
ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA DEFORESTACIÓN EN LA CIÉNAGA DE AYAPEL MEDIANTE EL PROCESAMIENTO DE IMÁGENES DE SATELITALES EN EL PERIODO 2010 – 2020

GERMÁN JOSÉ COTOA HERNÁNDEZ

Programa de Geografía - Universidad de Córdoba

RESUMEN

En este escrito se caracteriza el proceso de deforestación en la Ciénaga de Ayapel en el periodo 2010 a 2020 por medio del análisis multitemporal con imágenes satelitales, para determinar las zonas con mayor pérdida de cobertura vegetal y presencia de suelo desnudo, a través del tiempo y que factores causan este fenómeno, así mismo poder detallar a través del tiempo la transformación del humedal, el resultado obtenido refleja el comportamiento del fenómeno en la Ciénaga, en un periodo de 10 años (2010 - 2020), en cual se han perdido 3.886,96 ha de cobertura vegetal y el espejo de agua se ha reducido en 2.586,44 ha, por consiguiente la tasa anual de deforestación en humedal es de 388,696 ha/años, cifra alarmante, con grandes consecuencias para el funcionamiento y equilibrio ecosistémico del complejo cenagoso. Este progresivo desequilibrio, está precedido

por tres principales factores, económicos como es la sobre explotación de los recursos, sociales como la implementación inadecuada del territorio por parte de la población y ambiental, a causa de las inundaciones, sujeto a los cambios climáticos del año. En conclusión, el fenómeno de la deforestación aumenta conforme pasan los años, lo cual se evidencia en la pérdida de cobertura vegetal y la presencia de gran cantidad de suelo desnudo, lo que sirve como elemento e insumo para que los diferentes organismos de control, tomen decisiones e implementen planes de manejo, para frenar la deforestación, apoyándose del surgimiento y avances tecnológicos como lo son los SIG.

Palabras claves: Deforestación, Humedal, Cobertura vegetal, Análisis

Multitemporal, suelo desnudo, imágenes satelitales, factores asociados.

ABSTRACT

In this writing, the deforestation process in the Ciénaga de Ayapel in the period 2010 to 2020 is characterized by means of multitemporal analysis with satellite images, to determine the areas with the greatest loss of vegetation cover and the presence of bare soil, over time and What factors cause this phenomenon, as well as being able to detail over time the transformation of the wetland, the result obtained reflects the behavior of the phenomenon in the Ciénaga, in a period of 10 years (2010 - 2020), in which 3,886 have been lost. 96 ha of vegetation cover and the water mirror has been reduced by 2,586.44 ha, therefore the annual rate of deforestation in wetlands is 388,696 ha / years, an alarming figure, with great consequences for the functioning and ecosystem balance of the swampy complex. This progressive imbalance is preceded by three main factors, economic such as the over-exploitation of resources, social such as the inadequate implementation of the territory by the population and environmental, due to

floods, subject to the climatic changes of the year. In conclusion, the phenomenon of deforestation increases as the years go by, which is evidenced in the loss of vegetation cover and the presence of a large amount of bare soil, which serves as an element and input for the different control organisms to take decisions and implement management plans, to stop deforestation, relying on the emergence and technological advances such as GIS.

Key words: Deforestation, Wetland, Vegetation cover, Multitemporal Analysis, bare soil, satellite images, associated factors.

1. INTRODUCCIÓN

La deforestación no discrimina ecosistema. No solo da cuenta de los bosques amazónicos y del Pacífico, donde están los principales hervideros de biodiversidad en el país, sino de la vegetación boscosa que hace parte de los humedales. Estos cuerpos de agua abarcan más de 30 millones de hectáreas en Colombia. Sin embargo, cerca de 7,2 millones de estas hectáreas ya han sido transformadas por tres actividades impulsadas por la mano del hombre: 63,7 por ciento por la ganadería, 15,9 por ciento por la deforestación y 15,3 por ciento por la agricultura. (Instituto Alexander von Humboldt, 2019)

El fenómeno de la deforestación según diferentes autores tiene un sin número de definiciones de la que se citan las que presentan mayor relación con el estudio, según la FAO (2012) la define como la pérdida permanente de la cubierta de bosque e implica la transformación en otro uso de la tierra. La deforestación puede ser causada por el ser humano o por la naturaleza. En cuanto a la cobertura vegetal, comprende la vegetación que ocupa un espacio determinado dentro de un ecosistema, cumplen funciones de gran importancia como la captación y almacenamiento de energía, refugio de la fauna, agente antierosivo del suelo, medio regulador del clima local, atenuador y reductor de la contaminación atmosférica y del ruido, fuente de materia prima y bienestar para el hombre (Municipio de Miranda 2000).

El término humedal fue definido en la convención de Ramsar (1971) donde se establece que estos ecosistemas son “extensiones de marismas, pantanos, turberas o aguas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluyendo las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros.” (Díaz, 2009).

La investigación se enfatiza en el proceso de deforestación en la ciénaga de Ayapel, utilizando la herramienta de los sistemas de información geográfica SIG como lo es la Teledetección, por medio del procesamiento multitemporal de imágenes de satélite de la zona de estudio. Con el fin de determinar las áreas con mayor presencia de suelo desnudo, a partir del análisis de la pérdida y cambios de la cobertura vegetal del humedal a través del tiempo, en un periodo de 10 años.

De esta manera el proceso tiene lugar en las áreas aledañas al humedal de Ayapel, esta posee un área de 54.376.20 ha, mientras que el espejo de agua posee una extensión aproximadamente de 10.657.22 ha, en total el complejo cuenta con un área de 65.033.42 ha aproximadamente. Resaltando que su área fluctúa, de acuerdo a cambios temporales o definitivos como en épocas secas o de lluvia, o al proceso de deforestación sujeto a estudio.

En los últimos veinte años se ha explotado intensivamente los bosques naturales de la ciénaga. El cambio en las coberturas boscosas ha sido evidente. Entre 1987 y 2000, la tasa de deforestación fue de 355 hectáreas por año, equivalentes a 4.615 hectáreas en 13 años. En 2006, en un reconocimiento de campo que hizo la CVS, no se encontraron bosques primarios ni secundarios, ya que las áreas de bosques se han transformado en rastrojos altos y bajos, sin valor comercial y las pocas especies forestales existentes se destinan al uso doméstico y para cercas. (CVS, 2007)

La magnitud de este fenómeno, ha sido tan grande que ya no se observa bosques primarios, ni secundarios, ya que han sido remplazados o simplemente, se observa suelo desnudo, las diferentes especies que en esta área se encontraban tenían características ambientales e incluso económicas, por lo que fueron utilizadas para fines comerciales, domésticos, entre otros, llevando a este complejo cenagoso a un proceso de detrimento, y posteriormente a un desequilibrio ecosistémico. La problemática ambiental que presenta el humedal, requiere del análisis de los cambios que le han generado los factores naturales, económicos y sociales, en aspectos como lo es la pérdida en la cobertura vegetal y alteraciones en su funcionalidad a través del tiempo.

