



**Análisis de la dinámica de deforestación en el departamento del Guaviare  
(Colombia) entre los años 2014 y 2018.**

**Paula Alejandra Vásquez López**

**Universidad Antonio Nariño  
Especialización en Sistemas de Información Geográfica  
Facultad de Ingeniería Ambiental y Civil  
Bogotá D.C., Colombia**

**2023**



**Análisis de la dinámica de deforestación en el departamento del Guaviare  
(Colombia) entre los años 2014 -2018.**

**Paula Alejandra Vásquez López**

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:  
**Especialista en Sistemas de Información Geográfica.**

Director:

**Andrés Felipe Carvajal Vanegas, Dr.**

**Universidad Antonio Nariño**

**Especialización en Sistemas de Información Geográfica**

**Facultad de Ingeniería Ambiental y Civil**

**Bogotá D.C., Colombia**

**2023**



## Contenido

<b>Resumen.....</b>	<b>13</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>15</b>
<b>Objetivos .....</b>	<b>18</b>
<b>1.1 General .....</b>	<b>18</b>
<b>1.2 Especificaciones .....</b>	<b>18</b>
<b>Marco teórico y estado del conocimiento.....</b>	<b>19</b>
<b>1.3 Teledetección.....</b>	<b>19</b>
<b>1.4 Análisis de cambios a través de la teledetección .....</b>	<b>20</b>
<b>1.5 Técnicas para detección de cambios .....</b>	<b>21</b>
<b>1.6 La deforestación a nivel mundial.....</b>	<b>21</b>
<b>1.7 La deforestación en América Latina y Colombia.....</b>	<b>23</b>
<b>1.8 Acuerdo de paz entre Colombia y las FARC EP: Deforestación.....</b>	<b>25</b>
<b>Estado del conocimiento .....</b>	<b>26</b>
<b>Metodología .....</b>	<b>29</b>
<b>Área de estudio .....</b>	<b>29</b>
<b>Fuentes de Información.....</b>	<b>30</b>
<b>Técnicas de análisis .....</b>	<b>32</b>
<i>Alistamiento y Depuración de Información.....</i>	<i>33</i>
<i>Determinación de los polígonos de áreas deforestadas.....</i>	<i>34</i>
<i>Evaluación de la relación de los polígonos de Áreas Deforestadas.....</i>	<i>35</i>
<i>Tasa de deforestación.....</i>	<i>38</i>
<b>Resultados y Discusión.....</b>	<b>39</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>48</b>
<b>Referencias Bibliográficas.....</b>	<b>50</b>



## Lista de figuras

	<b>Pág.</b>
Figura 1 Tasa anual de expansión del bosque y deforestación, 1990-2020 Fuente: (FAO, 2021) .....	22
Figura 2 Distribución de la pérdida de bosque tropical en latino América y el caribe, Fuente: adaptado de (Dummett & Blundell, 2021).....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 3. Ubicación geográfica departamento del Guaviare Fuente: Propia .....	30
Figura 4 Área mapa de cambio de bosque no bosque Colombia 2015 -2016.....	33
Figura 5 Mapa Polígonos sin Información 2014-2018. ....	34
Figura 6 Áreas de deforestación 2014-2015, Municipio del Guaviare, Colombia. ....	35
Figura 7 Tabla de datos periodos 2016-2018, municipio del Guaviare. Fuente: Propia ....	37
Figura 8 Entorno de desarrollo R Studio, municipio del Guaviare. Fuente: Propia .....	37
Figura 9 Áreas de deforestación 2014-2015, Municipio del Guaviare, Colombia. ....	39
Figura 10 Áreas de deforestación 2015-2016, Municipio del Guaviare, Colombia. Fuente: Propia .....	40
Figura 11 Áreas de deforestación 2016-2017, Municipio del Guaviare, Colombia. Fuente: Propia .....	40
Figura 12 Áreas de deforestación 2017-2018, Municipio del Guaviare, Colombia. ....	41
Figura 13 Figura de deforestación entre 2014-2018 en el departamento del Guaviare. Fuente: Propia. ....	43
Figura 14 Deforestación pre y pos-acuerdo de paz en el departamento del Guaviare.....	44
Figura 15 Resultado Test de Mann- Whitney-Wilcoxon en R Studio. ....	45
Figura 16 Gráfica de tasa de deforestación entre 2015-2018 en el departamento del Guaviare. Fuente: Propia .....	46

## Lista de tablas

	<b>Pág.</b>
Tabla 1 Estructura del mapa de cambio en la cobertura de bosque entre dos periodos.....	32
Tabla 2 Deforestación entre 2014-2018 en el departamento del Guaviare.....	42
Tabla 3 Tasa de deforestación entre 2015-2018 en el departamento del Guaviare. ....	45



## **Resumen**

El presente análisis de cambio de cobertura de bosque presente en la en él are geográfica del departamento del Guaviare, Colombia, a través de un análisis multitemporal de la deforestación dos años antes y dos años después de la firma del acuerdo final para la paz suscrito en el año 2016 entre la guerrilla de las FARC EP y el Estado Colombiano, 2014 – 2018, que identifica las hectáreas y áreas en polígonos deforestadas en el departamento. Estos datos fueron obtenidos de la información oficial del IDEAM, la metodología utilizada para su análisis fue el cálculo de la tasa de deforestación anual, mapas de deforestación para los años de estudio y el cálculo de la relación estadística de los polígonos de deforestación en los años pre y posacuerdo de paz, arrojando así que para los años 2016-2018 fueron deforestadas 71.957 hectáreas de bosque en la zona, lo que representa un aumento en la tasa de deforestación del 348% con respecto a los años 2014-2016, estas cifras demuestran que múltiples factores como la falta de control estatal, cambios de usos del suelo como ganadería, cultivos ilegales pueden llegar a ser factores determinantes en las tasa de deforestación en Colombia.

Palabras clave: Cambios de coberturas y usos del suelo, Deforestación, Departamento del Guaviare, Región de la Amazonia.

## ABSTRACT

The present analysis of forest cover change present in the geographical area of the department of Guaviare, Colombia, through a multitemporal analysis of deforestation two years before and two years after the signing of the final peace agreement signed in the year 2016 between the guerrilla of the FARC EP and the Colombian State, 2014 - 2018, which identifies the hectares and areas in deforested polygons in the department. These data were obtained from the official information of IDEAM, the methodology used for its analysis was the calculation of the annual deforestation rate, deforestation maps for the years of study and the calculation of the statistical relationship of the deforestation polygons in the years before and after the peace agreement, showing that for the years 2016-2018, 71,957 hectares of forest were deforested in the area, which represents an increase in the deforestation rate of 348% compared to the years 2014-2016, these figures show that multiple factors such as the lack of state control, changes in land use such as livestock, illegal crops can become determining factors in the rate of deforestation in Colombia.

Keywords: Overages and land uses, Deforestation, Guaviare Department, Amazon Region.

## Introducción

La república de Colombia hacia el año 2016 da el gran paso para la construcción y reparación del territorio colombiano, a la firma del acuerdo para la finalización del conflicto y la edificación de una paz estable y duradera, entre las Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia - Ejército del pueblo (FARC – EP) y el gobierno de Colombia, con la finalidad de acabar con los 50 años de conflicto armado con este grupo. Este acuerdo se compone de grandes medidas que buscan atacar los problemas relacionados con la reivindicación y protección a las víctimas, el narcotráfico, medidas de protección al agro en Colombia, y la protección del mismo acuerdo por medio de normas y lineamientos que garanticen su cumplimiento, entre estas grandes medidas se encuentra el punto número uno (1) llamado “Hacia un nuevo campo colombiano: Reforma Rural integral” del cual, uno de sus objetivos es el cierre de fronteras agrícolas y la conservación de las zonas de reserva ambiental, para la delimitación de la frontera agrícola, protección de las áreas de manejo especial o de especial interés, priorizando con esto la protección de la biodiversidad de la nación. (Poder Legislativo, 2016)

“Colombia, a nivel mundial, se encuentra entre los dos países con mayor manifestación de la variabilidad de la biológica expresada en todos sus niveles.” (Rangel, 2005) Colombia cuenta con una extensa variedad de fauna y flora, las cuales habitan dentro los diversos ecosistemas que componen su área territorial, La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) afirma que “los ecosistemas forestales reúnen mayoritariamente la biodiversidad terrestre en el mundo, y particularmente el ecosistema de bosques primario que contiene especies exclusivas” (FAO y PNUMA, 2020).

El 52 % del territorio colombiano se encuentra cubierto por bosque natural, siendo la región de la Amazonia la de mayor cobertura geográfica con el 66% (IDEAM,2020). Sin embargo, la cobertura forestal se ha venido reduciendo exponencialmente debido a la deforestación y los cambios no controlados del uso del suelo, los principales problemas radican en que el cambio del uso del suelo no suele derivar, en todos los casos, de procesos para la asignación de recursos eficientes a las poblaciones circundantes a los bosques, según (Garcia, 2012), si no, obedecen a la extracción de recursos y servicios sin ningún control estatal; a raíz de esto el gobierno nacional a través del CONPES 4021 firmado en el año 2020, consolidó los lineamientos y demás reglamentos para la protección de los ecosistemas forestales en Colombia siendo así la base para la construcción de políticas públicas departamentales y sectoriales que protejan los ecosistemas forestales.

