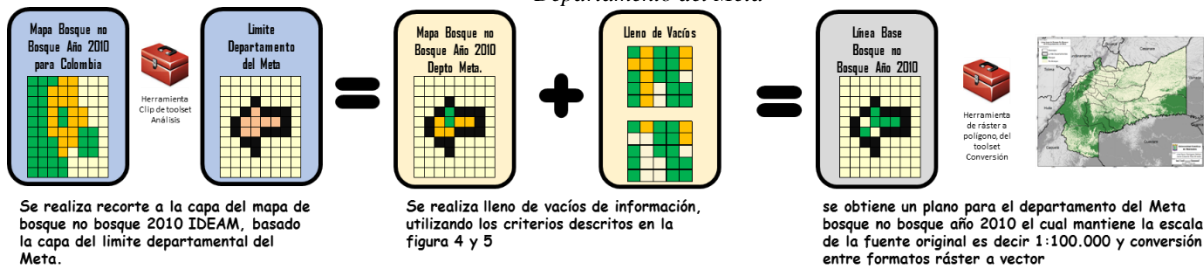
Figura 5 Paso a paso toma de decisión lleno de vacíos información por no bosque



Nota: el paso a paso está diseñado para los pixeles sin información y que en años anteriores al 2010 están catalogados como no bosque.

Una vez realizado uno a uno los análisis descritos anteriormente, y mediante el uso del software GIS, se obtiene un plano para el departamento del Meta *bosque no bosque año 2010* el cual mantiene la escala de la fuente original es decir 1:100.000, resultado que servirá de línea base para realizar los análisis de deforestación en el departamento.

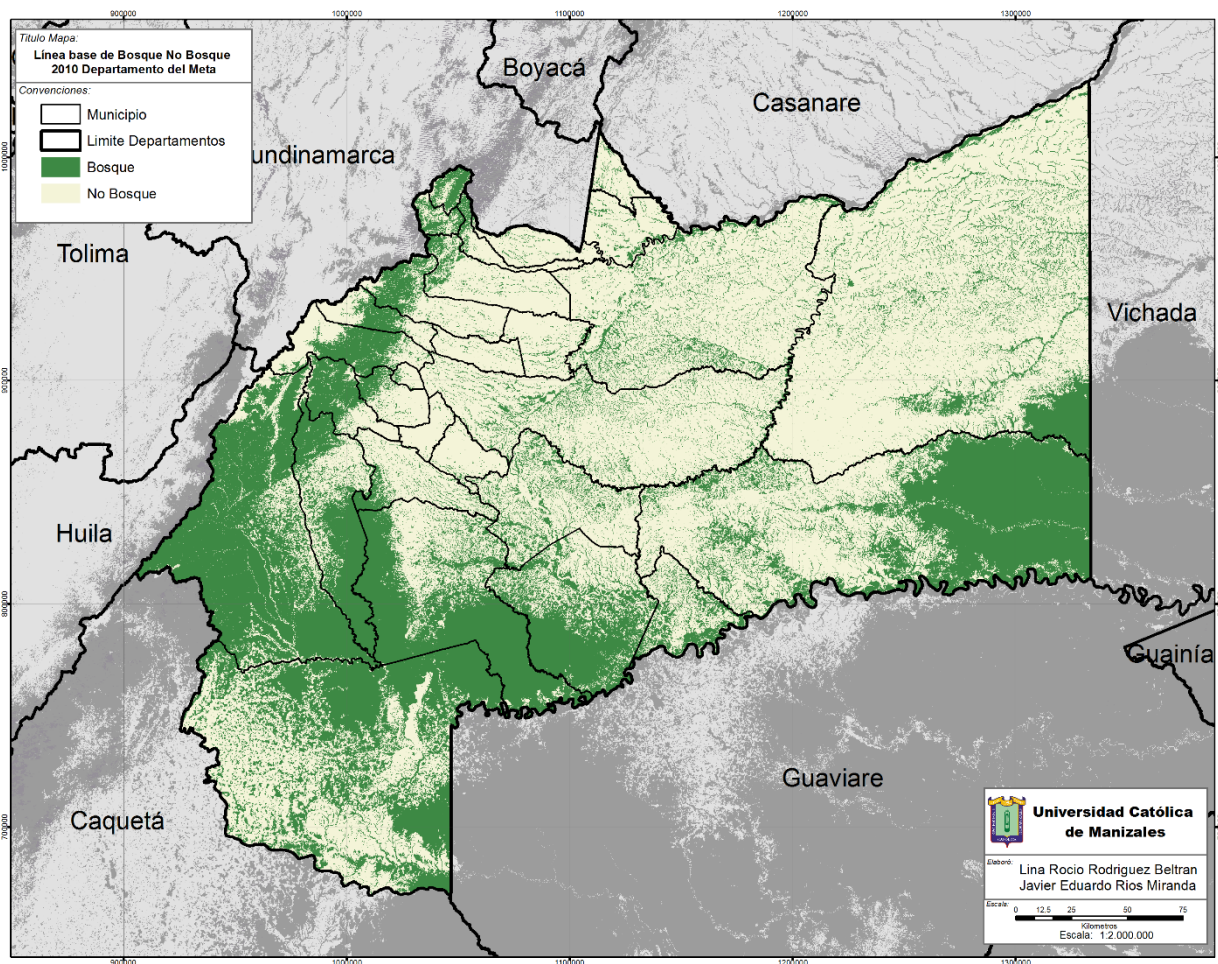
Ilustración 2 flujogramas de procesos para la generación del Mapa Línea base de Bosque No Bosque 2010 Departamento del Meta



Nota: la ilustración presenta las capas geográficas utilizadas, las herramientas de geo-procesos empleados y los resultados obtenidos en la construcción de la capa línea base de bosque no bosque año 2010 en el departamento del Meta.

Finalmente, y debido a que la información se encuentra en formato raster, se decide realizar la conversión entre formatos ráster a vector, lo que permite utilizar ambos tipos de datos cuando se resuelven problemas desde los Sistemas de Información Geográfica y utilizar métodos analíticos específicos en cada uno de los formatos de datos, lo que incrementa la flexibilidad en el momento de cruzar con otras fuentes de datos y métodos de procesado. El resultado se muestra en la Ilustración 3. Mapa Línea base de Bosque No Bosque 2010 Departamento del Meta.

Ilustración 3. Mapa Línea base de Bosque No Bosque 2010 Departamento del Meta



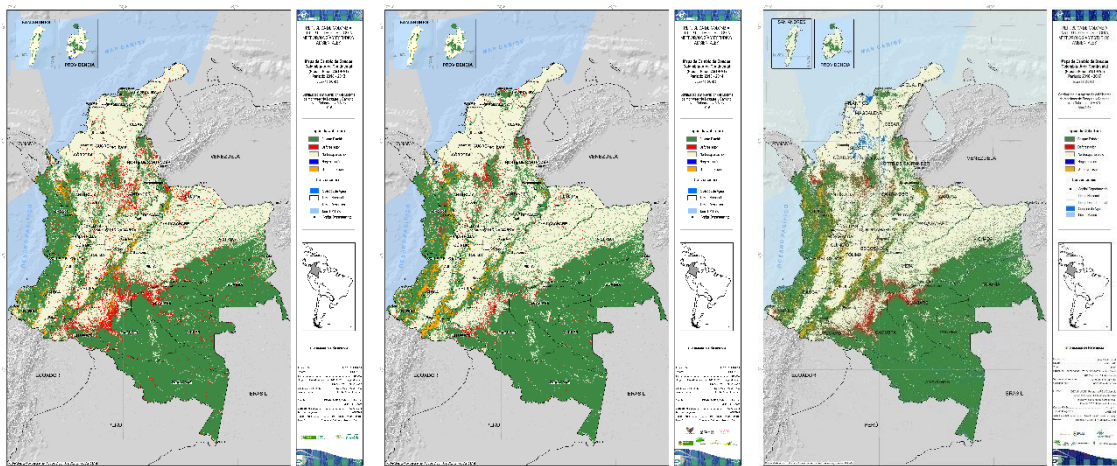
Nota: adaptado del Mapa de Bosque No Bosque Colombia- Área Continental, de IDEAM, 2016, posterior de rellenado de información y recortada mediante software GIS y en la cual se representa las áreas de bosque no bosque año 2010 en el departamento del Meta.

4.2 Determinación de las áreas deforestadas

Para la determinación de la áreas deforestadas año a año, se utiliza la información de los diferentes años generada por el IDEAM, en los mapas de “Cambio Cobertura Bosque - No Bosque” los cuales se encuentran a escala 1:100.000 y pueden ser consultados y descargados en formato ráster del siguiente Link: <http://www.ideam.gov.co/capas-geo>.