Las anteriores afirmaciones permiten plantear el siguiente interrogante, ¿Cuáles han sido los cambios que ha sufrido el área boscosa de la ciénaga de Ayapel a partir de la deforestación, a través del tiempo? el artículo tiene como objetivo identificar como ha sido el proceso de deforestación en la ciénaga de Ayapel, mediante el procesamiento de imágenes satelitales en el periodo 2010 a 2020, con el fin de establecer la pérdida de la cobertura vegetal y la presencia de suelo desnudo en los 10 años establecidos, así mismo tiene las como variables: la deforestación, cobertura vegetal y los factores asociados (Ambientales, económicos y sociales).

En ese contexto, la importancia de realizar esta investigación radica en la necesidad de generar información sobre la deforestación en los humedales, la herramienta de la teledetección, a través del análisis de las imágenes capturadas por los satélites de observación terrestre, han demostrado ser de una herramienta única para generar información espacial sobre los humedales (Quiroz & Saatchi, 1999; Postigo, 2008; Otto, 2011 García & Lleellish, 2012). La Convención Ramsar, por ejemplo, recomienda el uso de esta tecnología para el desarrollo de inventarios nacionales.

Este estudio multitemporal, no solo es importante para identificar las variaciones en su cobertura vegetal, sino que también para conocer la pérdida del espejo de agua, a través de los años, el cambio del uso del suelo, de esta manera es posible identificar y contrarrestar diferentes problemas ambientales, desencadenados a raíz de la deforestación, facilitando la ejecución de medidas para remediar las diferentes problemáticas presentes en la zona, también permite a los organismos de control, tomar decisiones, para que se puedan implementar planes de manejo. Apoyándose del surgimiento y avances tecnológicos como lo son los SIG.

En los últimos años se ha evidenciado un creciente aumento en la pérdida de cobertura vegetal en las áreas de influencia de los humedales, por lo que se ha hecho necesario realizar estudios para observar los cambios y cuantificar estas pérdidas, uno de los estudios más utilizados son los análisis multitemporales por medio del procesamiento de imágenes satelitales, que permiten conocer en periodos determinados, las proporciones deforestadas. A continuación, se presentan algunos de los estudios relacionados con el fenómeno de la deforestación y los factores que causan el fenómeno, con el fin de dar soporte a la investigación

En Perú el estudio de la Cuantificación de la Deforestación en el Valle del Huallaga Perú, 1991 por Fernando Echavarría donde se analiza las causas de la deforestación en un área de 1,000 km² en el valle del río Huallaga en el Perú entre los poblados de Tocache Nuevo y Tingo María; incluyendo entre ellas apertura de carreteras, la colonización agrícola y la actual bonanza de la coca. Se hace especial énfasis en la metodología usada para la cuantificación de la deforestación. Se usaron aerofotografías y mapas planimétricos basados en imágenes

de satélites para determinar la reducción de los bosques húmedos de montaña de este sector del valle.

En la investigación de Patrones y Dinámica de Deforestación en la Serranía San Lucas, María Chadid Hernández, 2014, donde caracteriza la serranía a partir de los efectos del proceso de deforestación y fragmentación de sus bosques a causa de distintas actividades antrópicas que se llevan a cabo en el área de estudio. En ese contexto, el objetivo de este estudio fue analizar los patrones y la dinámica de deforestación en la Serranía San Lucas durante el periodo 2002-2010, estableciendo su relación con tres actividades antrópicas como la ganadería, los cultivos ilícitos y la extracción minera. Con imágenes satelitales pertenecientes a los años 2002, 2007 y 2010, se cuantificaron las coberturas de interés y se determinaron los patrones espaciales que caracterizaron la zona en cada uno de los periodos de estudio. Posteriormente se calculó la tasa de deforestación y a través de un modelo espacial de cambio de uso de suelo, se determinó la influencia que tienen las actividades antrópicas mencionadas y otras variables sobre la dinámica que sucede en la zona de estudio.

Así mismo se realizan estudios sobre la deforestación, con propósito de implementar soluciones para preservar estas áreas uno de ellos, las Estrategias geográfico-ambientales para preservar el humedal de Río viejo (San Luis-Tolima), 2017 realizado por Paula Julieth Osorio Quimbaya en cual se realiza un análisis con el objetivo principal de proponer estrategias geográfico-ambientales para la preservación del humedal río viejo, realizando un estudio multitemporal que proporcionó información para la evaluación de impactos ambientales con énfasis en el proceso de deforestación de su cobertura boscosa, después de generar información en una serie de retrocesos, que abarcarían los años de 1987 hasta 2016.

Análisis multitemporal de los cambios de la cobertura boscosa en la Zona Pacífico, norte del departamento del Chocó, 1990 – 2014, realizado por Erika Palacios, 2015 en este estudio se aprecian claramente, los resultados del análisis multitemporal del proceso de deforestación y degradación del área de influencia, en el departamento del Chocó, de las cuencas hidrográficas que drenan sus aguas al Océano Pacífico, mostrando resultados concisos sobre los puntos que han sufrido más impacto en el cambio de uso de suelo. Para el desarrollo de este estudio se utilizó información de deforestación de los periodos de 1990, 2000, 2005,

2010 y 2012 suministrados por el IDEAM para toda Colombia; y para el periodo de 2014 se realizó la interpretación digital con Imágenes del Sensor RapidEye del 2014.

El soporte teórico de la investigación está dado por la Teoría general de sistemas creada por fue concebida por Ludwig von Bertalanffy en la década de 1940. La teoría se concibe como una serie de definiciones, de suposiciones y de proposiciones relacionadas entre sí por medio de las cuales se aprecian todos los fenómenos y los objetos reales como una jerarquía integral de grupos formados por materia y energía; estos grupos son los sistemas.

Para el caso del análisis multitemporal de la deforestación en la ciénaga de Ayapel, la teoría proporciona una base para entender y explicar la problemática planteada, entendiendo el humedal como un sistema, que está conformado por subsistemas, el espejo de agua, zona de pantanos, cobertura vegetal terrestre, las zonas de cultivo y potreros que han sido introducidas por el hombre.

para que el sistema funcione equilibradamente todas las partes que lo conforman deben desempeñarse correctamente, teniendo en cuenta que la deforestación se da en un subsistema del humedal, en donde se encuentra la cobertura vegetal, siendo este uno de los elementos más importante que cumple un papel de regulador del ciclo del carbono, mediante la absorción del dióxido de carbono (CO₂) la cual realizan las plantas, para mantener el equilibrio y funcionamiento ecosistémico del humedal, por consiguiente, la pérdida o el retroceso de la cobertura vegetal afecta directamente todo el sistema.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Área de estudio

El área de estudio situado en la ciénaga de Ayapel se encuentra ubicada en el municipio de Ayapel en el departamento de Córdoba, en la zona baja del río San Jorge, y en la parte suroccidental de la Depresión Momposina y colinda por el norte con la subregión de La Mojana, con la cual se articula tanto en lo físico como en lo económico.