Con el fin de calcular cuál ha sido la dinámica de la cobertura de los bosques en el mundo se creó el proyecto Reducing emissions from deforestation and forest degradation (REDD), que designa a cada país la conformación de lineamientos y capacidades para la medición de las emisiones generadas por la deforestación junto con sus niveles de referencia propios (IDEAM, 2011) por esto el gobierno nacional en cabeza del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) generaron el protocolo para la cuantificación de la deforestación en Colombia a través de procesamiento digital de imágenes, a partir de esto el IDEAM dispone de manera periódica los datos adquiridos del monitoreo de los cambios relacionados con la superficie de bosque natural a través de los mapas cambio de bosque desde el año 2014 con periodicidad anual.

El área de estudio comprende el departamento del Guaviare, ubicado dentro de la región amazónica donde se encuentra el área de bosque que representa el porcentaje más

alto dentro del territorio nacional. El presente documento busca cuantificar el área precedente de la dinámica del cambio de la cobertura del bosque con respecto a la firma del acuerdo de paz y los compromisos adquiridos en materia de protección a los ecosistemas forestales a su firma, y el CONPES 4021 en materia de deforestación entre los años 2014-2018 en el departamento del Guaviare, a través del análisis multitemporal de los mapas cambio de Bosque del área de estudio producidos por el IDEAM, para identificar las áreas en hectáreas de los polígonos que cubren la cobertura de bosque y su presentación a partir de gráficas, indicadores y mapas que muestren los resultados obtenidos.

## **Objetivos**

### **General**

Analizar el cambio de la cobertura de bosque natural en el departamento del Guaviare (Colombia) entre los años 2014 y 2018, antes y después de la firma del acuerdo de paz con las FARC-EP.

### **Específicos**

- Identificar el cambio de la cobertura de bosque natural durante el periodo comprendido entre los años 2014 y 2018 en el departamento de Guaviare.
- Analizar las tasas de deforestación antes y después de la firma del Acuerdo Final para la Terminación del Conflicto y la Construcción de una Paz Estable y Duradera.

## **Marco teórico y estado del conocimiento**

### **1.1 Teledetección**

Según (Sacristan, 2007) la teledetección de recursos naturales está basada en la adquisición de datos por medio de metodologías y herramientas que ayudan a la captura de los mismos a grandes distancias, al utilizar instrumentos que operan desde la biosfera a partir de radares electromagnéticos y la interpretación de los datos por medio de la interacción de estos con la composición de los elementos sobre la superficie, debido a que estos cuentan con una respuesta espectral característica llamada firma espectral. La teledetección no solo ayuda a encontrar esas interacciones propias de los elementos o recursos terrestres si no también obtiene información de los fenómenos o cambios por los que estos están atravesando

Los dispositivos que se componen de sensores remotos se encuentran adheridos a satélites y se caracterizan por detectar generalmente la energía que se encuentran dentro del Espectro Electromagnético obtenida a partir de la emisión y reflexión de la radiación electromagnética propia de los elementos terrestres, su fuente de energía predominante es la emitida por el sol (natural), pero algunos sensores cuentan con su propia fuente de energía (artificial), y los datos son recolectados en formatos fotográficos o digitales los cuales están sujetos a procesamiento digital, para la obtención de información básica y temática de acuerdo con la necesidad del usuario (Xiuping & Richards, 2006)

## **1.2 Análisis de cambios a través de la teledetección**

Los análisis de cambios a través de la teledetección suelen ser utilizados de manera destacada en el estudio del medio ambiente por su capacidad para seguir procesos dinámicos, como dice (Chuvienco, 1998), esto debido a las características propias del sensor , el cual tiene como objetivo observar la tierra de forma orbital de una manera estable y cíclica, pero este tipo de estudios están limitados a la duración de los ciclos orbitales de los sensores ópticos y a la cobertura de nubosidad en la zona ya sea por fenómenos naturales o temporadas del año,

Los estudios medioambientales han utilizado técnicas de teledetección los cuales están determinados por las variaciones temporales, para esto se hace necesario la identificación de la variación de las coberturas terrestres y fenómenos, para así garantizar una mayor precisión de la dinámica de la zona objeto de estudio. El análisis de los acontecimientos ayuda a esclarecer “los sucesos esporádicos como suelen ser las erupciones e incendios, de procesos continuos como la deforestación, que puede ser causada por sucesos naturales como inundaciones o directamente por la actividad humana, su ciclo suele ser variado, con temporalidades desde horas hasta meses o años” como menciona (Chuvienco, 1998).

Los estudios de teledetección están enmarcados en el análisis temporal de diferentes acontecimientos como los mencionados anteriormente, en estos lo que se busca es la determinación de patrones temporales o estacionarios a partir de los ciclos biológicos ya determinados para el fenómeno, estos estudios temporales se deben caracterizar por suceder en periodos de tiempo continuos que sean fieles a las referencias de los ciclos documentados.

### **Técnicas para detección de cambios**

Las técnicas utilizadas para la detección de cambios sobre áreas de estudios particulares, varían de acuerdo a las necesidades propias de la problemática a resolver, es decir que las técnicas suelen ser variables y puede combinar una serie de metodologías que lleguen a la interpretación favorable del fenómeno, según (Chuvienco, 1998) estas técnicas se dividen en dos, una es a partir de imágenes satelitales y la otra a partir de los subproductos derivados de ellas, en la primera se aplican diferentes variables para la evaluación de los posibles cambios y en la segunda se comparan imágenes previamente calificadas, mediante cruces de información, el autor nombra cuatro tipos de técnicas como lo son: Composiciones temporales las cuales se basan en generar una composición a base de colores por imágenes satelitales de diferentes épocas, diferencia o cociente entre imágenes, la cual consiste en la comparación aritmética de la composición de bandas que cuentan con características similares pero con temporalidades diferentes, componentes principales esta técnica se basa en la homogenizar la información a partir de la depuración de la información con características similares y por ultimo vectores multitemporales la cual estudia el cambio de los vectores que componen una imagen, estos cambios de vectores son interpretados como cambios espectrales.

### **La deforestación a nivel mundial.**

LA FAO define la deforestación como el cambio del tipo de uso del suelo el cual originalmente era de tipo bosque, estos cambios de uso pueden estar relacionados con actividades agropecuarias y de construcción o fenómenos meteorológicos, que pueden ser o no independientes del hombre, es el caso de los sucesos acontecidos para el año 2015 donde

más de 98 millones de hectáreas fueron consumidas por los incendios forestales en las áreas tropicales de América latina y África o la expansión de la frontera agrícola y demás acciones del hombre, la FAO señala que la deforestación ha tomado alrededor de 420 millones de hectáreas de bosque desde el año 1990, según el informe (FAO, 2021).

Dentro del informe para el año 2021 la FAO revela las cifras del monitoreo periódico de los cambios de tipo de uso del bosque a nivel mundial desde el año 1990, arrojando así la cantidad de 16 millones de hectáreas entre los años 1990-2000, 15 millones de hectáreas entre el 2000 y 2010, 15 millones de hectáreas entre el 2010 y 2015, 12 millones de hectáreas entre el 2000 y 2010 y 10 millones de hectáreas entre el 2015 y 2020, obteniendo esta información del resultado de la suma de deforestación, la cual es representada en valores negativos, y la reforestación en los periodos mencionados, con el fin de determinar la tasa anual de expansión del bosque y deforestación desde 1990 y 2020.(Figura 1)



Figura 1 Tasa anual de expansión del bosque y deforestación, 1990-2020  
Fuente: (FAO, 2021)

Con lo anterior se logra resaltar que la tasa de deforestación a nivel mundial se encuentra en declive, pero esto también evidencia que el bosque a nivel mundial sigue reduciéndose, solo que de una manera desacelerada, las pactos internacionales, como el COP26<sup>1</sup> celebrado en Glasgow a finales del año 2021, los objetivos del desarrollo sostenible de las Naciones Unidas y demás políticas nacionales en pro de la reducción de la deforestación han rendido resultados positivos, pero aún no los necesarios para detener la degradación de las reservas de bosques naturales en el planeta.

### **La deforestación en América Latina y Colombia.**

Las reservas de bosque en América Latina y África se encuentran entre las más altas tasas de degradación comparadas con los demás continentes, según la (FAO, 2021), representando América Latina más del 40% de la deforestación total a nivel mundial, la organización internacional sin fines de lucro Forest Trends, abanderada de la lucha en contra de la deforestación a nivel mundial, concluyó en su estudio que 34 millones de hectáreas entre los años 2013 y 2019, fueron deforestadas, siendo las reservas de bosque de Brasil las más afectadas con 20.4 millones de hectáreas seguida de Bolivia con 2,5 millones de hectáreas y Colombia con 1,8 millones de hectáreas, (Figura 2), así mismo se determinó que los principales factores son la ilegalidad, violaciones de áreas de protección forestal, la impunidad y falta de presencia institucional en estas zonas, menciona en el artículo (Dummett & Blundell, 2021).