En dicha página se puede consultar información desde el año 2010 al 2018; para los años 2019, 2020 y 2021 los informes reportados por el IDEAM son apoyados por el programa de Vision Amazonia los cuales se realizan de manera trimestral. Es por ello que para cada uno de estos ultimos años se realiza una suma lineal de la áreas deforestadas de cada trimestre para obtener una sola capa anual.

Ilustración 4. Mapas bosque no bosque Colombia en diferentes años

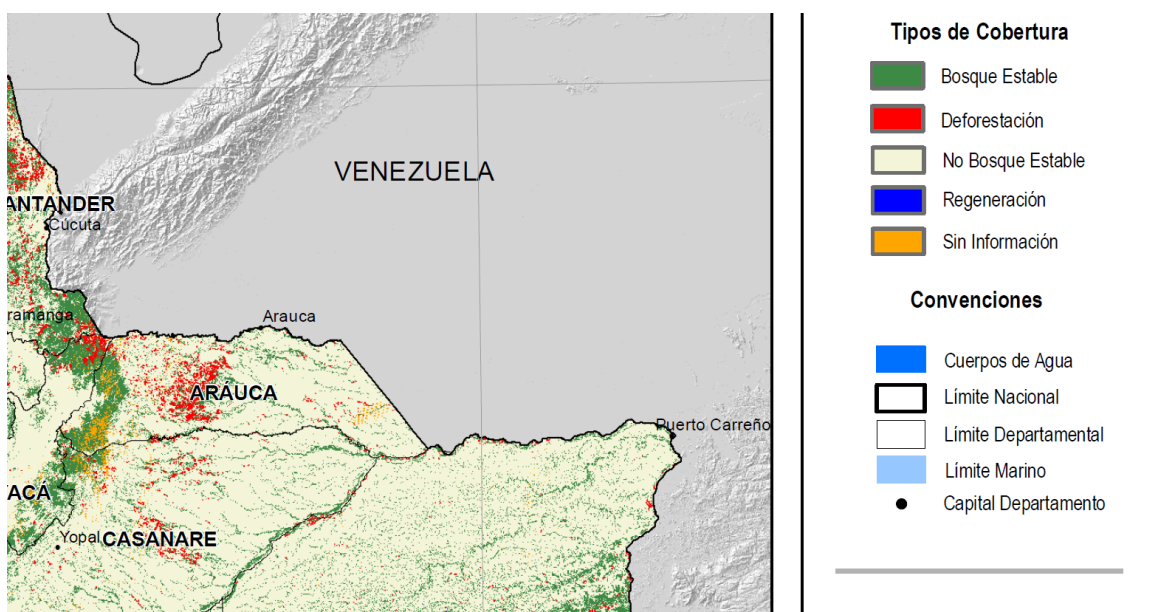


Nota: IDEAM información geográfica de datos abiertos. La figura representa los mapas de bosque no bosque en Colombia para tres periodos de años diferentes.

Una vez obtenido los mapas de bosque no bosque de diferentes años, se observa que dichos mapas presentan una clasificación de simbología de 5 tipos de coberturas (Bosque estable, deforestación,

No bosque estable, Regeneración, Sin Información), para la determinación de las áreas deforestadas, se realiza una selección de únicamente la cobertura de deforestación de cada uno de los mapas y posteriormente se realiza una conversión de ráster a polígono formato vector.

Ilustración 5. Convenciones de los mapas de bosque no bosque



Nota: Adaptada de IDEAM información geográfica de datos abiertos. La figura representa las convenciones de los mapas de bosque no bosque donde se evidencia la convención de deforestación.

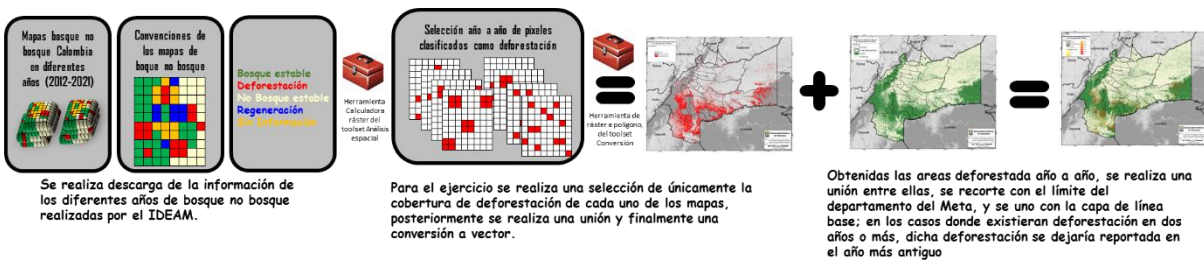
Una vez obtenidas las áreas deforestada año a año, se realiza un recorte con el límite del departamento del Meta y posteriormente se realiza una unión entre ellas, obteniendo como resultado las áreas deforestadas año a año en una sola capa geográfica.

Es así que posterior al ejercicio descrito anteriormente, se pudo identificar pequeñas áreas deforestadas que año a año se cruzaban entre sí, esto quiere decir que se están presentando áreas de deforestación en W año y en Z año, esto puede deberse a temas de procesamiento, o en el momento que se hace el control de calidad. En este caso se asume que la deforestación solo se puede presentar en un año

determinado y que posterior a esa fecha no se podría presentar más áreas deforestadas en ese mismo espacio geográfico, lo anterior para evitar temas de redundancia y conteo doble de información. El Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt en una de sus investigaciones, describe que la tasa de recuperación en bosques tropicales depende de muchos atributos, pero que en el 90% de los casos se toman un tiempo aproximado de 25 años (2021).

De lo anterior se infiere, que es muy difícil que en un área deforestada el bosque recupere su estado de un año a otro y que como mínimo se necesitarían 25 años para dicha recuperación, es por ello que, si en el año 2012 se presenta deforestación, en el 2020 por ejemplo, no podría presentarse de nuevo deforestación debido a que no existiría bosque para dicha actividad.

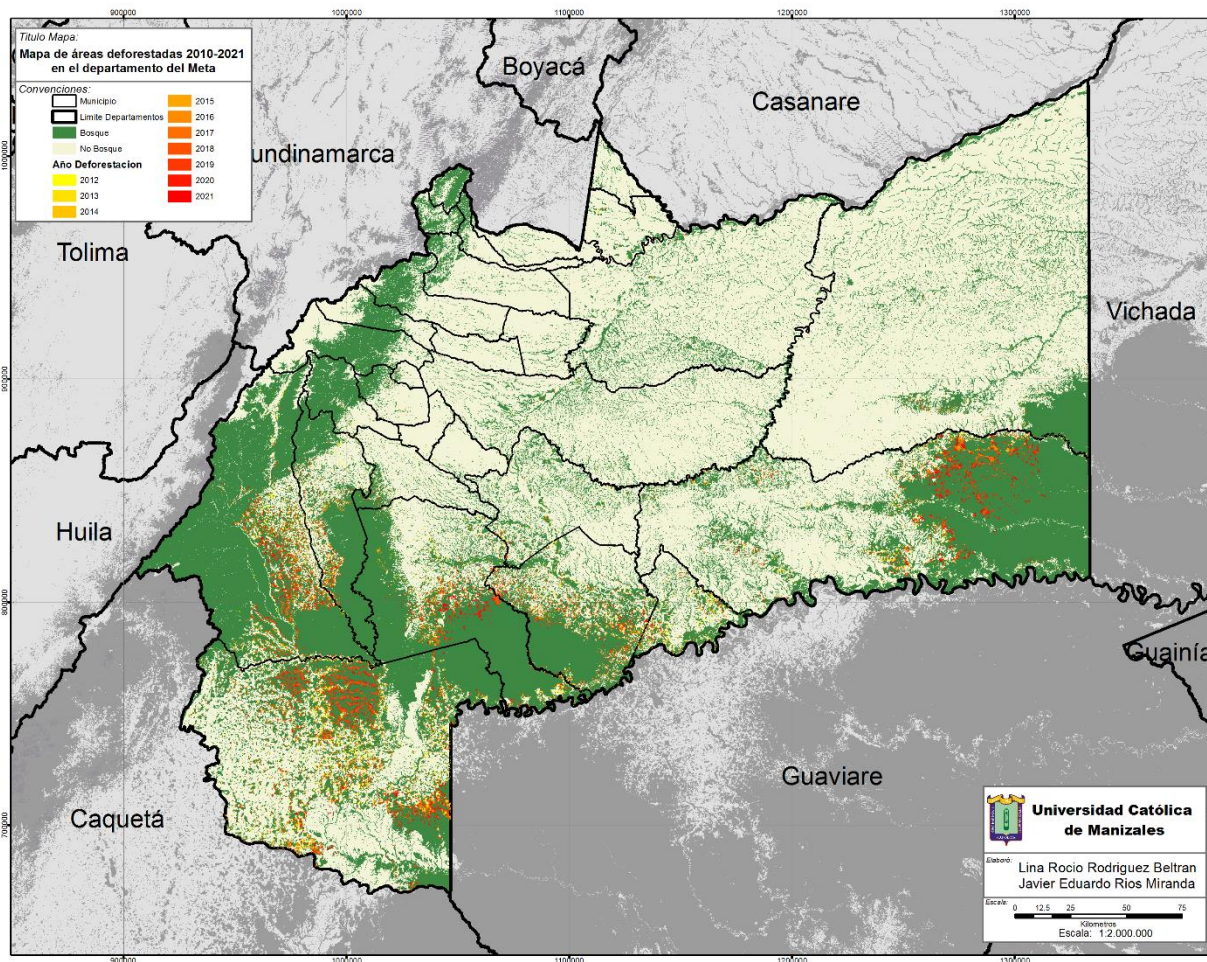
Ilustración 6 Flujoigramas de procesos para la generación del Mapa áreas deforestadas año a año en el departamento del Meta



Nota: la ilustración presenta las capas geográficas utilizadas, las herramientas de geo-procesos empleados y los resultados obtenidos en la construcción de la capa áreas deforestadas año a año en el departamento del Meta.