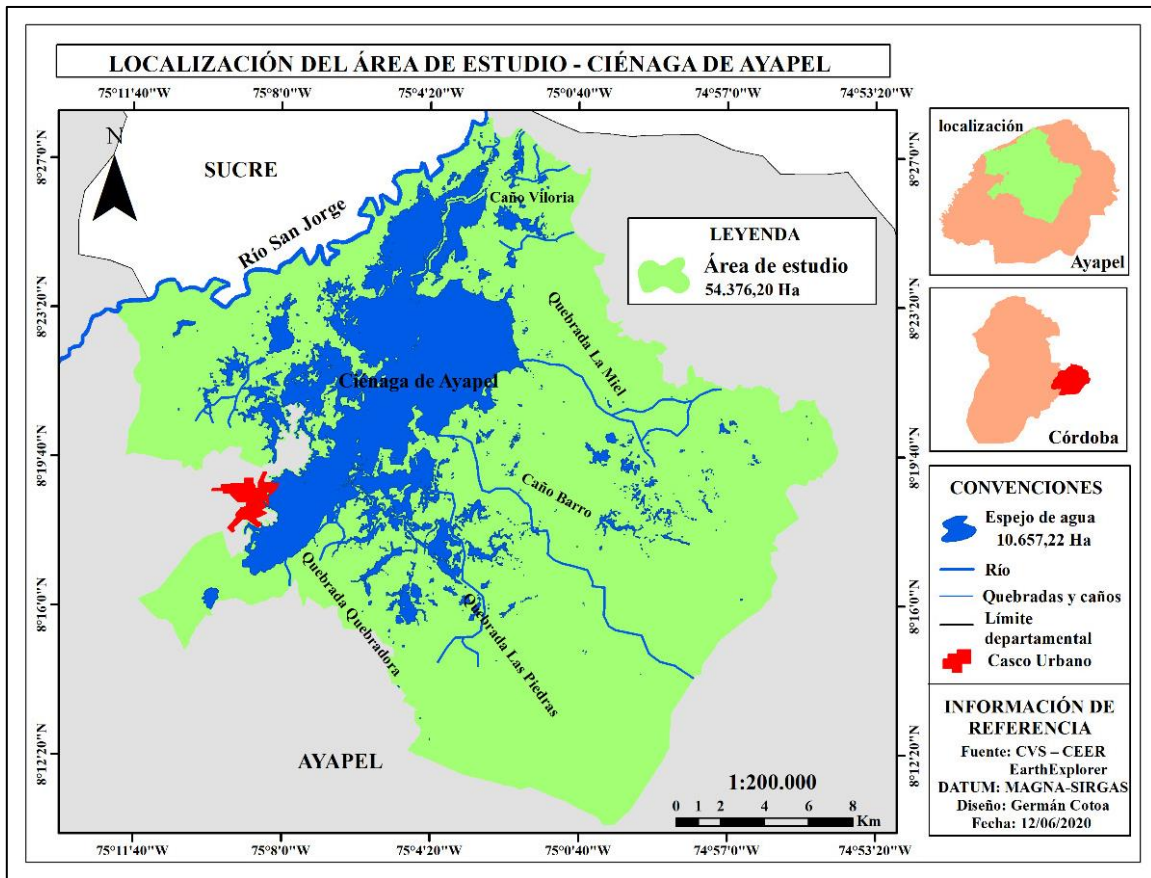


Figura 1. Localización del área de estudio - ciénaga de Ayapel. **Fuente:** Elaboración propia con base en la CVS CEER

El estudio de la deforestación tiene lugar en la ciénaga de Ayapel la cual posee alrededor de 54.376.20 ha en área de cobertura vegetal, mientras que el espejo de agua posee una extensión de cerca de las 10.657.22 ha, en total el complejo cenagoso 65.033.42 ha aproximadamente como se aprecia en la Figura 1, se resalta que el área de estudio, fluctúa de acuerdo a sus cambios, temporales o definitivos como son las épocas del año seca o lluviosa, o el proceso de deforestación sujeto a estudio.

El área, donde se presenta la cobertura vegetal propia de la zona, la cual he disminuido debido al proceso de deforestación sujeta al estudio, en las orillas de la ciénaga de Ayapel y sus caños se conservan algunas especies nativas de árboles que sirven de sombrío al ganado y de cercas en los potreros y en las orillas de los caminos y carreteras.

El enfoque de la investigación es de carácter mixto ya que posee variables cualitativas y cuantitativas, las cuales permiten la caracterización del proceso de deforestación, al igual que

los cambios en el tiempo y espacio de la zona boscosa, lo que proporciona el conocer la cantidad de suelo desnudo presente en la ciénaga de Ayapel.

Así mismo el tipo de investigación es descriptiva-explicativa, en la cual se describirán las principales características del proceso de deforestación, (perdida de la cobertura vegetal y la presencia de suelo desnudo), y su comportamiento a través del tiempo, el método utilizado es el inductivo, debido a que se toman los factores asociados, para llegar a las causas proceso de deforestación.

2.2 Técnicas e instrumentos de análisis

Mediante la herramienta de la Teledetección, se inicia el procesamiento de las imágenes de satélite en los Software QGIS y ArcGIS, se le aplico el análisis multitemporal de las imágenes para recolectar datos numéricos y geográficos en el periodo de tiempo establecido, cada imagen se sometió a diferentes procesos, recorte para detallar la delimitación de la zona de estudio, composición en falso color, índices de vegetación (NDVI) y Suelo Desnudo (BSI), y Reflectancia. Posteriormente se procede a realizar la cartografía y se obtienen los resultados.

2.3 Requisitos para la selección de imágenes.

Los requerimientos que cumplen las imágenes satelitales son los siguientes:

- Fecha de toma para este tipo de análisis resulta más conveniente, emplear tomas de imágenes capturadas en la misma época del año, preferiblemente en tiempo seco, para garantizar la correspondencia de los datos.
- Inclusión de las 6 bandas del espectro electromagnético (Azul, rojo verde, infrarrojo cercano y 2 banda del infrarrojo medio).
- Disponibilidad de los metadatos de cada imagen.

2.4 Selección de imágenes.

Las imágenes corresponden a los satélites Landsat 5 y Landsat 8.

La Tabla 1, muestra las imágenes descargadas en época seca, las cuales fueron seleccionadas en esta época, porque permiten tener una mejor visualización del objeto de

estudio y sus características en las imágenes, al igual que permite una mejor presentación de los resultados.