---

<sup>1</sup> COP26 - Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático 2021



Figura 2 Distribución de la pérdida de bosque tropical en latino América y el caribe,  
Fuente: adaptado de (Dummett & Blundell, 2021)

Colombia señala la ONG Forest Temp, (Dummett & Blundell, 2021), es el tercer país en América latina con más degradación del bosque tropical, con 1.8 millones de hectáreas durante el estudio, siendo la región del amazonas la que más se ha visto afectada con un 68 por ciento en el año 2020, este incremento se ha visto reflejado en las áreas que anteriormente eran ocupadas por el grupo al margen de la ley FARC EP, el IDEAM en el boletín de detección temprana de deforestación del año 2020, evidencio que el cambio de uso es mayoritariamente a actividades pecuarias como la ganadería (IDEAM, 2020) la implementación de los acuerdos de paz entre el gobierno nacional y las FARC EP, han evidenciado la falta de planes de acción y de control en las zonas anteriormente controladas por el grupo al margen de la ley, así mismo la ganadería extensiva va ampliando sus áreas de producción en zonas de conservación ambiental de manera ilegal, de acuerdo a esto el gobierno colombiano se ha comprometió en la cumbre climática en Glasgow. COP 26 de

que la cifra de deforestación en Colombia va a ser cero en el año 2030 y a su vez, en cabeza del ministerio de ambiente y desarrollo sostenible estableció el objetivo de la reducción y contención de la deforestación en Colombia en un 30% para el año 2022, (DNP, 2018).

### **Acuerdo de paz entre Colombia y las FARC EP: Deforestación.**

En el año 2016 es firmado el acuerdo de paz entre el gobierno de Colombia y las FARC EP, el cual se compone por una serie de puntos y acuerdos bilaterales garantizando así el cese al fuego en el territorio colombiano, entre estos acuerdos se encuentra el primer punto llamado “Hacia un nuevo campo colombiano: Reforma Rural integral ” Dentro de este se habla del cierre de fronteras agrícolas y protección de zonas de reserva y manejo especial que favorezcan la protección y conservación de la biodiversidad Colombiana. (Poder Legislativo, 2016).

Pero el panorama ha sido diferente al pactado en el acuerdo según el informe ‘Bosques caídos: deforestación y conflicto en Colombia’ publicado por la organización Internacional crisis Group (ICG), (International Crisis Group, 2021), menciona que la retirada del grupo armado de las zonas rurales del país trajo consigo el control por la fuerza de otros grupos armados ilegales, los cuales establecieron en las zonas para el desarrollo de cultivos, minería, ganadería de manera ilegal o apoyados por grandes industrias, todo esto potencializado con el abandono de organismos de control y entidades nacionales encargadas del control de la zona, ha traído las altas tasas de deforestación registradas por las ONG.

### **Estado del conocimiento**

España, (Martinez del Castillo, García- Martín, Longares Aladren, & de Luis, 2015) realizaron la evaluación de la cobertura vegetal resultado del análisis espacio y temporal de los cambios en el bosque delimitado por el parque natural Moncayo en España, en el periodo de tiempo de 1987 al 2010, para el estudio fueron utilizadas imágenes provenientes del satélite landsat 8 y las técnicas de teledetección y clasificación de coberturas , el resultado de la evaluación permitió la obtención de nueve tipos de coberturas que arrojaron como resultado el aumento de la diversidad espacial del área proveniente de la fragmentación del bosque, la expansión forestal de especies nativas de robles y hayedos y la disminución de especies foráneas como los pinares.

Congo, ( Mayaux, y otros, 2012) determinaron el cambio de cobertura derivado de la deforestación, reforestación, degradación y regeneración del área que comprende la cuenca del Congo, para esto fueron tomados datos provenientes de 547 sitios de muestreos que cubren el área de la cuenca, constituido por 6 países de África central, para esto se usaron métodos de procesamiento e interpretación de imágenes provenientes del satélite landsat 8, acompañados de cálculos estadísticos logrando así los cálculos de la tasa anual para el periodo de 1990 y 2000 de deforestación en 0.09%, degradación 0.05% y entre 2000 y 2005 0,17%, degradación 0,09% respectivamente.

México, (Preciado, y otros, 2017) realizó el estudio del cambio de cobertura y uso en las cuencas de arroyo seco y maría García del pacifico central mexicano para los años 1971, 1996 y 2014, a partir de las ortofotos entregadas por Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y el sensor SPOT 7, la interpretación de los fue por medio del cálculo

de las tasas de cambio de cobertura, los resultados de pérdida de bosque tropical para arroyo seco fueron de 4400 ha y María García de 7100 ha entre los periodos estudiados.

Costa Rica, (Tapia-Arenas, 2016) en la provincia de guanacaste determino el porcentaje de deforestación o pérdida de bosque, mediante técnicas de teledetección atravez de imágenes satelitales provenientes del satélite Landsat 8 y del cálculo de deforestación para su posterior análisis de la dinámica entre los años 2005 y 2015, determinado así que la cobertura de bosque hacia el año 2005 fue de un 51% y 59.8% hacia el año 2015, lo que se interpretó como un aumento en el área de bosque, evidenciando así el éxito en las políticas y desarrollo sustentable, esto debido a el fenómeno de aumento del sector turístico eco amigable y la desaceleración de las actividades ganaderas en el área de estudio.

Colombia, (Tiria Forero, J, & Bonilla Castillo, 2018) caracterizo los cambios de la cobertura vegetal en la zona que delimita la vía la Tagua- Puerto Leguizamo en el departamento del putumayo, Colombia, y las afectaciones derivadas del calentamiento global, este estudio tiene en cuenta el contexto histórico y el área de cobertura transformada entre los años 2002 y 2016 a través de imágenes del Satélite Landsat 8, los resultados arrojaron que el cambio de cobertura de bosque a pasturas para ganadería está emitiendo anualmente un total de 342.240.04 toneladas de CO<sub>2</sub>, producidos por la quema de la madera entrada, debido a que esta no es potencialmente comerciable y el intercambio de gases entre la atmosfera y la biosfera.

Colombia, (Forero & Francisco, 2021) realizaron el análisis de la deforestación en la macarena antes y después de los acuerdos de paz, el área de estudio fue el Área de Manejo Especial de la Macarena – AMEM en los periodos de tiempo 2015-2018, ellos determinaron la tasa de deforestación y demás información por medio de encuestas, en esta determinaron

que el incremento de deforestación del Parque Nacional Natural – PNN Tinigua dentro del área de AMEM fue de un 1176.1%, esto debido a diferentes factores como la ausencia de entidades estatales en la zona, los rezagos de la violencia entre otras.

## **Metodología**

### **Área de estudio**

El departamento del Guaviare en la república de Colombia se encuentra ubicado entre la región de la Orinoquia y la Amazonia, (Figura 3) compuesto por 5,5 millones de hectáreas (IGAC, 2016), que se componen de grandes planicies y selva tropical, entre esta transición se encuentran diversos tipos de paisajes como lo menciona el (IGAC, 2016) compuestos por siete tipos como lo son; planicie aluvial, valle aluvial, Altillanura, lomerío estructural, lomerío erosional, macizo y peniplanicie, cuenta con las cuencas hidrográficas del río Orinoco y del río Amazonas, a su vez es alimentado y sus vías fluviales son los afluentes del Río Guaviare, Río Inírida y Río Vaupés; el departamento del Guaviare es compuesto por cuatro municipios como lo son San José del Guaviare, Calamar, El Retorno y Miraflores, los cuales albergan a 117.494 habitantes, de los cuales se ubican 71.293 habitantes en cabeceras municipales (DANE, 2018).

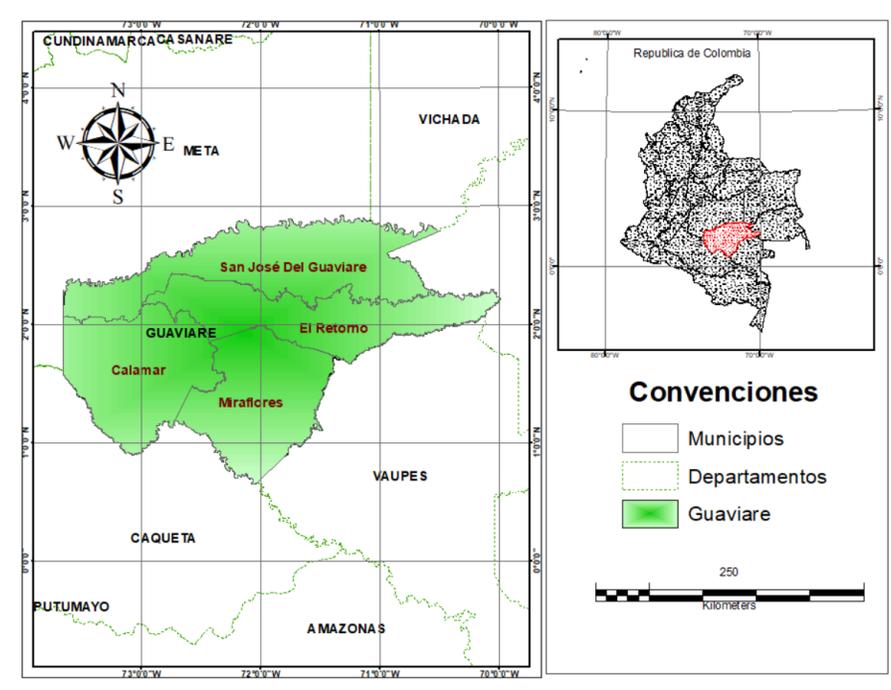


Figura 3. Ubicación geográfica departamento del Guaviare

Fuente: Propia

### Fuentes de Información.

El IDEAM cuenta con el portal datos abiertos geográficos<sup>2</sup> el cual permite el descargue de la información oficial y de uso público en custodia de la entidad, en este se encuentra publica la información de los mapas de cambio de cobertura de bosque no bosque para los periodos comprendidos entre 2014-2015, 2016-2017, 2017-2018, 2018-2019 en el departamento del Guaviare, estos mapas se encuentran disponibles en el formato de intercambio TIFF (Tagged Image File Format) y son generados de los datos provenientes del monitoreo anual en donde es cuantifica la diferencia o balance neto de la superficie de