Así las cosas, se determinó desde el año 2010 a 2021 áreas deforestadas, teniendo en cuenta que en los casos donde existiera deforestación en dos años o más, dicha deforestación se dejaría reportada en el año más antiguo, una vez procesados los datos de deforestación anual, se cruza con la información de la línea base de Bosque No bosque 2010, donde se observaron inconsistencias (áreas deforestadas en suelos donde no hay bosque) aproximadamente en 8.358 ha, por lo que se asumen los polígonos de las áreas deforestadas del 2012 a 2021, como bosque en el año 2010 y se ajusta la información de línea base.

Ilustración 7. Mapa de áreas deforestadas 2010-2021 en el departamento del Meta.



Nota: La figura representa las áreas deforestadas año a año en el departamento del Meta, en color rojo la deforestación más reciente y en amarillo la más antigua.

4.3 Determinación de la vocación de suelo

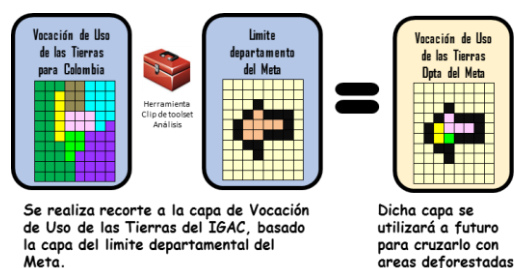
Para que el IGAC pueda determinar los mejores usos que se le pueden dar a las tierras, debe analizar y realizar una evaluación a varias características bio-físicas las cuales pueden estar estables en el tiempo y en el espacio y que influyen en mayor o menor medida en el desempeño y la selección de los

diferentes usos agropecuarios y forestales, principalmente, así como con los requerimientos implícitos de protección y conservación de los recursos naturales (IGAC, 2013).

Para determinar el uso que puede soportar cada uno de los suelos, se debe tener en cuenta las propiedades que son difícilmente alterables por la intervención humana, las cuales pueden influenciar en las actividades productivas antrópicas; los factores climáticos como: pendiente, erosión, factores de humedad, pedregosidad y factores intrínsecos como la profundidad efectiva, grupo textural, fertilidad, salinidad, porcentaje de saturación de sodio, aluminio y carbono orgánico, son los que determinan el uso principal para cada uno de los suelos (IGAC, 2013).

Para la determinación de la vocación del suelo en el departamento del Meta, se hace uso de la información de vocación de uso generada por el IGAC y la cual se encuentra a escala 1:100.000, y puede ser consultada y descargada en el siguiente link: <https://geoportal.igac.gov.co/contenido/datos-abiertos-agrologia>.

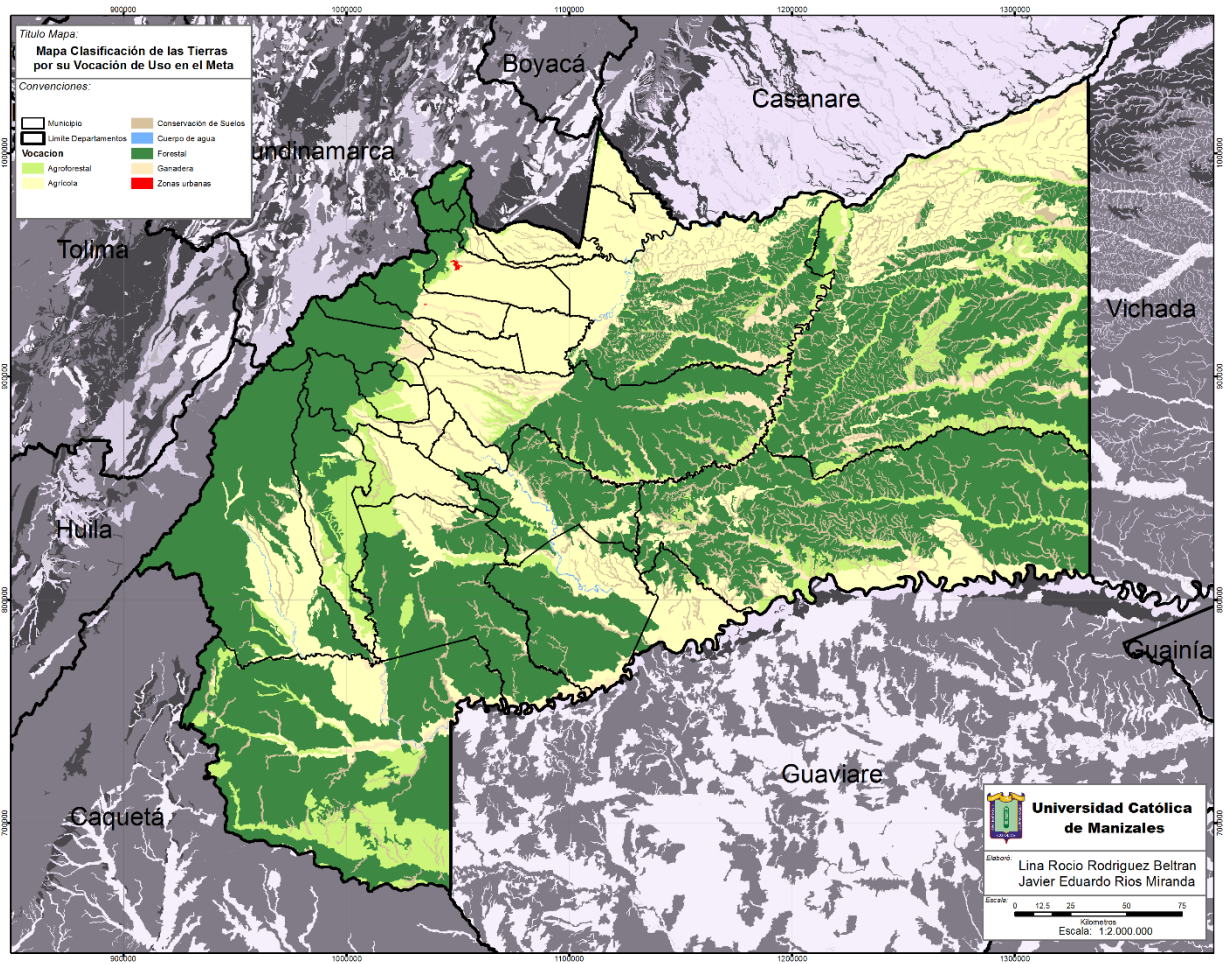
Ilustración 8 flujograma de procesos para la generación del Mapa Clasificación de las Tierras por su Vocación de Uso en el departamento del Meta



Nota: la ilustración presenta las capas geográficas utilizadas, las herramientas de geo-procesos empleados y los resultados obtenidos en la construcción de la capa áreas deforestadas año a año en el departamento del Meta.

Una vez descargada la información de vocación de uso, se realiza un recorte basado en el límite departamental, y se le valida a dicho resultado las reglas topológicas. El resultado se presenta en la ilustración 9.

Ilustración 9. Mapa Digital de Clasificación de las Tierras por su Vocación de Uso, República de Colombia, Escala 1:100.000. Año 2013.



Nota. Adaptado de, República de Colombia, Escala 1:100.000. Año 2013. Por Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2013 (<https://geoportal.igac.gov.co/contenido/datos-abiertos-agrologia>). CC BY 4.0

4.4 Determinación de la clasificación del suelo territorial y categorías de actividades

El mapa de clasificación del suelo territorial se generó mediante la estructuración de información cartográfica mediante software GIS, la cual busca articular la información generada en cada uno de los Planes de Ordenamiento Territorial municipal que conforman el departamento de Meta, dicho mapa contiene información de áreas protegidas, clasificación de suelo, usos propuestos del suelo y áreas definidas por los diferentes instrumentos de planificación Territorial y Ambiental.