Tabla 1. Información de las imágenes satelitales

| Satélite | Fecha de toma |
|-----------|-----------------------|
| Landsat 5 | 03 de Mayo de 2001 |
| Landsat 5 | 20 de Enero de 2010 |
| Landsat 8 | 20 de Febrero de 2014 |
| Landsat 8 | 20 de Febrero de 2018 |
| Landsat 8 | 10 de Febrero de 2020 |

Fuente: Elaboración Propia

2.5 Procesamiento de las imágenes

A las imágenes satelitales de Landsat 5 y Landsat 8 se les realizó una corrección atmosférica en el software QGIS, para eliminar los efectos de dispersión y absorción de la atmosfera, para obtener la reflectancia de la superficie terrestre.

Seguido de esto, se aplicó el Índice de Suelo Desnudo (BSI) en el software ArcGIS, para capturar las variaciones del suelo, estas bandas espectrales se utilizan de manera normalizada. Las bandas de infrarrojos de onda corta y las bandas espectrales rojas se utilizan para cuantificar la composición mineral del suelo, mientras que las bandas azules y las bandas espectrales de infrarrojos cercanos se utilizan para mejorar la presencia de vegetación y la identificación de la cobertura vegetal, en combinación con el índice de vegetación NDVI (GU, 2019). Al igual se aplica la composición en falso color RGB, la cual permite identificar diferentes tipos de coberturas.

Fórmulas para calcular el índice BSI y el índice NDVI

$$\text{BSI} = ((\text{Red} + \text{SWIR}) - (\text{NIR} + \text{Blue})) / ((\text{Red} + \text{SWIR}) + (\text{NIR} + \text{Blue}))$$

Blue = Banda azul.

RED = Banda roja.

NIR = Banda del infrarrojo cercano.

SWIR = Banda del infrarrojo de onda corta o infrarrojo medio

$$\text{NDVI} = ((\text{NIR} - \text{Red}) / (\text{NIR} + \text{Red}))$$

NIR = banda del infrarrojo cercano

RED = banda roja

Fórmula para calcular la tasa promedio anual de deforestación (TMAD), utilizada por la SIATAC

La fórmula de cálculo es:

$$\text{TMAD}_{\text{jt1-t2}} = \frac{(\text{AB}_{\text{jt1}} - \text{AB}_{\text{jt2}})}{n}$$

Donde:

TMAD jt1-t2, es la tasa promedio anual de deforestación del área de estudio.

ABjt1, es la cobertura vegetal inicial en el área de estudio.

ABjt2, es la cobertura vegetal final en el área de estudio.

n, es la diferencia de años entre el momento t1 y el momento t2

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Teniendo en cuenta que el complejo cenagoso posee una significativa fuente hídrica y cobertura vegetal que no solo son importantes para mantener su funcionamiento, sino para mantener su equilibrio ecosistémico, siendo este para el municipio de Ayapel un gran soporte económico, social y con mayor relevancia su conservación ambiental, y la prestación de uno de los servicios ecosistémicos más importantes en calidad ambiental como regulador del ciclo del carbono.

El humedal desde hace varios años está siendo afectado por el fenómeno de la deforestación, en efecto, la gran mayoría de su cobertura vegetal ha desaparecido notablemente, dejando a la vista grandes áreas con la presencia de suelo desnudo. A continuación, se muestran los resultados del análisis multitemporal en el periodo 2010 al 2020, como referente o punto de partida para este estudio, se presenta el análisis temporal correspondiente al año 2001, en

donde se puede evidenciar, las diferentes coberturas del área presente en este año, principalmente se observa abundante cobertura vegetal, es decir, zona boscosa de gran altura, que se va perdiendo al pasar los años a causa de la deforestación, acompañada de los factores desencadenantes mencionados anteriormente.

Dentro del análisis se tienen en cuenta factores que han intervenido en este proceso, tanto naturales como el caso de las temporadas secas y lluviosas del año (inundaciones), económicos, con la intervención del hombre con la explotación de los recursos que tiene el humedal, donde encontramos la explotación de madera, el pastoreo, cultivos, entre otros, y sociales, como en el cambio del uso del suelo para la implementación de áreas de recreación.

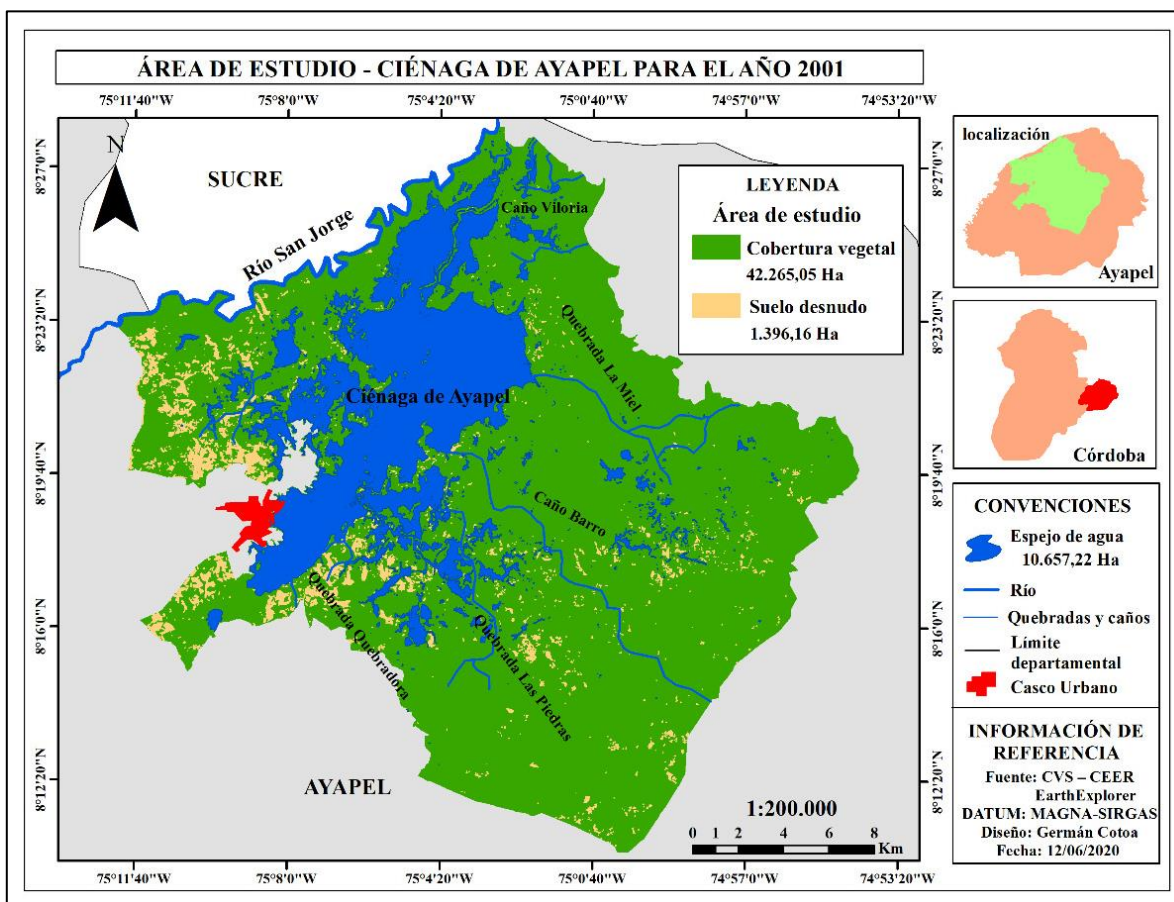


Figura 2. Área de estudio - ciénaga de Ayapel para el año 2001. *Fuente:* Elaboración propia con base en Imagen satelital Landsat 5