<sup>2</sup> Geo portal IDEAM: <http://www.ideam.gov.co/geoportal>

bosque regenerado y deforestado, esta información es generada por el IDEAM de manera anual por medio del procesamiento digital semiautomatizado de sensores remotos de mediana resolución, como lo explica el protocolo de procesamiento digital de imágenes para la cuantificación de la deforestación en Colombia, nivel nacional escala gruesa y fina escrito por (Galindo , Espejo , Rubiano , Vergara , & Cabrera, 2014)

La elaboración del mapa de cambios de la cobertura de bosque no bosque el IDEAM aplica la metodología descrita en el “ Protocolo para la cuantificación de la deforestación a nivel nacional” de (Galindo , Espejo , Rubiano , Vergara , & Cabrera, 2014) para dos periodos de tiempo continuos, aplicando las herramientas de operaciones entre mapas para recursos tipo ráster se obtiene el mapa con los cambios de coberturas tipo bosque resultante de la sobrexposición de las temáticas de cobertura Bosque/No Bosque (Tabla 1). El mapa resultante de cambio de bosque para dos periodos continuos es clasificado y entregado al público en formato tipo ráster con una cobertura total del territorio nacional.

*Tabla 1*

Estructura del mapa de cambio en la cobertura de bosque entre dos periodos

<i>. Clase</i>	<i>Mapa Cobertura 1</i>	<i>Mapa Cobertura 1</i>
<i>1 Bosque estable</i>	<i>1 Bosque</i>	<i>1 Bosque</i>
<i>2 Deforestación</i>	<i>1 Bosque</i>	<i>2 No Bosque</i>
<i>3 Sin Información</i>	<i>1 Bosque</i>	<i>3 Sin Información</i>
<i>4 Regeneración</i>	<i>2 No Bosque</i>	<i>1 Bosque</i>
<i>5 No Bosque estable</i>	<i>2 No Bosque</i>	<i>2 No Bosque</i>
<i>6 Sin Información</i>	<i>2 No Bosque</i>	<i>3 Sin Información</i>
<i>7 Sin Información</i>	<i>2 Sin Información</i>	<i>1 Bosque</i>
<i>8 Sin Información</i>	<i>3 Sin Información</i>	<i>2 No Bosque</i>
<i>9 Sin Información</i>	<i>3 Sin Información</i>	<i>3 Sin Información</i>

Nota: Protocolo de procesamiento digital de imágenes para la cuantificación de la deforestación en Colombia. Fuente: de (Galindo , Espejo , Rubiano , Vergara , & Cabrera, 2014)

### **Técnicas de análisis**

Las técnicas de análisis de la información presentadas en este documento se realizaron a partir del alistamiento y depuración de la información con respecto al área de estudio, y el análisis de la pérdida de bosque en el departamento del Guaviare en los dos años anteriores y posteriores a la firma del acuerdo de paz entre las FARC-EP y el Gobierno de Colombia, 2016.

### *Alistamiento y Depuración de Información.*

El IDEAM hace entrega de los mapas de cambio de Bosque No Bosque para dos periodos continuos, garantizando la cobertura total del territorio colombiano, razón por la cual es necesaria la depuración de los elementos que se encuentran fuera del área de estudio, es decir, el límite territorial oficial del departamento del Guaviare, con la herramienta de información geográfica ArcGis 10.8, se genera el recorte de las imágenes tipo ráster de los periodos comprendidos para el estudio, con referencia al polígono que representa el área territorial departamental, (Figura 2), generando el recorte final de acuerdo al área para el mapa de cambio de bosque no bosque Colombia 2015 -2016.

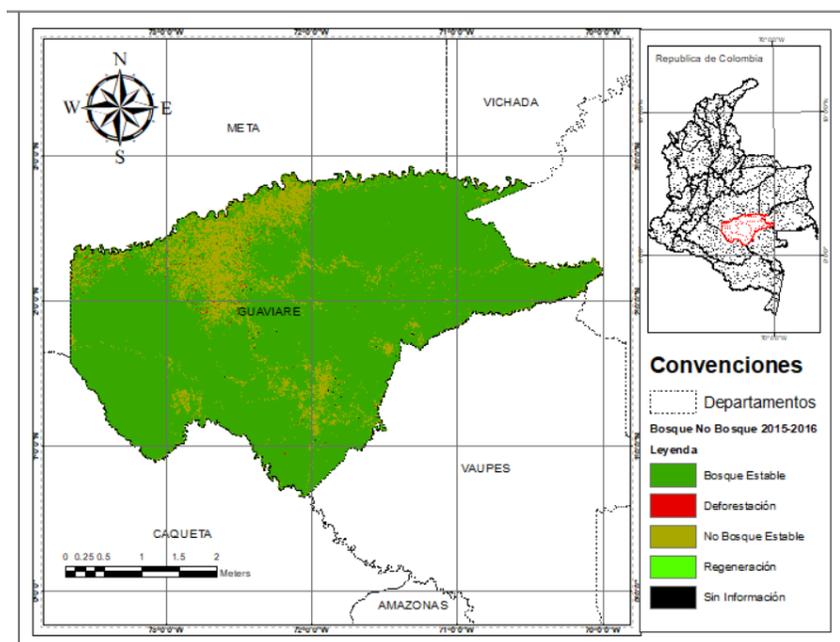


Figura 4 Área mapa de cambio de bosque no bosque Colombia 2015 -2016

Fuente: Propia.

En el proceso de depuración de la información se homogenizaron las condiciones cualitativas de las imágenes ráster a utilizar, con el fin de reducir la incertidumbre y

garantizar la estandarización de la información geográfica, para esto se extrajeron y se agruparon (unieron) los polígonos de las áreas categorizadas como “sin información”, a través de la herramienta SIG, esto con el fin de estimar e identificar el área total sin información que se genera desde el año 2014 al año 2018 (Figura 4). Una vez obtenidos los polígonos sin información se procedió a realizar el recorte de estas áreas en las imágenes ráster, para que estos no fueran tenidos en cuenta en el proceso de análisis de la información.

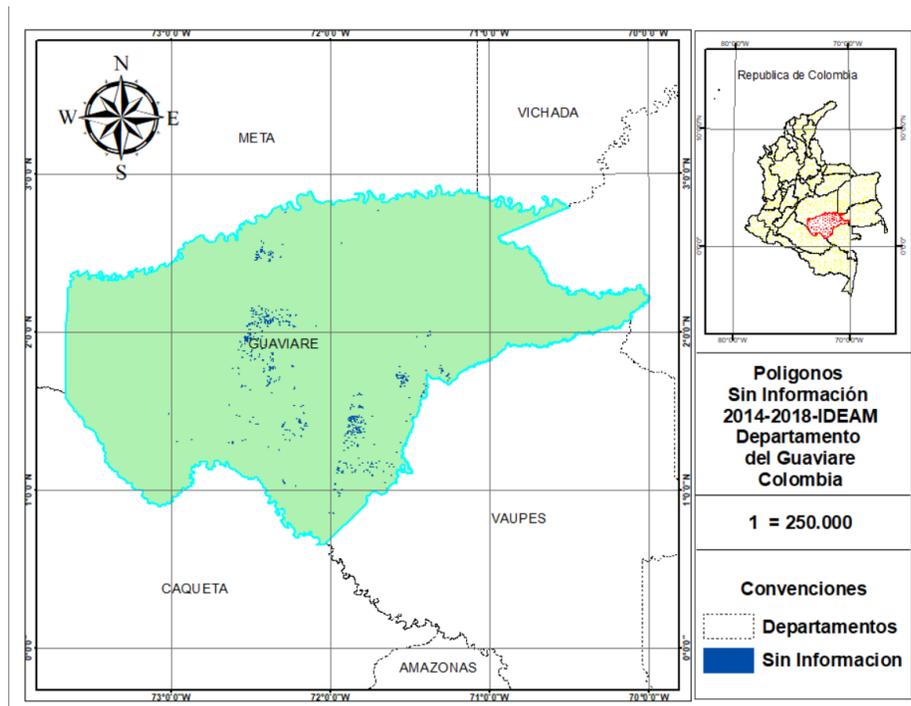


Figura 5 Mapa Polígonos sin Información 2014-2018.