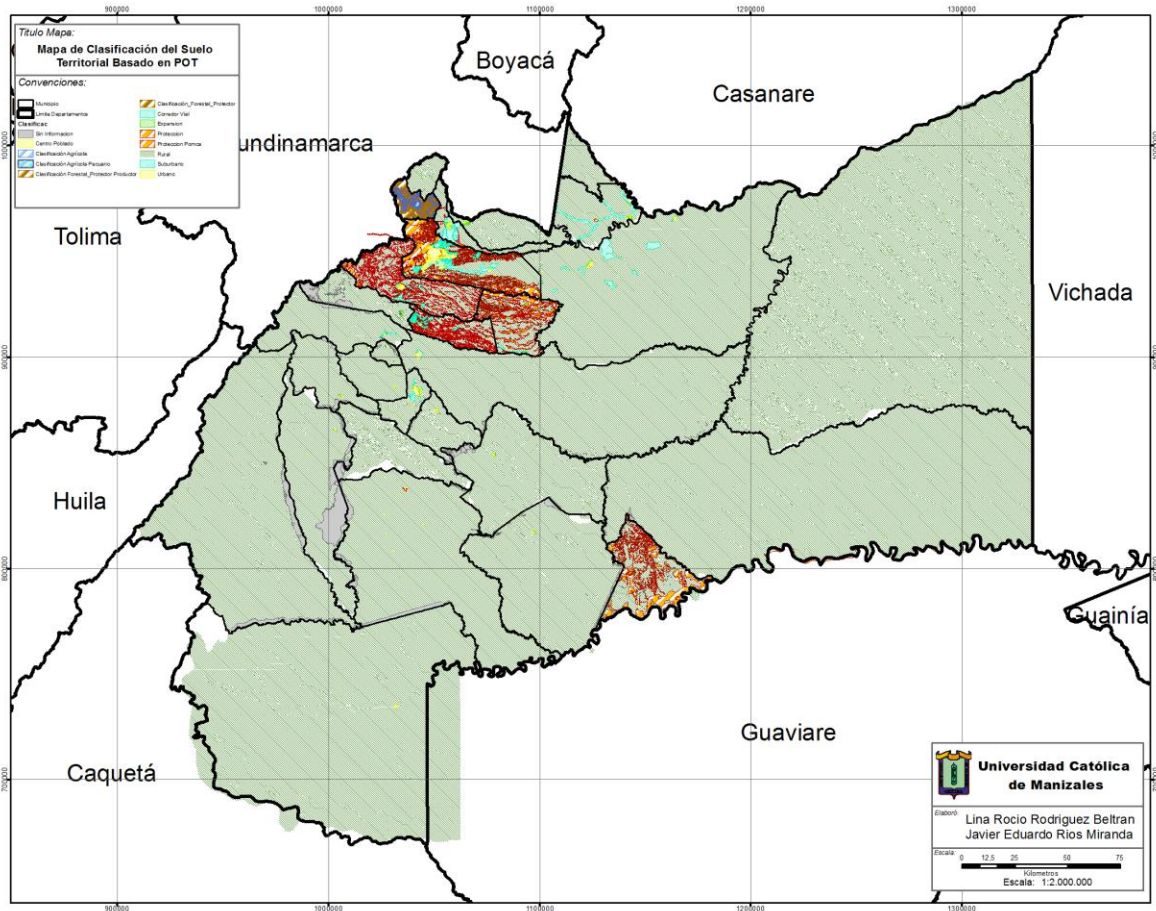
Se construyó la información partiendo de diferentes escalas cartográficas y temporales, información generada por Parques Nacionales de Colombia en torno a los Planes de Manejo al interior de su jurisdicción, y las subzonas de uso y manejo aprobadas en los POMCAS formulados a la fecha. Es importante mencionar que independientemente de cómo se encuentre delimitada la cartografía del instrumento de planificación territorial, las áreas definidas en los Planes de Manejo de los Parques Nacionales y los POMCAS prevalecen sobre las primeras, al ser estos instrumentos norma de mayor jerarquía.

Para el ejercicio académico y en aras de que la información de clasificación del territorio, uso de suelo, vocación del suelo y las áreas deforestadas coincidan en el momento de realizar el cruce cartográfico, se procedió a validar mediante software GIS las reglas de topología, reclasificar los datos de la capa de suelos y finalmente ajustar los planos a los límites municipales del IGAC, a la información oficial de Parques Nacionales y la Corporación Autónoma Regional, dicho resultado tendrá la escala de la información menor, por ende dicha escala es 1:100.000.

De otro lado se hizo necesario mantener sin información aquellos espacios vacíos o sobrepuestos que presente la cartografía, y en los cuales el límite del instrumento de planificación no coincidía con el límite oficial del IGAC.

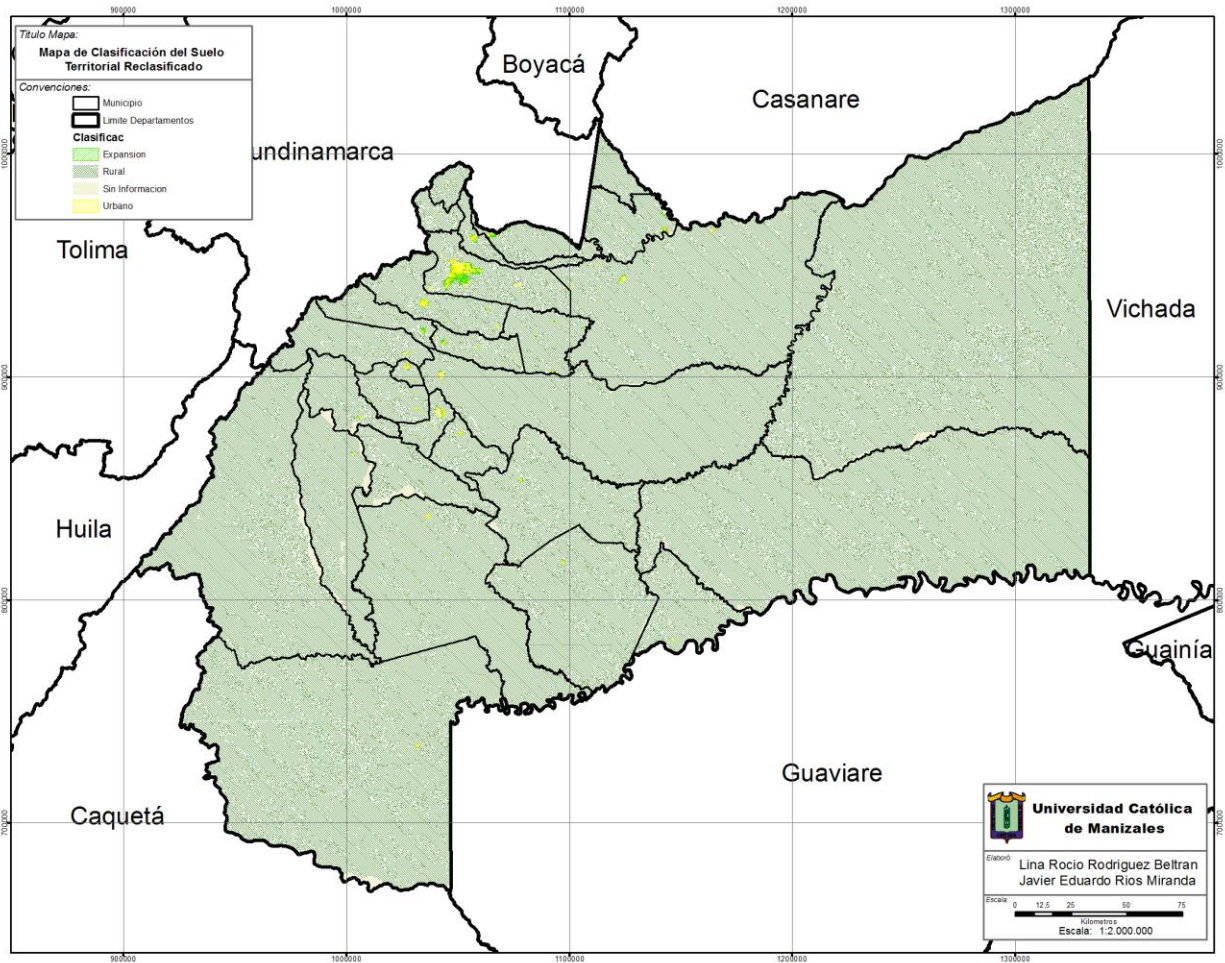
Del ejercicio se obtuvieron 12 tipos de clasificaciones de suelo según los planos analizados, sin embargo, la Ley 388 del 1997 en el Capítulo IV Cita que: *“Los planes de ordenamiento territorial clasificarán el territorio de los municipios y distritos en suelo urbano, rural y de expansión urbana. Al interior de estas clases podrán establecerse las categorías de suburbano y de protección, de conformidad...”*, por tal motivo se procedió a hacer la respectiva reclasificación ajustando la información a 3 categorías, urbano, de expansión urbana y rural.