La ciénaga de Ayapel para el año 2001, presenta un área total de 54.375,20 Ha, conformado por el espejo de agua (10.657,22 Ha) y cobertura vegetal (43.718,98 Ha), en esta última se logra evidenciar suelo desnudo, debido a la implementación de potreros dedicados a la

ganadería, lo que desencadena una degradación en la cobertura vegetal, con un área de 1.396,16 Ha. (Figura 2)

Este fenómeno ha venido en aumento en la última década, producto de la intervención antrópica, como factor principal, que van de la mano de los procesos de desarrollo socioeconómico del país, para el año 2010 se evidencia un aumento en la pérdida de la cobertura vegetal (figura 3) con un área de 3.638,89 ha y a causa de esto se evidencia una disminución en la cobertura vegetal respecto al año 2001 que es tomado como referente en el análisis multitemporal con un área de 40.019,91 ha.

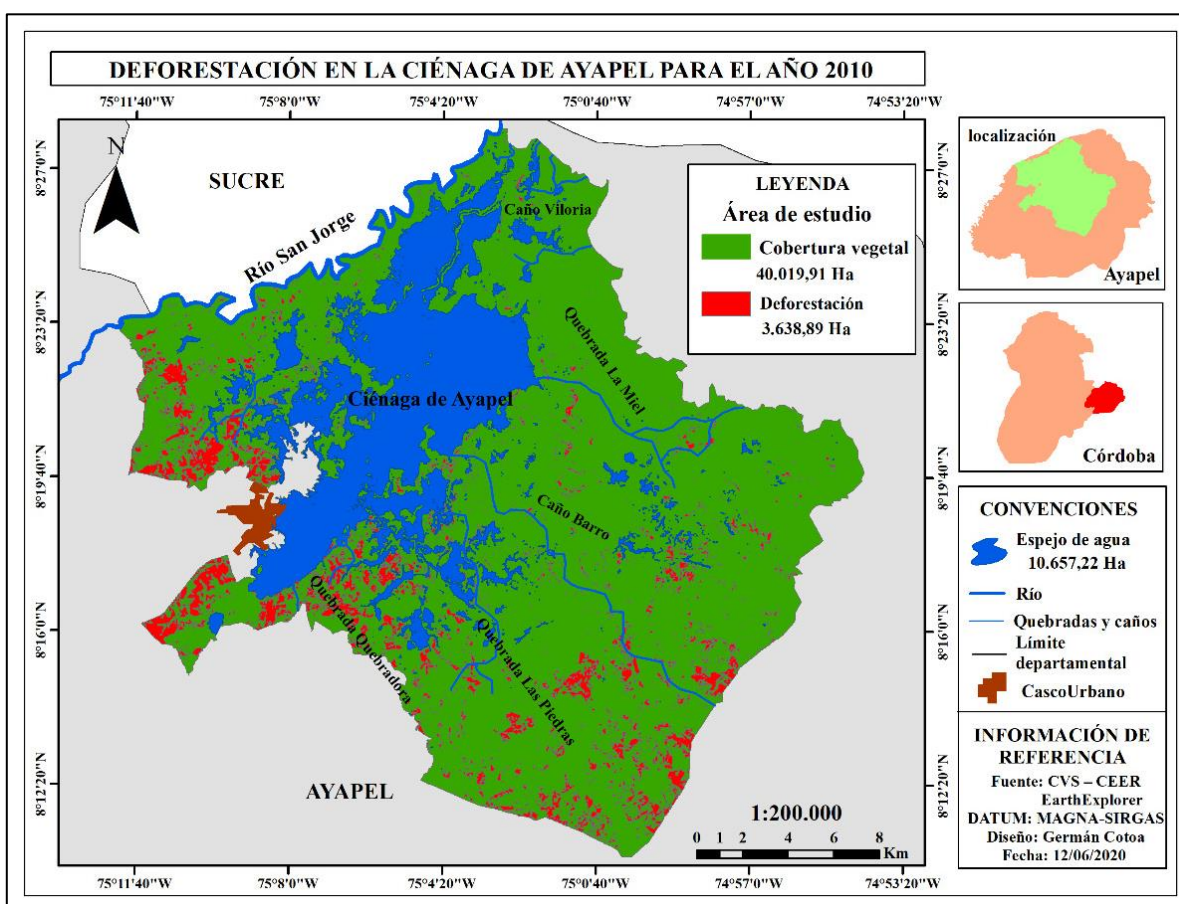


Figura 3. Deforestación en la ciénaga de Ayapel para el año 2010. **Fuente:** Elaboración propia con base en Imagen satelital Landsat 5

Al Igual se utiliza la técnica composición en falso color RGB con el fin de evidenciar y diferenciar la cobertura vegetal presente en la zona de estudio, se emplea la composición en falso color RGB 742, para identificar los elementos territoriales, como la vegetación y las masas de agua (Matellanes, 2012).

En la figura 4 se puede observar las áreas de color rosa, que corresponde a la cobertura de suelo desnudo