Fuente: Propia

### *Determinación de los polígonos de áreas deforestadas.*

La determinación de los polígonos de deforestación, se realizó a partir de la extracción de los polígonos tipo deforestación por cada periodo de tiempo, objeto de este estudio, esto con el fin de determinar el número de polígonos y el área total de pérdida de bosque por

periodo de tiempo, esta inspección visual se realiza a partir de la extracción de los polígonos tipo bosque fue construida la cartografía por periodo de tiempo, esta con el fin de que sea reflejada la densidad de los polígonos de deforestación (Figura 6).

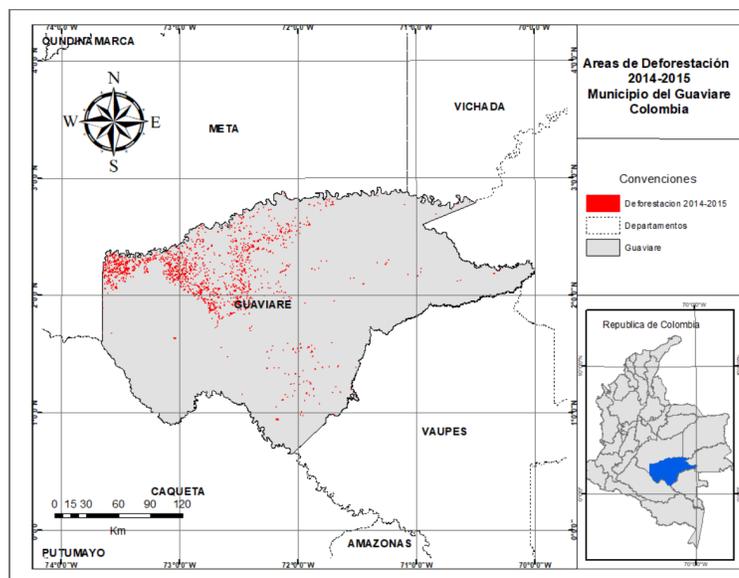


Figura 6 Áreas de deforestación 2014-2015, Departamento del Guaviare, Colombia.

Fuente: Propia

### ***Evaluación de la relación de los polígonos de Áreas Deforestadas.***

El proceso de análisis de los cambios de cobertura de bosque, para este caso por la pérdida de bosque, se realizó a través de la búsqueda de la relación estadística de las áreas de los polígonos de deforestación entre los años 2016-2017 y 2017-2018, debido a que los datos obtenidos representan muestras independientes pero provienen de la misma población, fue utilizado el método no paramétrico de Man Whitney , el cual es usado para comparar dos variables independientes, está permitiendo así determinar si hay o no diferencia en las en las medianas entre los grupos (Juarez, Sotres, & Matuszewski, 2001) y así poder

contrastar los resultados obtenidos del proceso de visualización de las comparaciones por los periodos estudiados, la siguiente ecuación define el método de Man - Whitney.

$$U_1 = n_1 n_{2+} \frac{n_1 (n_1 + 1)}{2} - \Sigma R_1$$

$$U_2 = n_1 n_{2+} \frac{n_2 (n_2 + 1)}{2} - \Sigma R_2$$

$$U = \min ( U_1 : U_2 )$$

Donde

$U_1$ : Numero de Observaciones

$n_1$ : Tamaño de muestra 1.

$n_2$ : Tamaño de muestra 2.

$R_1$ : Suma del Rango 1.

$R_2$ : Suma del Rango 2.

El cálculo de la prueba de Man – Whitney para el periodo comprendido 2016 y 2018, se obtuvo la información del área de los polígonos individualmente, el cálculo del test se hizo en el entorno de desarrollo del lenguaje R en RStudio, el cual solicita la información en el formato delimitado por comas (csv), este archivo comprendía los datos de los dos periodos 2016-2017 y 2017-2018, (Figura 7).



### *Tasa de deforestación.*

Para el cálculo de la tasa de deforestación por periodos de análisis, se utilizó la metodología del cálculo de tasa de deforestación indicada a nivel nacional por el IDEAM, que corresponde con la ecuación (IDEAM, IAvH, SINCHI, IIAP, INVEMAR, 2002)

$$TMAD = \frac{(AB_1 - AB_2)}{n}$$

Donde:

*TMAD* : Tasa promedio anual de deforestación.

*AB*<sub>1</sub>: Área bosque Momento 1

*AB*<sub>2</sub>: Área bosque Momento 2.

*n*: Diferencia entre los tiempos t1 y t2.

## Resultados y Discusión.

El análisis de la deforestación antes y después de la firma de los acuerdos de paz entre el gobierno colombiano y la guerrilla de las FARC EP en los periodos comprendidos entre el año 2014 y 2018, de acuerdo a la información oficial obtenida del geoportal IDEAM a través de sus mapas de cambio de bosque no bosque, estos resultados fueron comparados de manera visual a partir de la cartografías que contienen los polígonos de deforestación para los periodos comprendidos entre 2014-2015, (Figura 9), 2015-2016, (Figura 10), 2016-2017, (Figura 11), 2017-2018, (Figura 12).

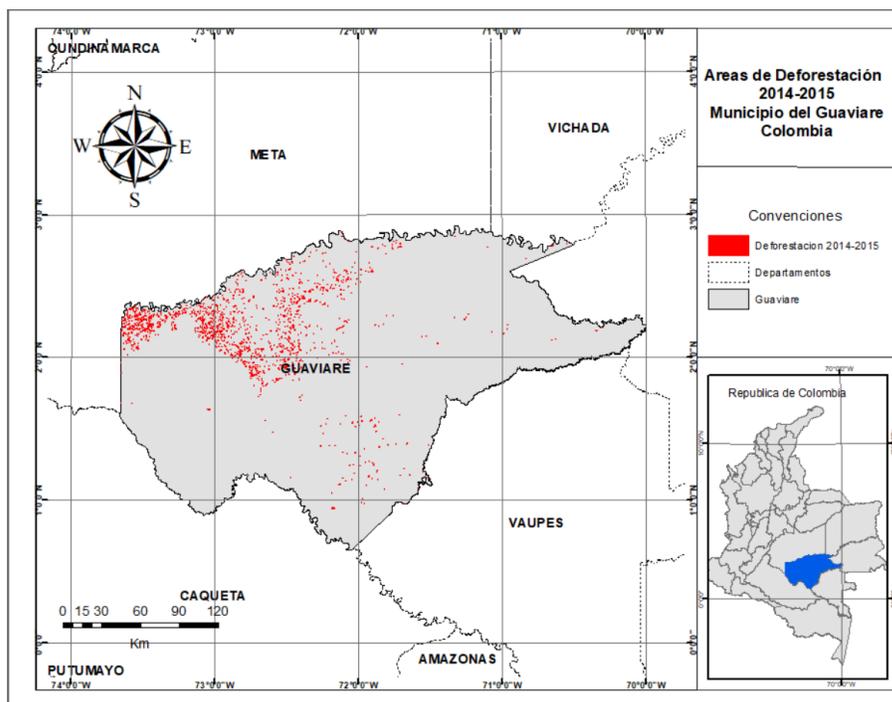


Figura 9 Áreas de deforestación 2014-2015, Departamento del Guaviare, Colombia.

Fuente: Propia

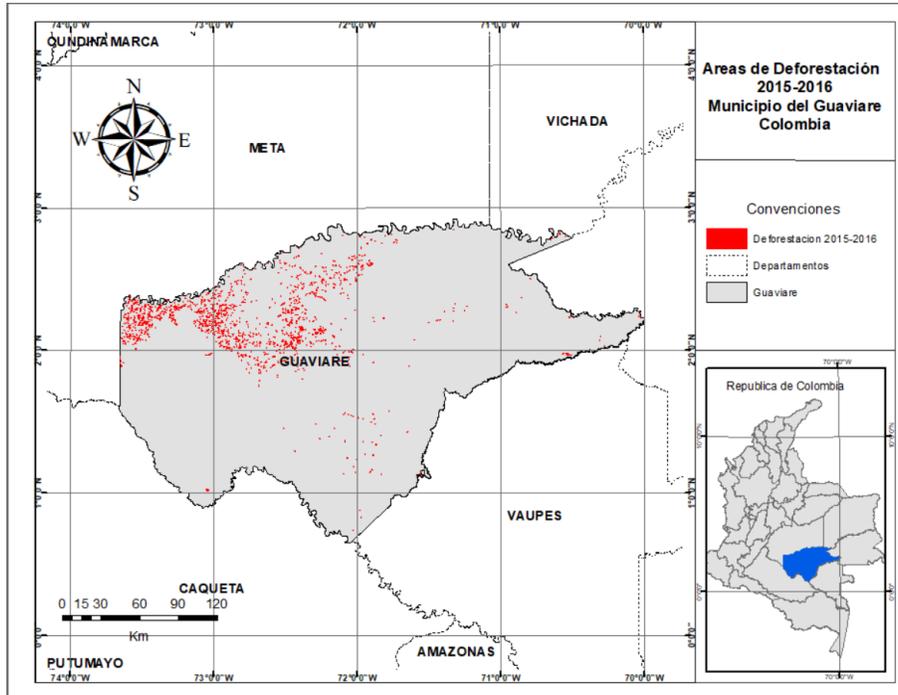


Figura 10 Áreas de deforestación 2015-2016, Departamento del Guaviare, Colombia.  
Fuente: Propia