Ilustración 10. Mapas de clasificación del suelo territorial del departamento del Meta (Antes de la estructuración).



Nota: Los mapas de clasificación territorial, se basan en la información de los planos de los instrumentos de planificación Territorial, a los cuales se les realizó una validación de reglas topológicas y posteriormente fueron reclasificados según lo norma.

Ilustración 11 Mapas de clasificación del suelo territorial del departamento del Meta (Después de la estructuración).

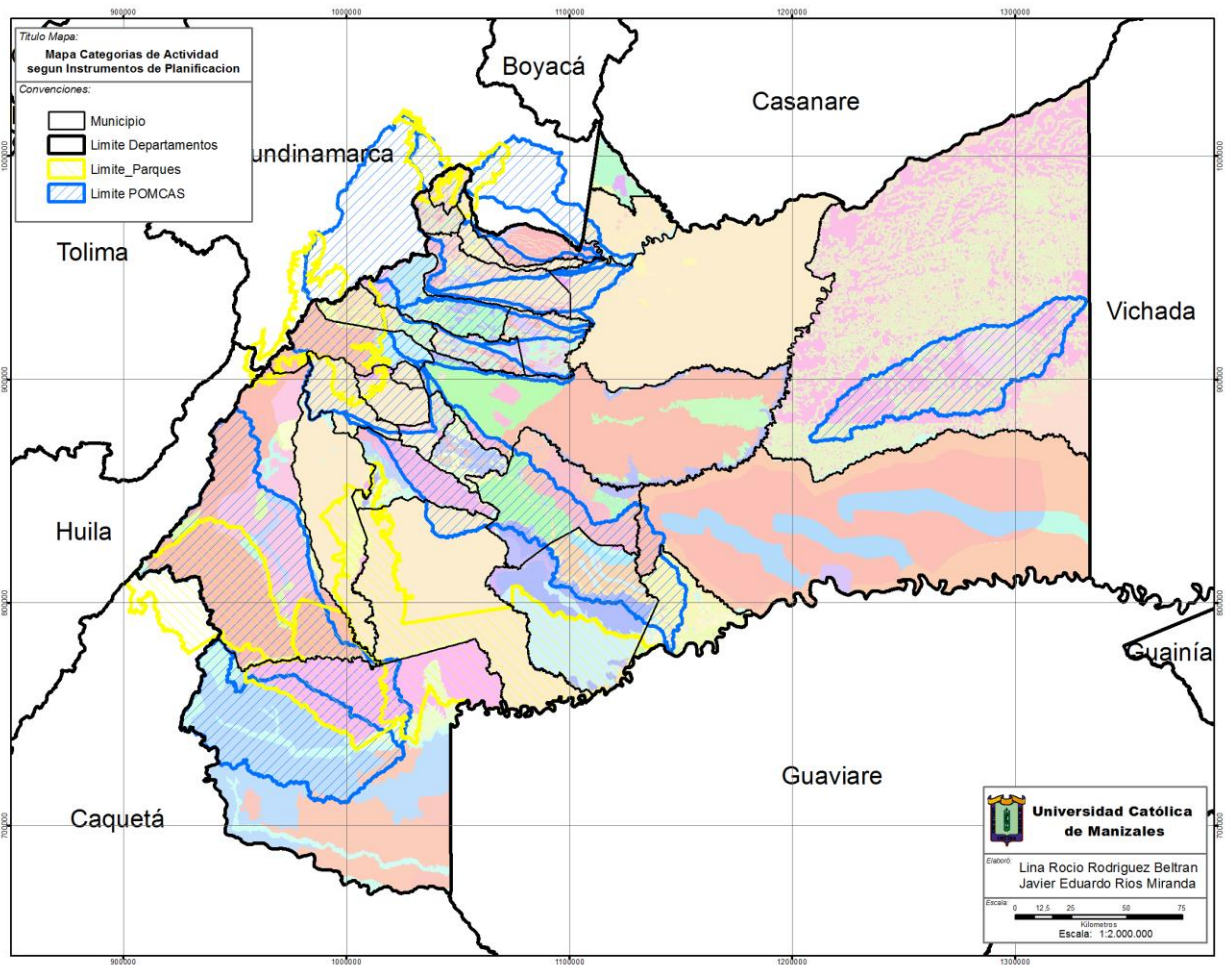


Nota: Los mapas de clasificación territorial, se basan en la información de los planos de los instrumentos de planificación Territorial, a los cuales se les realizó una validación de reglas topológicas y posteriormente fueron reclasificados según lo norma.

Así mismo, la unión de los instrumentos de planificación territorial definió 159 categorías dentro de las tres clases mencionadas en todo el territorio departamental, categorías que hacen referencia al uso del suelo y áreas de actividad. Estas categorías fueron definidas por cada municipio en el momento de formular su instrumento de planificación territorial, las cuales permitieron determinar su modelo ocupación. A estas categorías se le sumaron las subzonas de uso y manejo de los POMCAS y las

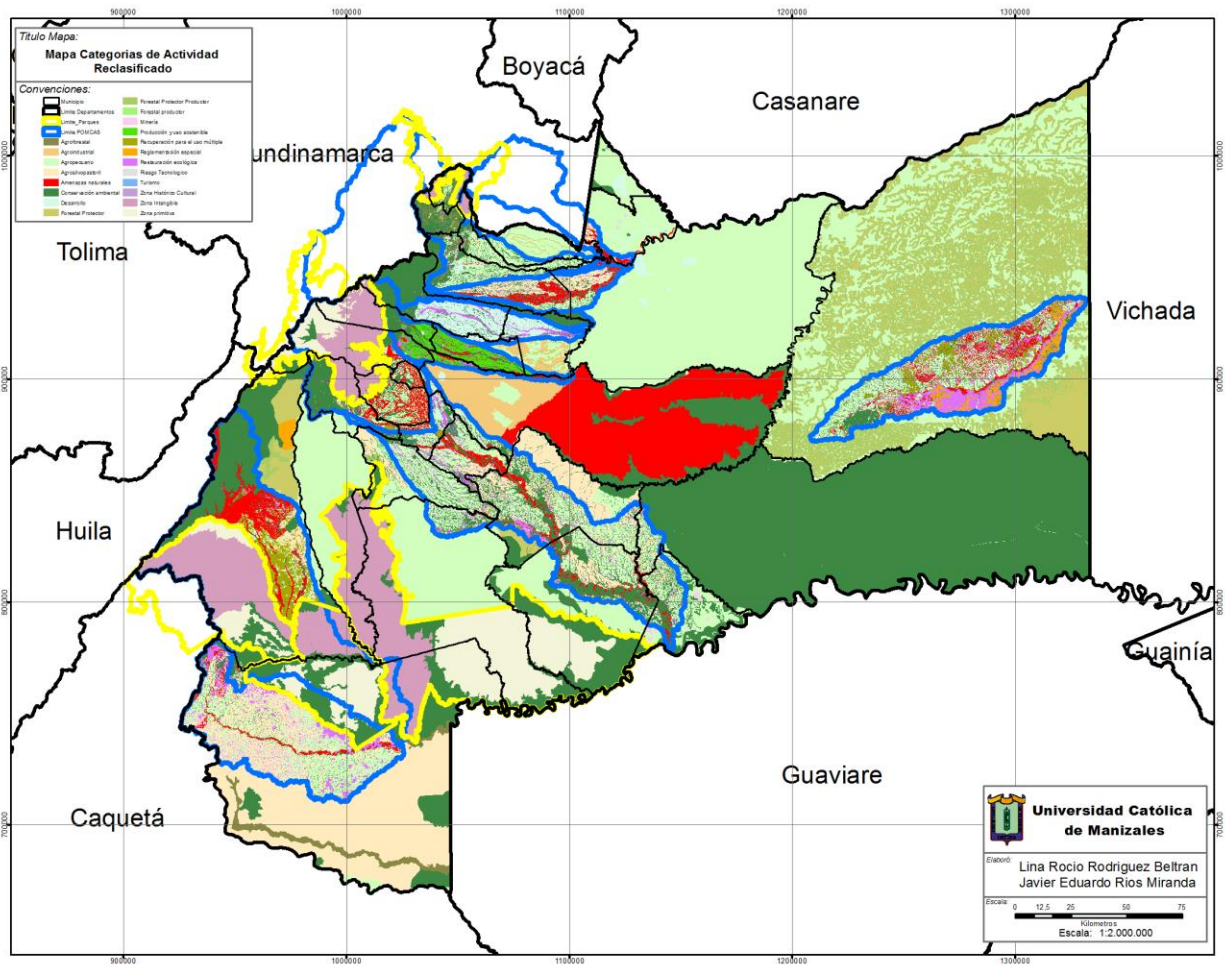
zonificaciones de los Planes de Manejo de Los Parques Nacionales Naturales localizados en la jurisdicción del departamento del Meta.