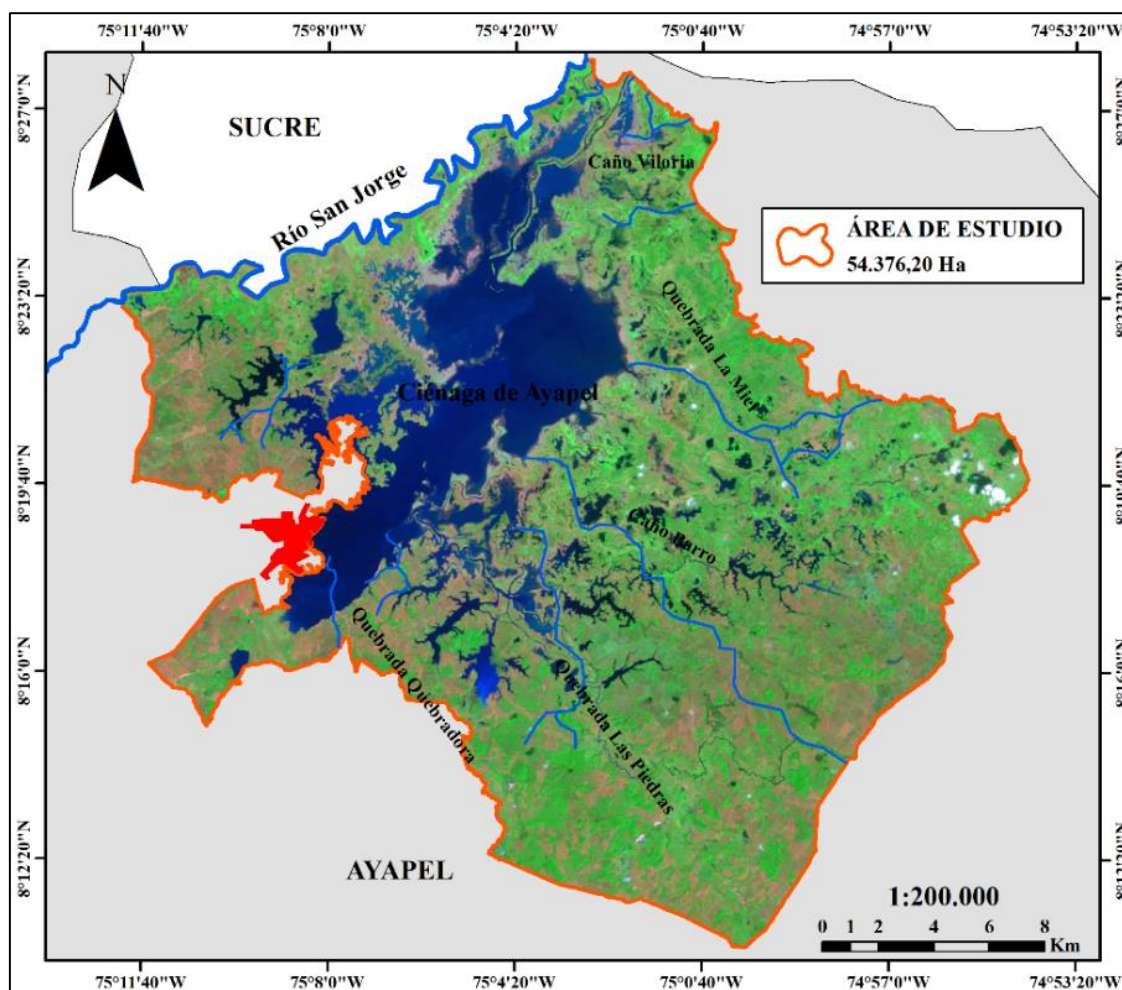


Figura 4. Composición en falso color RGB 742 de la Ayapel para el año 2010. *Fuente:* Elaboración propia con base en Imagen satelital Landsat 8 y IGAC

Como se menciona anteriormente el factor natural también interviene el proceso de deforestación en la ciénaga, para este caso, son las inundaciones, precedida por las épocas lluviosas, afectando directamente la zona donde se encuentra la cobertura vegetal. Según Correa (2016), el mangle y las especies nativas de la ciénaga de Ayapel hacen parte del pasado. Esta reserva sufre de una muerte lenta provocada por el mercurio y las inundaciones recientes. Su deterioro empezó progresivamente en 2011 cuando las lluvias anegaron la región. Hoy, a la desaparición del mangle y de las especies se le suma la minería y la falta de institucionalidad que tienen a este Distrito de Manejo Integrado, sumergido en el deterioro.

Para el año 2011 se presentó en la ciénaga de Ayapel el fenómeno de la deforestación por causa natural, como se menciona anteriormente se ha dado por el desbordamiento del río Cauca y al aumento del cauce del río San Jorge, este factor posee una mayor incidencia, debido a que la ciénaga pertenece un complejo cenagoso, donde convergen varios afluentes, que al desbordarse, estas aguas llegan cerca e incluso directamente a las áreas donde se encuentran la cobertura vegetal, inundando estas zonas, provocando su degradación y ocasionando la pérdida de su vegetación; en la figura 5 se observa que para el año 2014 el fenómeno se duplicó aproximadamente respecto al año 2010 donde el área deforestada presenta un aumento de 6.373,32 Ha, y la disminución de la cobertura vegetal (37.285,74 Ha)

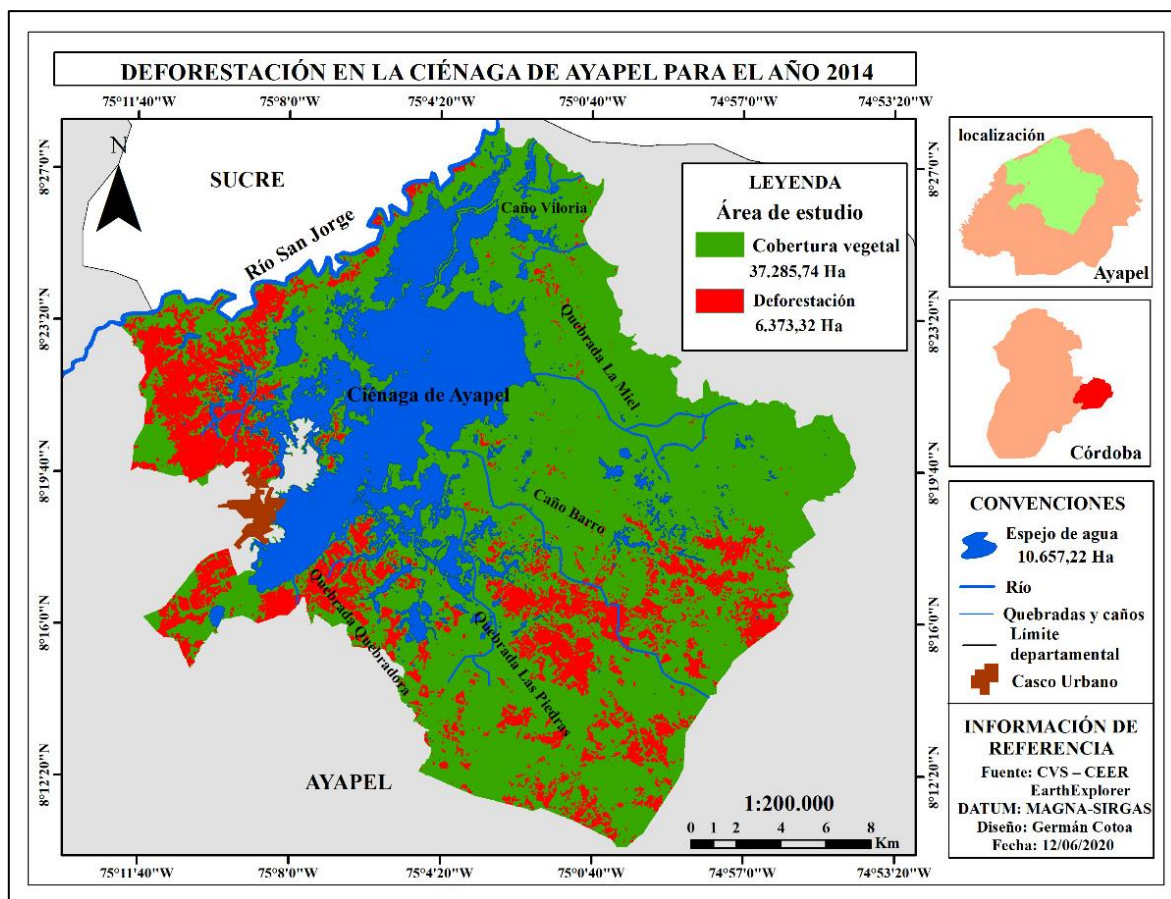


Figura 5. Deforestación en la ciénaga de Ayapel para el año 2014. *Fuente:* Elaboración propia con base en Imagen satelital Landsat 8

Este fenómeno de la deforestación sigue en aumento al transcurrir los años, presentando por efecto la disminución del espejo de agua como se aprecia en la figura 6, en el año 2018 este

cuerpo de agua presenta un área de 8.070,79 ha y un área deforestada de 8.848,93 ha y a su vez por factores como la tala de árbol para uso comercial.