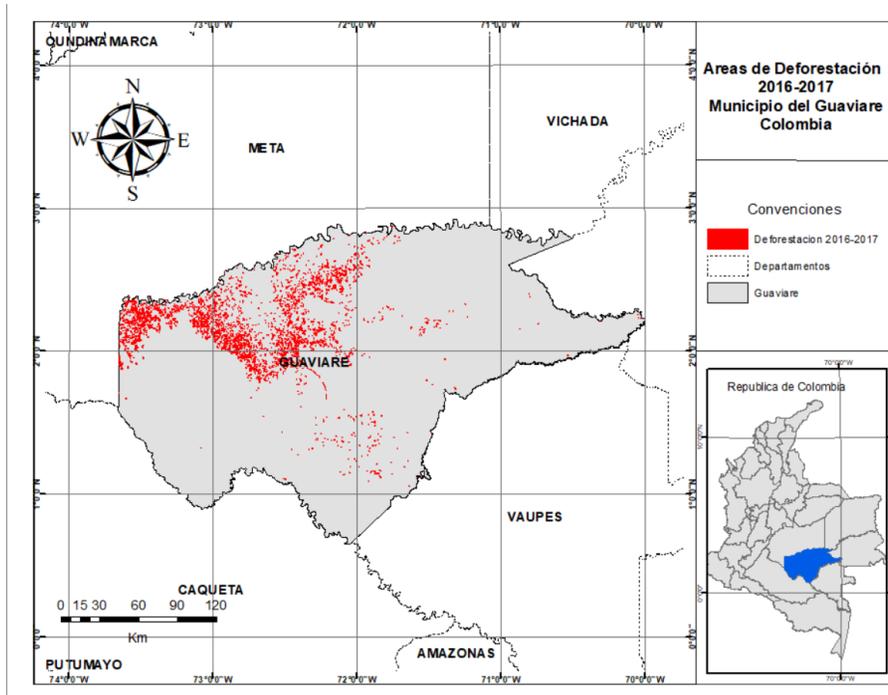


Figura 11 Áreas de deforestación 2016-2017, Departamento del Guaviare, Colombia.  
Fuente: Propia

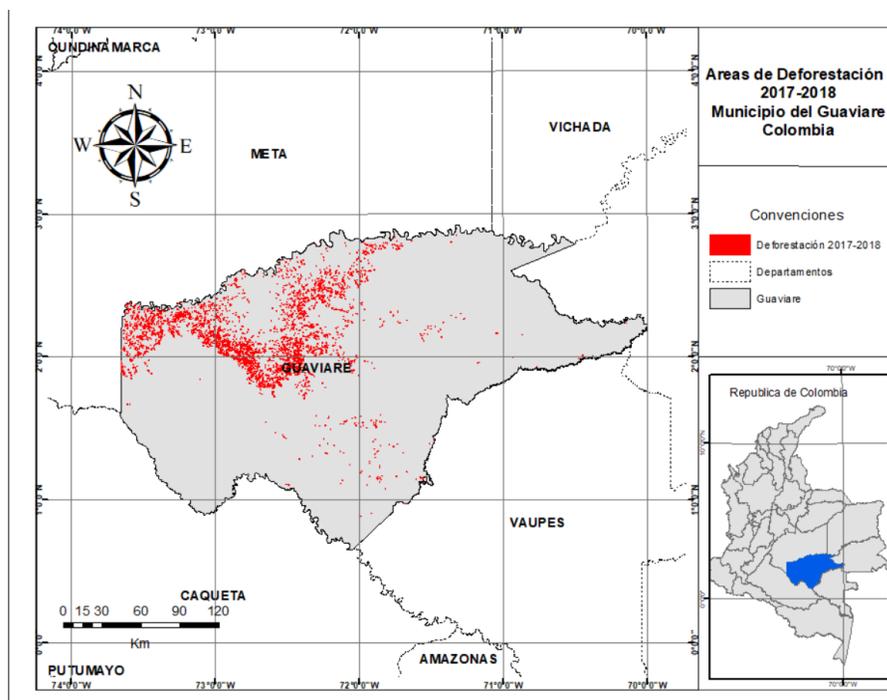


Figura 12 Áreas de deforestación 2017-2018, Departamento del Guaviare, Colombia.

Fuente: Propia

Mediante la elaboración de la cartografía por periodo de tiempo se identificó el aumento de las polígonos de deforestación mediante inspección visual de la densidad de los polígonos por mapa, en estos se evidencia la expansión de la degradación del bosque como se detalla en la tabla 2, se determina mediante el cálculo del área total de deforestación, el cual es la sumatoria de las áreas de los polígonos de deforestación, que hay un aumento total de 24692.39 ha de bosque degradado para el periodo 2017-2018 con respecto al periodo 2014-2015 y un aumento de 4508 polígonos de deforestación respectivamente, como se detalla en la (Tabla 2).

Tabla 2

Deforestación entre 2014-2018 en el Departamento del Guaviare.

*Deforestación Departamento del Guaviare*

	<b>Periodo</b>	<b>Deforestación (ha)</b>	<b># Polígonos</b>	<b>% Aumento Deforestación</b>
1	2014-2015	9430.11	3741	N/A
2	2015-2016	11233.34	3110	19%
3	2016-2017	37835.01	6050	237%
4	2017-2018	34122.51	8249	-10%

Fuente: Propia

En el proceso de obtención de los polígonos por el periodo de tiempo estudiado, fue determinada el área total en hectáreas por periodo de la perdida de bosque en el departamento, tabla 2, el proceso de inspección de los datos permitió determinar que la deforestación desde el año 2014 ha venido en crecimiento pero hacia el año 2016, sus cifras aumentaron un 237%, siendo estas ,el periodo de tiempo 3, las máximas registradas para el estudio, así mismo para el periodo de tiempo 4, la reducción con respecto al periodo anterior disminuyo en un 10%, si bien hubo una disminución representativa para este último periodo, sus cifras de deforestación siguen siendo altas y como lo indica el IDEAM en su estudio de monitoreo de deforestación 2018 el departamento del Guaviare ocupó el tercer puesto en cifras de deforestación antecedido por Caquetá y meta ese año (IDEAM, 2019), al realizar un cálculo detallado se logró determinar que entre el periodo de tiempo 1 y 4 , es decir en menos de 4 años la deforestación en el departamento se incrementó en un 262%, (13).

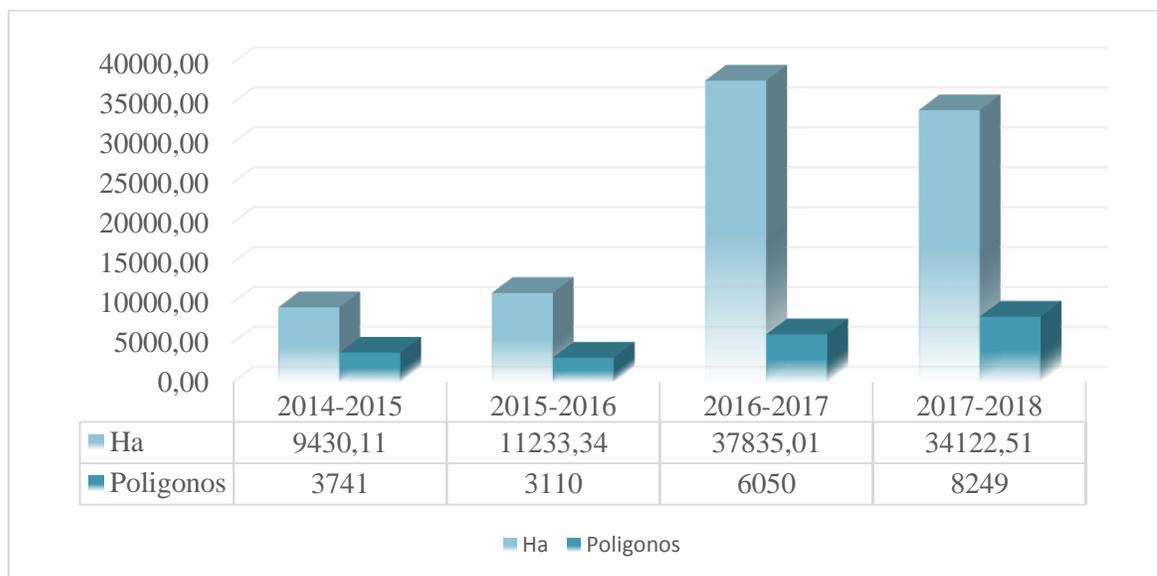


Figura 13 Figura de deforestación entre 2014-2018 en el Departamento del Guaviare.  
Fuente: Propia.