Ilustración 12. Mapas de categorías de actividad del departamento del Meta (Antes de la estructuración y reclasificación de las categorías).



Nota: los mapas de categorías de actividad fueron realizados mediante la información de los planos de los instrumentos de planificación Territorial y posteriormente se agregó la información de subzonas de uso y manejo de los POMCAS y zonificación de planes de manejo de parques nacionales, así mismo se ejecutó las reglas topológicas y reclasificación de actividades según la experiencia de los autores.

Ilustración 13 Mapas de categorías de actividad del departamento del Meta (Después de la estructuración y reclasificación de las categorías.)



Nota: los mapas de categorías de actividad fueron realizados mediante la información de los planos de los instrumentos de planificación Territorial y posteriormente se agregó la información de subzonas de uso y manejo de los POMCAS y zonificación de planes de manejo de parques nacionales, así mismo se ejecutó las reglas topológicas y reclasificación de actividades según la experiencia de los autores.

En este sentido y en aras de llevar a cabo el respectivo análisis estadístico, se reclasificaron las 159 categorías mencionadas previamente, arrojando como resultado un total de 20 categorías. Finalmente, se determina aquellas áreas donde se deben llevar a cabo actividades de recuperación y/o de restauración y que puedan ser incorporadas como determinantes ambientales en el momento de la revisión y/o formulación de los Planes de Ordenamiento Territorial.

Descrito todo lo anterior, se cuantifica las áreas deforestadas año a año para el periodo comprendido entre los años 2010-2021, utilizando como insumo principal la información proporcionada por el IDEAM y generando a su vez el respectivo análisis de la distribución de dichas áreas sobre la vocación, clasificación y uso del suelo en el territorio.

Ilustración 14 flujogramas de procesos para la generación del Mapa áreas deforestadas año a año en el departamento del Meta



Nota: la ilustración presenta las capas geográficas utilizadas, las herramientas de geo-procesos empleados y los resultados obtenidos en la construcción de la capa clasificación territorial y categorías de actividad en el departamento del Meta.

5. Resultados

Lo resultados señalan que el departamento del Meta presenta carencia en la información cartográfica en aproximadamente 1.400 km² por lo cual se hizo necesario complementar con información histórica de los mapas de bosque no bosque.

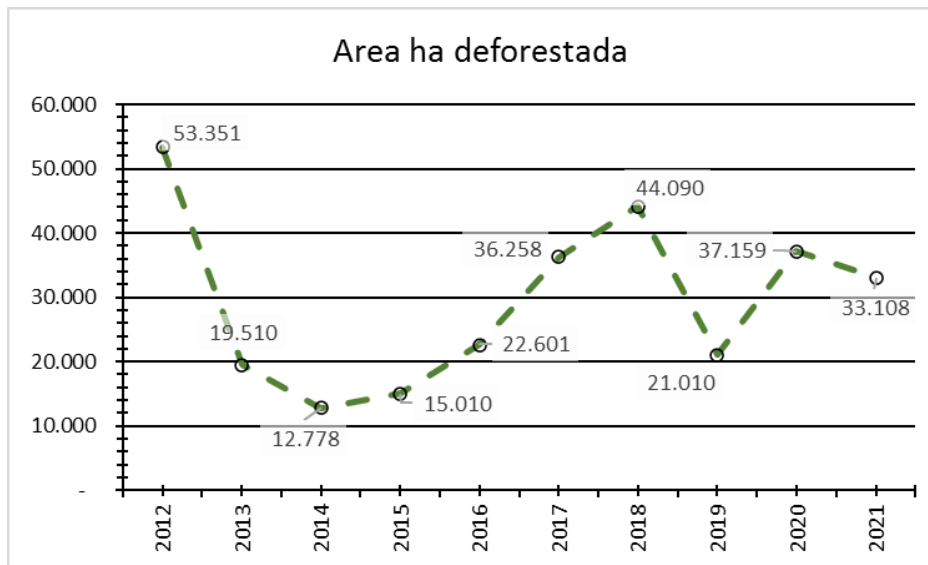
Tabla 3 Área y porcentajes de bosques, no bosque y sin información en el departamento del Meta

Leyenda	Área	Porcentaje
Bosque	31.686	37,02%
No Bosque	52.510	61,35%
Sin Información	1.395	1,63%
Total, general	8.5591	100,00%

Nota: adaptado del Mapa de Bosque No Bosque Colombia- Área Continental, de IDEAM, 2016, al cual se le realizó recorte basado en el límite del departamento del Meta y se calcula el área en kilómetros cuadrados mediante software GIS.

Una vez realizado el ejercicio de relleno de vacíos de información, se tiene que el departamento del Meta presenta un área de bosque de 31.686 km², lo que representa el 37,02% del territorio departamental y de no bosque de 52.510 km², lo que representa el 61,35%. Estos datos son la base que permitirá realizar en el análisis de deforestación multianual.

Ilustración 15 Deforestación anual en el departamento del Meta



Nota: Adaptada de IDEAM información geográfica de datos abiertos. La figura representa la gráfica de las áreas deforestadas año a año en el departamento del Meta, datos obtenidos en el ejercicio de "Determinación de las áreas deforestadas", cálculo realizado mediante software GIS, los datos están calculados en hectáreas.

Tabla 4 Áreas Deforestación anual en el departamento del Meta

Año	Área	Año	Área	Año	Área	Año	Área	Año	Área
2012	53.351,20	2014	12.778,10	2016	22.601,20	2018	44.090,02	2020	37.159,42
2013	19.509,68	2015	15.010,01	2017	36.258,36	2019	21.010,13	2021	33.108,18
Total									294.876,31

Nota: Adaptada de IDEAM información geográfica de datos abiertos. La figura representa las áreas deforestadas año a año en el departamento del Meta, datos obtenidos en el ejercicio de "Determinación de las áreas deforestadas", cálculo realizado mediante software GIS, los datos están calculados en hectáreas

De las cifras de deforestación se tiene que el año 2014 fue el año donde se presentó la menor cantidad de área deforestada con aproximadamente 128 km², el año 2020 el departamento del Meta presentó una cifra de deforestación cercana a los 372 km² y al año 2021 se presentó una reducción del 12%. Cabe anotar que el año con la tasa más alta de afectación fue el 2018 con 441 km² y en el año 2019 se tuvo 210 km² de áreas deforestadas.

Tabla 5 Tabla de áreas deforestadas anualmente por vocación de uso

Vocación de Uso	Deforestación Anual									
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Agrícola	12.333	4.797	2.454	3.008	6.538	6.689	11.764	6.087	8.190	8.410
Agroforestal	4.604	1.524	778	1.310	2.202	1.877	2.555	785	1.965	1.752
Conservación de Suelos	3.233	900	712	1.056	1.135	1.590	1.777	772	1.708	1.568
Cuerpo de agua	115	13	7	11	15	16	12	2	4	3
Forestal	30.723	11.626	8.538	9.343	12.227	25.528	27.455	13.199	24.875	21.181
Ganadera	2.344	650	289	283	485	560	527	165	417	194
Total, general	53.351	19.510	12.778	15.010	22.601	36.258	44.090	21.010	37.159	33.108

Nota: Adaptado de Vocación de Uso de las Tierras, República de Colombia, Escala 1:100.000. Año 2013. La información fue recortada al límite departamental y cruzada con la capa de áreas deforestadas mediante software GIS para el posterior cálculo de las áreas, los datos están calculados en hectáreas.

Respecto a las áreas deforestadas ubicadas en los diferentes tipos de vocaciones de suelos se tiene que éstas se encuentran relacionadas con áreas forestales, en las cuales se encuentran el 62% del área total, lo anterior es lógico si tenemos en cuenta que según Pinto (2000) los suelos forestales se pueden aproximar a un ecosistema particular, donde dichos ecosistemas se encuentran caracterizados por presentar una cubierta forestal la cual determina propiedades de los suelos distintas a las de otros suelos, y están asociadas a un microclima, al reciclaje de elementos, a una población microbiana específica y a la formación de ácidos orgánicos.