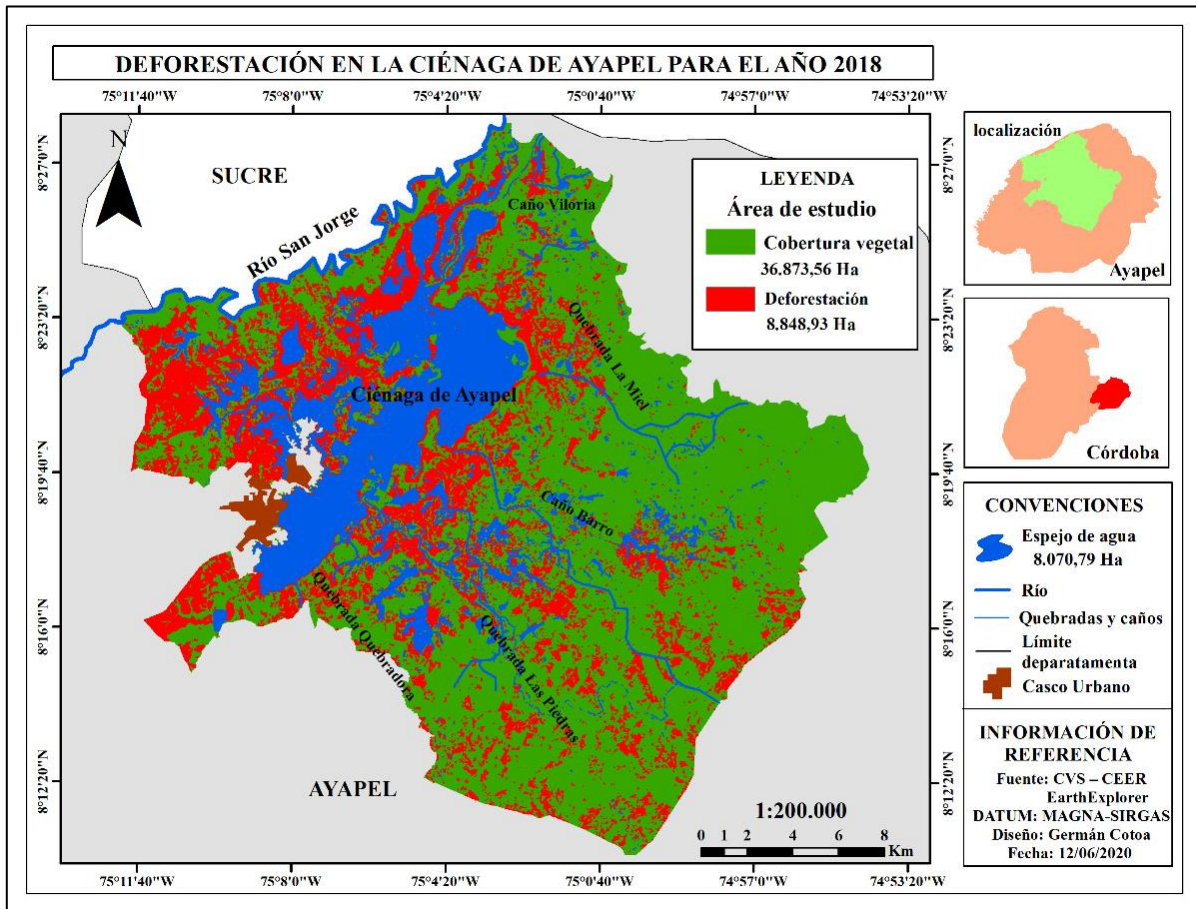


Figura 6. Deforestación en la ciénaga de Ayapel para el año 2018. **Fuente:** Elaboración propia con base en Imagen satelital Landsat 8

La deforestación, principalmente es consecuencia del aprovechamiento irracional de los recursos, la transformación del medio natural por las actividades del hombre (agricultura, ganadería, turismo e industria), la presión colonizadora y la aplicación inadecuada de los agroquímicos deterioran la biodiversidad y llevan a la extinción de especies naturales y alteran el equilibrio del ecosistema al destruir el hábitat de las comunidades de animales. (Aguilera, 2009).

En la composición en falso color RGB 742, se logra evidenciar la presencia de las áreas de suelo desnudo (color rosa) y la disminución del espejo de agua (Figura 7)