De acuerdo a los datos obtenidos de las áreas y polígonos de la deforestación antes y después de la firma del acuerdo de paz, agrupando la información en los periodos de tiempo 1 -2 y 3-4, ver (Tabla 2), mediante la sumatoria total de áreas y polígonos por periodo de tiempo, evidenciando que el total de hectáreas deforestadas supera en 348% referente a la reportada antes de la firma del acuerdo y los polígonos que representan las áreas deforestadas aumentaron en un 209% (Figura 14). Estos datos concuerdan con el análisis de la dinámica de la deforestación entre los años 2001-2018 a nivel municipal realizada por la revista *Frontiers* donde se evidencio la gran tendencia a la perdida de bosque en la región del amazonas después de la firma de los acuerdo de paz, donde agruparon en 7 categorías los resultados por municipio, siendo las primeras tres categorías la de mayor incremento después de la firma de los acuerdos, específicamente el departamento del Guaviare cuenta con sus cuatro municipios dentro de las tres primeras categorías. (Ganzenmüller , Sylvester, & Castro-Nunez , 2022).

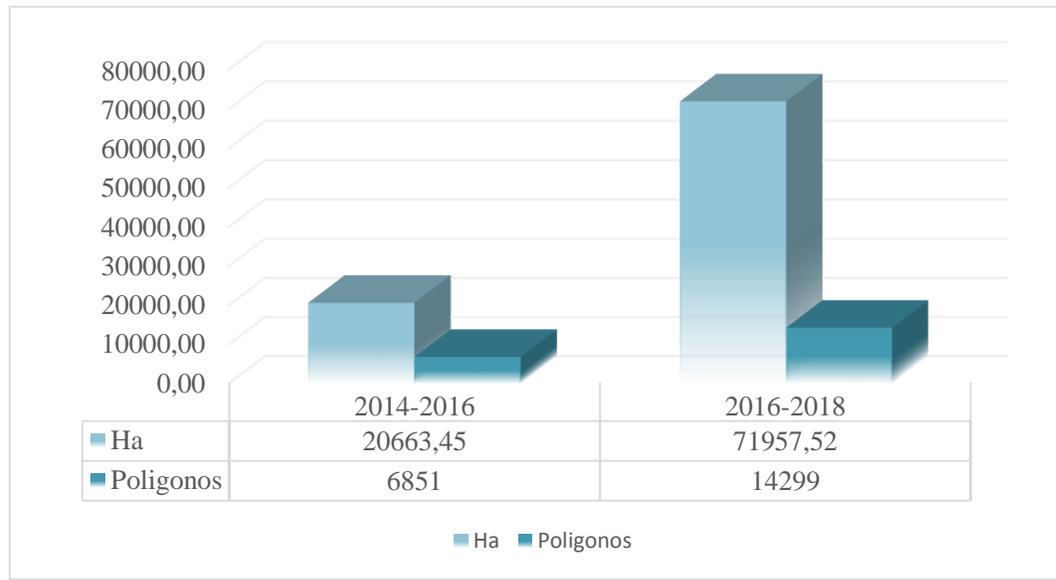


Figura 14 Deforestación pre y posacuerdo de paz en el Departamento del Guaviare.

Fuente: Propia.

Entre los periodos de tiempo se puede observar el aumento de polígonos y hectáreas deforestadas después de la firma del acuerdo de paz en Colombia, específicamente el departamento del Guaviare, pero esto no evidencia que el fenómeno sea proporcional o guarde relación entre los periodos de tiempos consultados, para conocer esto fue utilizado el test de Mann-Whitney-Wilcoxon, el cual permitió la comparación de los periodos de tiempo a través de las medianas de las áreas de los polígonos deforestados pre y posfirma del acuerdo de paz, el resultado del test para el 2016 y 2018 es  $p = 2.2e-16$ , según el test la información se encuentra debajo de la mediana de referencia que es  $p = 0.5$  (Figura 15), por lo que se permite concluir que dichos polígonos no guardan relación y si se presenta un incremento sustancial en la pérdida del bosque en el departamento.

```

wilcoxon rank sum test with continuity correction
data: Hectareas by Periodo
w = 31681437, p-value < 2.2e-16
alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0
>

```

Figura 15 Resultado Test de Mann-Whitney-Wilcoxon en R Studio.

Fuente: Propia.

El cálculo de las tasas de deforestación se realizó en tres periodos de tiempo 2015-2016, 2016-2017, 2017-2018 y se determinó para cada periodo, para esto se tuvo como referencia del periodo anterior la tasa y el porcentaje de pérdida de bosque o deforestación, de acuerdo con los resultados anteriores se evidenció que los datos comprendidos entre 2015-2018, son los que presentan mayor dispersión, por esto se calculó la tasa de deforestación antes de la firma del acuerdo de paz es del -4.36% y para los tiempos después de la firma del acuerdo de paz es de -27.11%, con esto se evidencia que entre los años 2015-2017, la afectación y la degradación del bosque subió en promedio un 23% con respecto al 4.36% que se evidenció en el año anterior, así mismo entre el año 2017-2018 la deforestación disminuyó un 3.78% con respecto al año 2016-2017 (Tabla 3).

Tabla 3

Tasa de deforestación entre 2015-2018 en el departamento del Guaviare.

<i>Tasa de Deforestación – Departamento del Guaviare</i>					
<i>Periodo</i>	<i>Área (ha)</i>	<i>TMAD Pre</i>	<i>TMAD Pos</i>	<i>%TAMD Pre</i>	<i>%TAMD Pos</i>
2015-2016	11233.34	-901.62		-4.36%	
2016-2017	37835.01		-13300.84		-27.11%
2017-2018	34122.51		1856.25		3.78%

Fuente: Propia

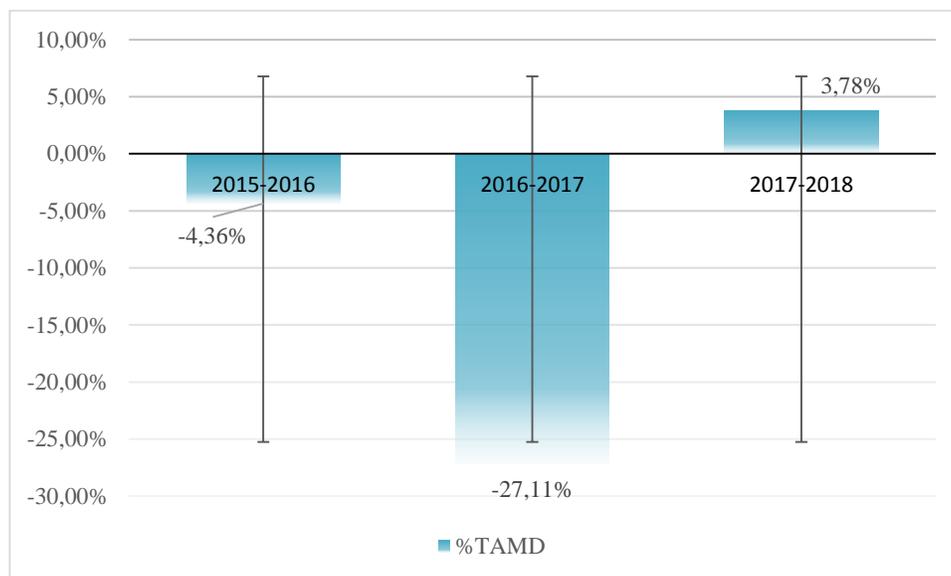


Figura 16 Gráfica de tasa de deforestación entre 2015-2018 en el Departamento del Guaviare.  
Fuente: Propia

## Discusión.

Los resultados de los análisis de la dinámica de la deforestación antes y después de la firma de los acuerdo de paz en Colombia, evidencia el aumento de está después de la firma de la paz, este alarmante aumento como lo señala el cálculo de la tasa de deforestación en el departamento del Guaviare donde se incrementó en un 27.11%, pero estos factores tal como señala (International Crisis Group, 2021) provienen de diferentes factores derivados la salida de las FARC del territorio, quienes ejercían un poder y control violento territorial, lo cual colateralmente ayudaba a minimizar el impacto ambiental causado por la colonización de tierras de manera ilegal, ganadería extensiva (FAO y PNUMA, 2020), a esto se le suma que gobierno colombiano no está realizando una correcta gobernanza de los territorios para la preservación y control de esta zonas protegidas, si bien existen un sin número de acuerdos, normas, leyes de protección con las que Colombia se compromete a

salvaguardar los bosques primarios específicamente en la región de la Amazonia, de la cual hace parte el departamento del Guaviare, (Ganzenmüller, Sylvester, & Castro-Núñez, 2022), esto no se está viendo reflejado, como se evidencia en el presente análisis los polígonos de bosque han tenido un alarmante aumento de más de un 209% en relación a los existentes en el año 2015.

Para entender la deforestación hay que indagar más a fondo los diferentes factores que caracterizan la dinámica socio-económica del departamento del Guaviare, y como estos han influido en la degradación acelerada de los bosques primarios, Colombia debe comprometerse a reducir la deforestación de una manera más eficiente, porque si bien los entes gubernamentales como lo es el IDEAM arrojan cifras positivas en la lucha contra la deforestación, (IDEAM, 2019), estas solo son comparadas con las cifras del periodo anterior, y no vistas desde un contexto global o periodo de tiempo más extenso, como lo que se evidenció en el presente estudio donde se determinó que para el año 2018 fueron degradadas 34.122 ha de bosque y en comparación con el año anterior (37835.01 ha), muestra una reducción significativa, pero si los datos son comparados a su vez con el área total de las zonas deforestadas para el año 2016 de 11233.34 ha, muestra que la deforestación después de la firma de los acuerdos de paz triplicó sus cifras.