Los suelos con vocación agrícola son los segundos más deforestados en el departamento con 23% de todas las áreas deforestadas, las tierras con vocación agrícola se definen como aquellas que, por sus características agroecológicas, permiten el establecimiento de sistemas de producción agrícola, con plantas cultivadas de diferentes ciclos de vida y productos. Estas tierras presentan la mayor capacidad para soportar actividades agrícolas intensivas y semi-intensivas (IGAC, 2002).

Para los planos de clasificación territorial, después de utilizar las herramientas de geoprocetos y topología, se tiene que al 1,14% no presenta información “sin información” debido a imprecisiones en temas de cartografía (vacíos, superposiciones y diferencias de límites municipales), las áreas rurales presentan mayor afectación por áreas deforestadas en el periodo comprendido entre los años 2010 y 2018.

Del ejercicio de estructuración de los planos de los municipios, se obtuvieron 12 tipos de clasificaciones de suelo. Dado que la clasificación del suelo comprende 3 tipos (urbano, expansión urbana y rural) y en el interior de estas, otras 3 categorías como lo establece la ley 388 de 1997, se presentan en la

Tabla 6 Tabla de reclasificación de la clasificación de suelos encontrados en planos., las clases de suelos mencionadas anteriormente y se reclasifican con las categorías identificadas.

Tabla 6 Tabla de reclasificación de la clasificación de suelos encontrados en planos.

Clasificación de instrumentos de planificación	Reclasificado según ley 388 de 1997
Centro Poblado	Urbano
Clasificación Agrícola	Rural
Clasificación Agrícola Pecuario	Rural
Clasificación Forestal Protector Productor	Rural
Clasificación Forestal Protector	Rural
Corredor Vial	Rural
Expansión	Expansión
Protección	Rural
Protección POMCA	Rural
Rural	Rural
Suburbano	Rural
Urbano	Urbano
Sin Información	Sin Información

Nota. La tabla presenta la clasificación de suelos según los planos de los instrumentos de planificación y la reclasificación realizada para el ejercicio por parte de los autores teniendo en cuenta la ley 388.

La categoría que más se encuentra representada en el departamento es la de Conservación ambiental (27,96%), seguido del Agropecuario (27,93%), Agrosilvopastoril (8,24%), Forestal Protector Productor (6,70%) y Amenazas naturales (6,51%) los cuales suman 77,34% del total del área del departamento del Meta. Se debe tener en cuenta que muchos municipios carecen de información de actividades por ende se utilizó la información de los POMCAS y PMA de Parques Nacionales, como se indica en la Tabla 7 Categorías del suelo con mayores áreas deforestadas en el Departamento del Meta.

Tabla 7 Categorías del suelo con mayores áreas deforestadas en el Departamento del Meta

Año Deforestación	Agropecuario	Agrosilvopastoril	Amenazas naturales	Conservación ambiental	Forestal Protector Productor	Total, general
2012	123	92	27	231	2	475
2013	46	34	9	83	0	172
2014	27	27	4	54	0	112
2015	41	24	6	59	1	131
2016	67	37	17	74	1	197
2017	87	62	7	145	1	301
2018	83	47	8	170	1	309
2019	31	18	5	86	0	140
2020	58	46	9	159	0	272
2021	54	35	11	142	0	242
Total, deforestación	618	421	102	1.203	6	2.351
Bosque	3.640	1.626	932	12.006	309	18.513
No Bosque	19.645	5.003	4.540	10.725	5.416	45.329
Total general	23.903	7.051	5.574	23.934	5.731	66.193

Nota. El cálculo de las áreas fue basado en el resultado presentado en la Ilustración 8. Mapas de categorías de actividad del departamento del Meta antes y después de la estructuración y reclasificación de las categorías, en la cual se presenta la clasificación de suelos cruzada con la deforestación anual obtenida en la “Determinación de las áreas deforestadas” y cruzado mediante software GIS.

Las áreas categorizadas como de conservación ambiental son las más afectadas por deforestación con el 40,8 % del compilado de todas las áreas deforestadas en el Meta.

Se identificaron las áreas que deben ser incorporadas como determinante ambiental en los procesos de revisión y/o formulación de los diferentes instrumentos de planificación, lo anterior como una forma normativa de poder recuperar dichas áreas deforestadas.

6. Conclusiones

El presente ejercicio analiza datos de deforestación en el departamento del Meta y plantea estrategias en materia forestal para la conservación del bosque en pie y actividades que se incorporen en los instrumentos de planificación territorial en el momento de su formulación, las cuales están dirigidas a disminuir este fenómeno.

La información de los municipios del departamento, específicamente la relacionada con la cartográfica, se encuentra desactualizada, sus límites municipales no corresponden a los que están establecidos por el IGAC actualmente, sus orígenes cartesianos presentan datum antiguos, están dibujados en formato AutoCAD, y en algunos casos la información solo se encuentra disponible en formato pdf o jpg, a los cuales se le debió hacer un proceso de georreferenciar y digitalización en pantalla.

Cuando se formularon los POT la mayoría de los Municipios no supieron diferenciar entre clasificar su territorio y definir las actividades de este, pues la ley 388 del 1997 en el Capítulo IV cita que: *“Los planes de ordenamiento territorial clasificarán el territorio de los municipios y distritos en suelo urbano, rural y de expansión urbana. Al interior de estas clases podrán establecerse las categorías de suburbano y de protección, de conformidad con los criterios generales establecidos”*, lo que no permite definir claramente, a nivel departamental, los usos del suelo que han presentado mayor grado de deforestación, por lo que se hace necesario realizar una re categorización de los mismos para el análisis respectivo.

En el Departamento del Meta aproximadamente 30.000 km² son áreas boscosas; las características geográficas del departamento presentan la mayor área del territorio con vocaciones de suelos Agrícola, Forestal y Conservación de Suelos. Los bosques ubicados en suelos con vocación

forestal se están perdiendo debido a las altas tasas de deforestación en el departamento. La deforestación es un problema social y ambiental que repercute en el futuro, debido a que se presentan problemas de erosión, pérdida de biodiversidad, emisiones de carbono y empobrecimiento de suelos, situación que afecta también a las generaciones futuras.

En los últimos años en el departamento del Meta se ha perdido aproximadamente 2.949km² de los bosques que estaban en pie en el año 2010. Para García la principal actividad que genera deforestación en Colombia es la expansión de la frontera agropecuaria (2010). Por otro lado, la (FAO, 2006) menciona que la tala ilegal es una causa importante para la pérdida de bosques, por tratarse esta, de una actividad en la que las inversiones son bajas, la tala y tráfico ilegal es un negocio rentable que se realizan a diferentes escalas (Ministerio de Ambiente, 2002), para el departamento del Meta, tanto el aumento de la frontera agrícola, como el tráfico de madera y tala ilegal, son actividades que se observan en el territorio permanentemente.

Las áreas categorizadas como de conservación ambiental son las más afectadas por los diferentes procesos de deforestación con el 40,8 % del compilado de todas las áreas deforestadas en el Meta, lo que evidencia la pérdida de servicios ecosistémicos, soporte de las diferentes actividades socioeconómicas del territorio.

Los municipios que presentan mayor área deforestada en el periodo comprendido 2010 – 2021 en su orden son, La Macarena con 1.105 km², Mapiripán con 506 km², Uribe con 426 km², Puerto Rico con 287 km² y Vista Hermosa con 270 km², que suman entre sí 2.594 km², es decir el 88% del total de áreas deforestada en el departamento del Meta.

Las políticas para el manejo de la conservación y manejo de bosques que se encuentran aprobadas en el país, tienen un fuerte marco normativo y estrategias muy bien diseñadas para generar los incentivos económicos para la conservación y protección de los bosques, pero la debilidad institucional y la falta de coordinación entre entidades no han permitido combatir efectivamente la deforestación (García, 2010, p24).

7. Recomendaciones

Las áreas deforestadas identificadas en el presente documento se convierten en insumo importante para futuras investigaciones si se tiene en cuenta que, en el departamento del Meta a la fecha, aproximadamente el 50% de los municipios no cuentan con su instrumento de planificación territorial formulado.

En este sentido se recomienda para futuras investigaciones adelantar un ejercicio que identifique las causas de la pérdida de cobertura vegetal en el territorio, pues es importante diferenciar entre la deforestación generada por pequeños productores o por personas con gran poder adquisitivo para la expansión de la frontera agrícola o el acaparamiento de tierra u otro tipo de causa, debido a que esto permitirá el diseño de las estrategias con un tratamiento diferencial de acuerdo con el tipo de actor pues el planteamiento de estrategias no puede ser genérico y debe responder a los diferentes contextos.

Así mismo se considera importante cuantificar los pasivos ambientales que se generan por la pérdida de cobertura vegetal en el departamento del Meta de tal manera que se gestionen en función del riesgo que esta determina para la salud humana y el ambiente, con el fin de desarrollar y aplicar una estrategia efectiva en la gestión de la problemática.

Finalmente sería prudente revisar la situación que se presenta en las áreas protegidas del departamento del Meta, especialmente en los Parques Nacionales Naturales, que si bien es cierto tiene una reglamentación especial y protección jurídica, fueron identificados como los espacios geográficos con mayor intervención.

8. Referencias Bibliográficas

ARCGIS RESOURCES CENTER: Que es ArcGIS. [consultado 28 septiembre 2022].

Recuperado:http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/What_is_ArcGIS/00v200000007000000

Aguilar-Amuchastegui, N., Riveros, J. C., & Forrest, J. L. (2014). Identifying áreas of deforestation risk for REDD+ using a species modeling tool. *Carbon Balance and Management*, 9(1).

Ariza, Alexander & IGAC, & UNSPIDER. (2013). Descripción y corrección de productos landsat 8 LDCM. 10.13140/RG.2.2.21308.44167.

Bealward, A.S. y Valenzuela, C.R. 1991. Remote Sensing and Geographical Information Systems for Reosurces Managements in developing Countries. Euro Courses, Remote Sensing, I. Kluwer Academic Publishers for the Comission of the European Comunities. The Netherlands, 506 pp.

Bello Maria Jose, B. (n.d.). *Macroproceso de apoyo código: aaar113 proceso gestión apoyo académico versión: 3 descripción, autorización y licencia del repositorio institucional vigencia: 2017-11-16 página: 1 de 8 señores universidad de cundinamarca biblioteca ciudad unidad regional programa académico tecnología en cartografía no. documento de identificación nivel académico de formación o proceso pregrado.*

Bosque Sendra, J. (1997): Sistemas de información geográfica. Madrid, Ediciones Rialp, 2º edición corregida, 451 pp.

Cabrera, E., Vargas, D. M., Galindo, G., García, M. C., Ordóñez, M. F., Vergara, L. K., Giraldo, P. (2011b). Memoria técnica de la cuantificación de la deforestación histórica nacional–escalas gruesa y fina. Bogotá, DC, Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).

- Carrillo-Niquete, G. A., Andrade, J. L., Valdez-Lazalde, J. R., Reyes-García, C., & Hernández-Stefanoni, J. L. (2022). Characterizing spatial and temporal deforestation and its effects on surface urban heat islands in a tropical city using Landsat time series. *Landscape and Urban Planning*, 217.
- Chuvieco, E. S 1996. Fundamentos de Teledetección espacial. Ediciones Rialp. Madrid España
- Chuvieco E (1999) Introduction. In ‘Remote sensing of large wildfires in the European Mediterranean basin’. (Ed. E Chuvieco) pp. 1-3. (Springer: Berlin).
- Chuvieco E, Martin Mp, Palacios A (2002) Assessment of different spectral indices in the red – near-infrared spectral domain for burned land discrimination. *International Journal of Remote Sensing* 23, 5103-5110.
- Crouzeilles, R., Curran, M., Ferreira, M. S., Lindenmayer, D. B., Grelle, C. E. V., & Rey Benayas, J. M. (2016). A global meta-Analysis on the ecological drivers of forest restoration success. *Nature Communications*, 7.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. DANE. (2015). Informe de Coyuntura Económica Regional. DANE-Banco de la República
- Departamento Nacional de Planeación. (2011). Visión Meta 2032. Territorio Integrado e Innovador. Imprenta Nacional de Colombia. Bogotá.
- Euscátegui, C., & Hurtado, G. (2011). Análisis del impacto del fenómeno “La Niña” 2010-2011 en la hidroclimatología del país. *IDEAM*, (20), 32.
- FAO, OIMT. (2006). Las mejores prácticas para fomentar la observancia de la ley en el sector forestal. Estudio FAO Montes 145. Roma.
- García, M y E. Chuvieco. (2004). Assessment of the potential of SAC-C/MMRS imagery for mapping burned áreas in Spain. *Remote Sensing of Environment* 92: 414-423
- García, H. (2010). Deforestación en Colombia: Retos y perspectivas. FEDESARROLLO

- González-González, A., Villegas, J. C., Clerici, N., & Salazar, J. F. (2021). Spatial-temporal dynamics of deforestation and its drivers indicate need for locally-adapted environmental governance in Colombia. *Ecological Indicators*, 126.
- Holden, Z., Smith, A., Morgan, P., Rollins, M y Gessler, P. (2005). Evaluation of novel thermally enhanced spectral indices for mapping fire perimeters and comparisons with fire atlas data. *International Journal of Remote Sensing*. Vol 26. 21. pp 4801-4808.
- IDEAM, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2019) “DOCUMENTO METODOLÓGICO Operación Estadística Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural en Colombia”. Subdirección de Geografía y Cartografía. Bogotá. pp 18
- IDEAM, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2022). Recuperado 1 de septiembre de 2022, de SISTEMA DE MONITOREO DE BOSQUES Y CARBONO (SMBYC) website: <http://smbyc.ideam.gov.co/MonitoreoBC-WEB/reg/indexLogOn.jsp>
- IGAC, Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2013). Mapa Digital de Clasificación de las Tierras por su Vocación de Uso, República de Colombia, Escala 1:100.000. Año 2013.
<https://metadatos.icde.gov.co/geonetwork/srv/api/records/bd0c917d-6880-4c4e-a44d-ce2e44facf0b?language=all#:~:text=Con%20la%20finalidad%20de%20establecer,de%20protecci%C3%B3n%20y%20conservaci%C3%B3n%20de>
- IGAC, Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2004) *El Meta Un Tierra de Oportunidades*. Subdirección de Geografía y Cartografía. Bogotá. pp 23-81
- IGAC, Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2002). *Zonificación de los conflictos de uso de las tierras en Colombia capítulo III vocación de uso de las tierras de Colombia*. Bogotá
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (2021). Regeneración natural, punto de partida para la recuperación de los ecosistemas en terrenos abandonados. *Nota de actualidad*. <http://www.humboldt.org.co/es/actualidad/item/1701-regeneracion-natural-punto->

- PNUD. (2014). Diagnóstico Socioeconómico del Departamento del Meta. Estrategia Territorial para la Gestión Equitativa y Sostenible del Sector de Hidrocarburos. Bogotá.
- Posada, E. (2012). Manual de prácticas de percepción remota con el programa ERDAS IMAGINE 2011. Bogotá, Colombia: Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Recuperado el marzo de 201
- Red de Observatorios Regionales de Mercado del Trabajo ORMET. (2012) Diagnóstico socioeconómico y del mercado de trabajo Departamento del Meta. Bogotá.
- Rodríguez-de-Francisco, J. C., del Cairo, C., Ortiz-Gallego, D., Velez-Triana, J. S., Vergara-Gutiérrez, T., & Hein, J. (2021). Post-conflict transition and REDD+ in Colombia: Challenges to reducing deforestation in the Amazon. *Forest Policy and Economics*, 127.
- Tobón Ramírez, C., Zamora Ávila, D., Macias, M. Á., & Youkhana, E. (2021). *Working Paper 210 Deforestation in Tinigua National Natural Park: Socio-environmental consequences of the*
- UNILLANOS. (2005). Diagnóstico General del Meta. Centro de extensión académica facultad de artes Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- Velásquez, A., Durán, M. M., Mafla, J. M., Giraldo Ossa, C., & Hiles, X. (2009). El Niño y La Niña. Atlas de Las Dinámicas Del Territorio Andino: Población Y Bienes Expuestos a Amenazas Naturales., 150–155.
- Wang, C., & Myint, S. W. (2016). Environmental concerns of deforestation in myanmar 2001-2010. *Remote Sensing*, 8(9).
- ZERDA H. 2005. Percepción remota y SIG en la planificación y la gestión ambiental. En: Santiago del Estero: una mirada ambiental. Giannuzo A. y Ludueña M. (comp.), págs. 333-354. Ed. Universidad Nacional de Santiago del Estero, Santiago del Estero, Argentina.
- <https://es.slideshare.net/FundacionBancoSantander/criterios-de-restauracin-zonas-incendiadas>
<https://doi.org/10.4067/S0718-34022013000300012>



Universidad[®]
Católica
de Manizales

VIGILADA MINEDUCACIÓN

*Obra de Iglesia
de la Congregación*



Hermanas de la Caridad
Dominicas de La Presentación
de la Santísima Virgen

Universidad Católica de Manizales
Carrera 23 # 60-63 Av. Santander / Manizales - Colombia
PBX (6)8 93 30 50 - www.ucm.edu.co