## Conclusiones

A partir del estudio multitemporal de cambio de bosque se extrajeron 21150 polígonos de áreas deforestadas en el departamento del Guaviare los cuales representan 92.690 hectáreas entre los años 2014 al 2018, de los cuales 20.663 hectáreas correspondientes 6851 polígonos corresponde a los periodos 2014-2015 y 2015-2016 contrarias a las cifras posacuerdo de paz donde 71.957 hectáreas representadas en 14.299 polígonos obedecen a pérdida de bosque, determinando que la pérdida de bosque no es proporcional a los años pre acuerdo, sino que las cifras fueron triplicadas.

La dinámica del cambio de bosque en el departamento del Guaviare demuestra el aumento de la deforestación en los años siguientes a la firma de los acuerdo de paz, proceso mediante el cual se compararon los datos entregados por el geoportal del IDEAM, de mapas de cambios desde el año 2014 al 2018, de acuerdo a los datos extraídos de las áreas de deforestación , la tasa de deforestación anual (TMAD) arrojó que la más alta fue entre el año 2016-2017 con -27.11% y la más baja fue entre 2017-2018 con 3.78%, cabe resaltar que la tasa de deforestación anual se calculó con los datos del año anterior, es por esto que si bien la hectáreas de bosque para el año 2017-2018 se redujeron en comparación con el año pasado, siguen siendo muy altas comparadas con las de 2014-2015.

Se identificó que los polígonos de deforestación en los periodos comprendidos para el estudio tuvo un aumento de densidad, como lo muestran los mapas para los periodos de tiempo y las gráficas , así mismo por medio del método de Man – Whitney se evidencia que la relación de los polígonos no es proporcional, por ende se puede concluir que existen

nuevas zonas de deforestación y están tienen una relación baja con las reportadas en el periodo preacuerdo de paz con un aumento 209% de polígonos.

Se determinó que desde el año 2016, el aumento de la deforestación en el departamento del Guaviare fue triplicado con las cifras anteriores de 11.233.34 ha en el periodo 2015-2016 a 37835 ha entre 2016-2017, fecha consecuente con el cese al fuego y la movilización de los integrantes de la guerrilla de las FARC-EP de la región de la Amazonia a las zonas de transición veredales, así mismo se evidencia la falta de presencia gubernamental en las zona debido a que el departamento cuenta con áreas de protección y de interés ambiental para Colombia.

## Referencias Bibliográficas

- Mayaux, P., Verhegghen, A., Bodart, C., Musampa, C., Defourny, P., & Ernst, C. (2012). *National forest cover change in Congo Basin: deforestation, reforestation, degradation and regeneration for the years 1990, 2000 and 2005*. Retrieved from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/gcb.12092>
- Chuvieco, E. (1998). *El factor temporal en teledetección: evolución*. Retrieved from [http://www.aet.org.es/revistas/revista10/AET10\\_4.pdf](http://www.aet.org.es/revistas/revista10/AET10_4.pdf).
- DANE. (2018). *Censo Nacional de Población y Vivienda Colombia 2018*. Retrieved from <https://www.dane.gov.co/files/censo2018/informacion-tecnica/cnpv-2018-presentacion-3ra-entrega.pdf>.
- Dummett, C., & Blundell, A. (2021). *Illicit harvest, complicit goods: The state of illegal deforestation for agriculture*. Retrieved from <https://www.forest-trends.org/wp-content/uploads/2021/05/Illicit-Harvest-Complicit-Goods.pdf>
- FAO. (2021). *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020*. Retrieved from <https://www.fao.org/3/ca9825es/ca9825es.pdf>
- FAO y PNUMA. (2020). *El estado de los bosques del mundo 2020. Los bosques, la biodiversidad y las personas*. Retrieved from <https://doi.org/10.4060/ca8642es>
- Forero, J., & Francisco, M. (2021). *Análisis de la deforestación en La Macarena, antes y después de los acuerdos de paz*. Retrieved from <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/colfor/article/view/16479/16968>
- Galindo, G., Espejo, O., Rubiano, J., Vergara, L., & Cabrera, E. (2014). *Protocolo de procesamiento digital de imágenes para la cuantificación de la deforestación en Colombia. V 2.0*. Retrieved from [http://www.ideam.gov.co/documents/11769/44688974/Protocolo+de+PDI+para+la+cuantificacion+de+la+deforestacion+en+colombia+v2\\_1\\_.pdf/00b95004-53dd-49f9-ab09-16d8803ccd92?version=1.0](http://www.ideam.gov.co/documents/11769/44688974/Protocolo+de+PDI+para+la+cuantificacion+de+la+deforestacion+en+colombia+v2_1_.pdf/00b95004-53dd-49f9-ab09-16d8803ccd92?version=1.0)
- García, H. (2012). *Deforestación en Colombia: retos y perspectivas*. Retrieved from <https://www.repository.fedesarrollo.org.co/handle/11445/337>

- Houghton, R. (2012). *Carbon emissions and the drivers of deforestation and forest degradation in the tropics*. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1877343512000723>
- IDEAM. (2020). *Resultados del monitoreo de la deforestación en Colombia en 2019*. Retrieved from <http://www.ideam.gov.co/documents/10182/105413996/presentacionbalancedeforestacion2019/7c9323fc-d0a1-4c95-b1a1-1892b162c067>
- IDEAM. (2020). *Boletín de Detección Temprana de Deforestación 22*. Retrieved from <https://www.documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023891/22BOLETIN.pdf>
- IDEAM, IAvH, SINCHI, IIAP, INVEMAR. (2002). *Primera Generación de Indicadores de la Línea Base de la Información Ambiental de Colombia. Tasa media anual de deforestación*. Retrieved from <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/18944>
- IGAC. (2016). *Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Guaviare*. Bogotá D.C.
- International Crisis Group. (2021). *Bosques caídos: deforestación y conflicto en Colombia*. Retrieved from <https://www.crisisgroup.org/es/latin-america-caribbean/andes/colombia/091-broken-canopy-deforestation-and-conflict-colombia>
- Juárez, B., Sotres, D., & Matuszewski, A. (2001). *Distribución exacta de la estadística prueba tipo Mann-Whitney-Wilcoxon bajo violaciones a los supuestos estándar, para distribuciones uniformes continuas Agrociencia*. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/302/30235209.pdf>
- Martínez del Castillo, E., García- Martín, A., Longares Aladren, L., & de Luis, M. (2015). *Evaluation of forest cover change using remote sensing techniques and landscape metrics in Moncayo Natural Park (Spain)*. Retrieved from Moncayo en España
- Ostertagová, E. O. (2014). *Methodology and Application of the Kruskal-Wallis Test. Applied Mechanics and Materials*. Retrieved from <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.611.115>
- Phillips, O. B. (2017). *Carbon uptake by mature Amazon forests has mitigated Amazon nations' carbon emissions*. Retrieved from <https://cbmjournals.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13021-016-0069-2#citeas>

- Poder Legislativo. (2016). *Colombia: Acuerdo Final para la Terminación del Conflicto y la Construcción de una Paz Estable y Duradera. Junio de 2016*. Obtenido de <https://www.refworld.org/es/docid/5a8744d54.html>
- Preciado, N., Jalmacin, A., González, S., Mendoza, G., Eduardo, M., Bátiz, S., & de Asis, F. (2017). *Cambio de cobertura y uso de suelo en cuencas tropicales costeras del Pacífico central mexicano*. Retrieved from <https://doi.org/10.14350/rig.56770>
- Rangel, O. J. (2005). *La biodiversidad de Colombia*. Retrieved from <https://revistas.unal.edu.co/index.php/palimpsestvs/article/view/8083>
- Revista Semana. (2013). *Los 100 municipios críticos*. Retrieved from <https://especiales.semana.com/especiales/proyectovictimas/100-municipios-criticos/index.html>
- Sacristán, R. (2007). *La teledetección satelital y los sistemas de protección ambiental*. Retrieved from <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14802905>
- Semana.com. (2016). *Guaviare la selva a mordiscos*. Retrieved from <https://especiales.semana.com/deforestacion/guaviare.html#:~:text=Los%20principales%20motores%20de%20la,extensiva%20y%20la%20miner%C3%ADa%20ilegal.>
- Tapia-Arenas, C. (2016). *Análisis del cambio de cobertura forestal 2005-2015 en Guanacaste, Costa Rica*. Retrieved from <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/6735>
- Tiria Forero, L., J. B., & Bonilla Castillo, C. (2018). *Transformación de las coberturas vegetales y uso del suelo en la llanura amazónica colombiana: el caso de Puerto Leguizamo, Putumayo (Colombia)*. Retrieved from <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/68455>
- Xiuping, J., & Richards, J. (2006). *Remote Sensing Digital Image Analysis*. Retrieved from <https://link.springer.com/book/10.1007/3-540-29711-1>