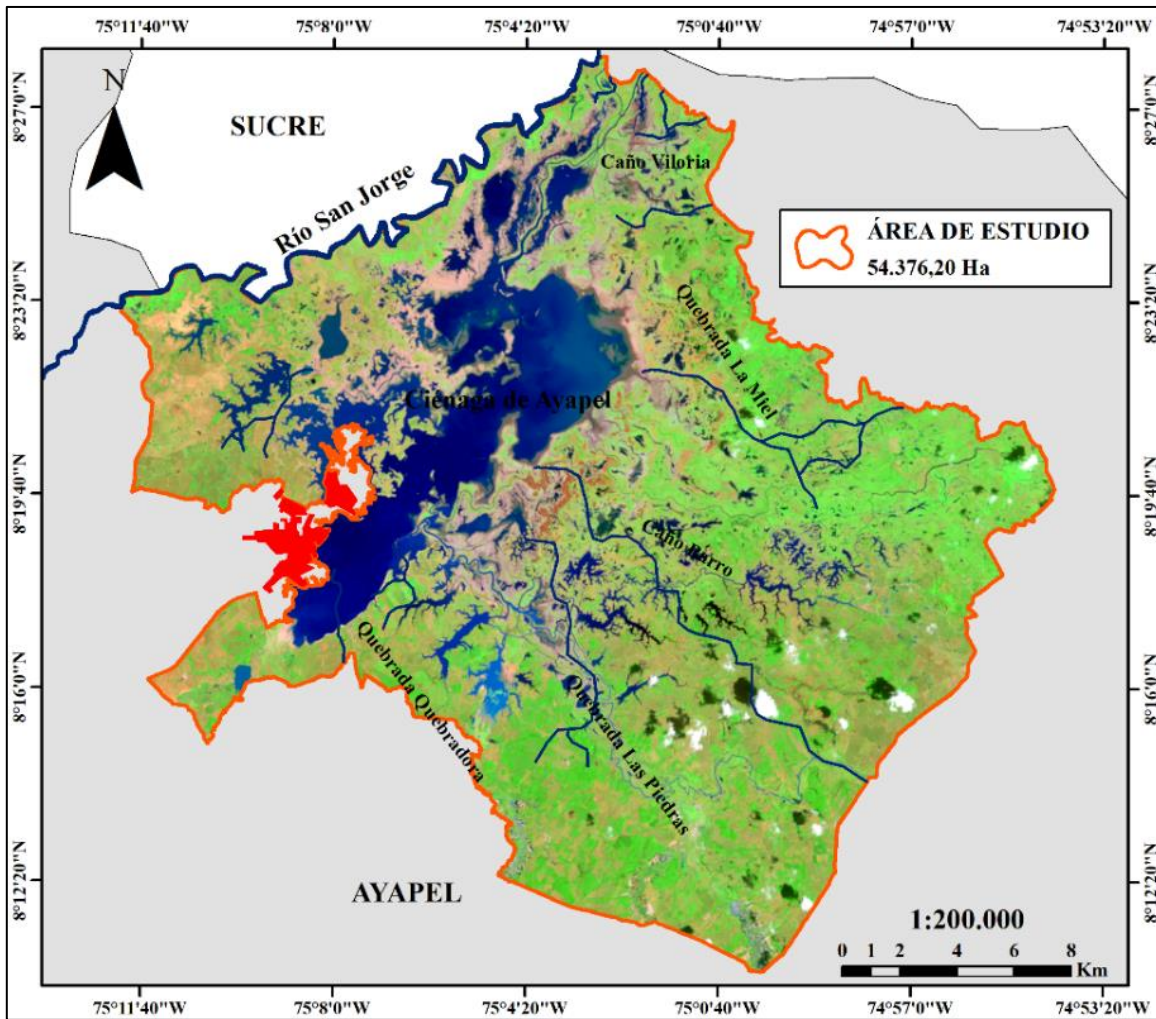


Figura 7. Composición en falso color RGB 742 de la Ayapel para el año 2018. Fuente: Elaboración propia con base en Imagen satelital Landsat 8 y IGAC

Para los 2 primeros meses del año 2020, Las área deforestada sigue en aumento con 10.107,63 Ha y la disminucion de la cobertura vegetal con 36.132,95 Ha. (figura 8), La magnitud de la deforestación en esta área ha sido tan grande que ya no se observa bosques primarios, ya que han sido remplazados o simplemente se observa suelo desnudo, las pocas especies que aún se encuentran en el área presentan características ambientales e incluso económicas (CVS, 2007), por lo que fueron utilizadas para fines comerciales, domésticos, entre otros, llevando a este complejo cenagoso a un proceso de detrimento y posteriormente a una posible desaparición.

Otros aspectos asociados a la degradación de este complejo de humedales son: la alteración de la dinámica hídrica natural por la construcción de muros de contención (jarillones) y

canales para la sedimentación de las ciénagas; pérdida de las áreas de uso público (playones), por la apropiación expansionista de los propietarios de terrenos de las orillas. (Aguilera, 2009).

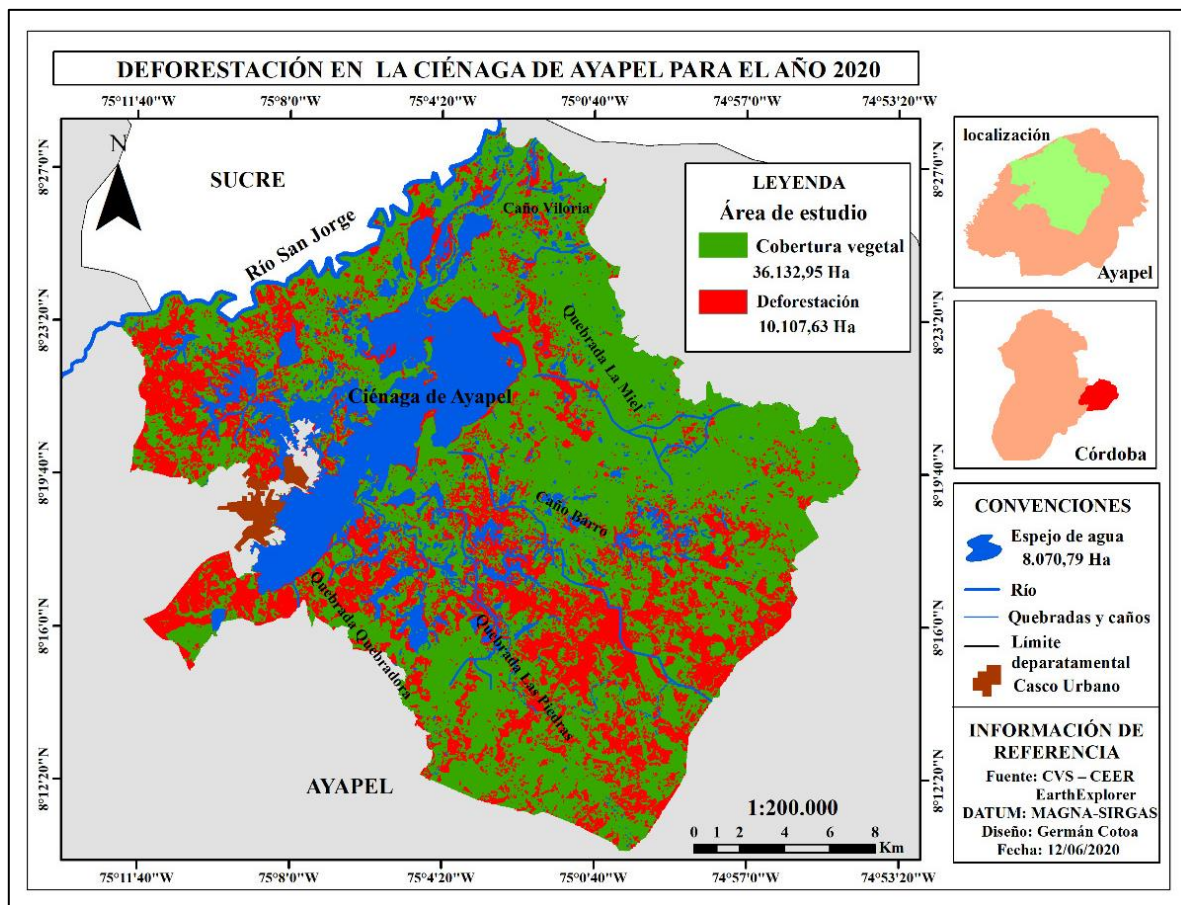


Figura 8. Deforestación en la ciénaga de Ayapel para el año 2020. **Fuente:** Elaboración propia con base en Imagen satelital Landsat 8

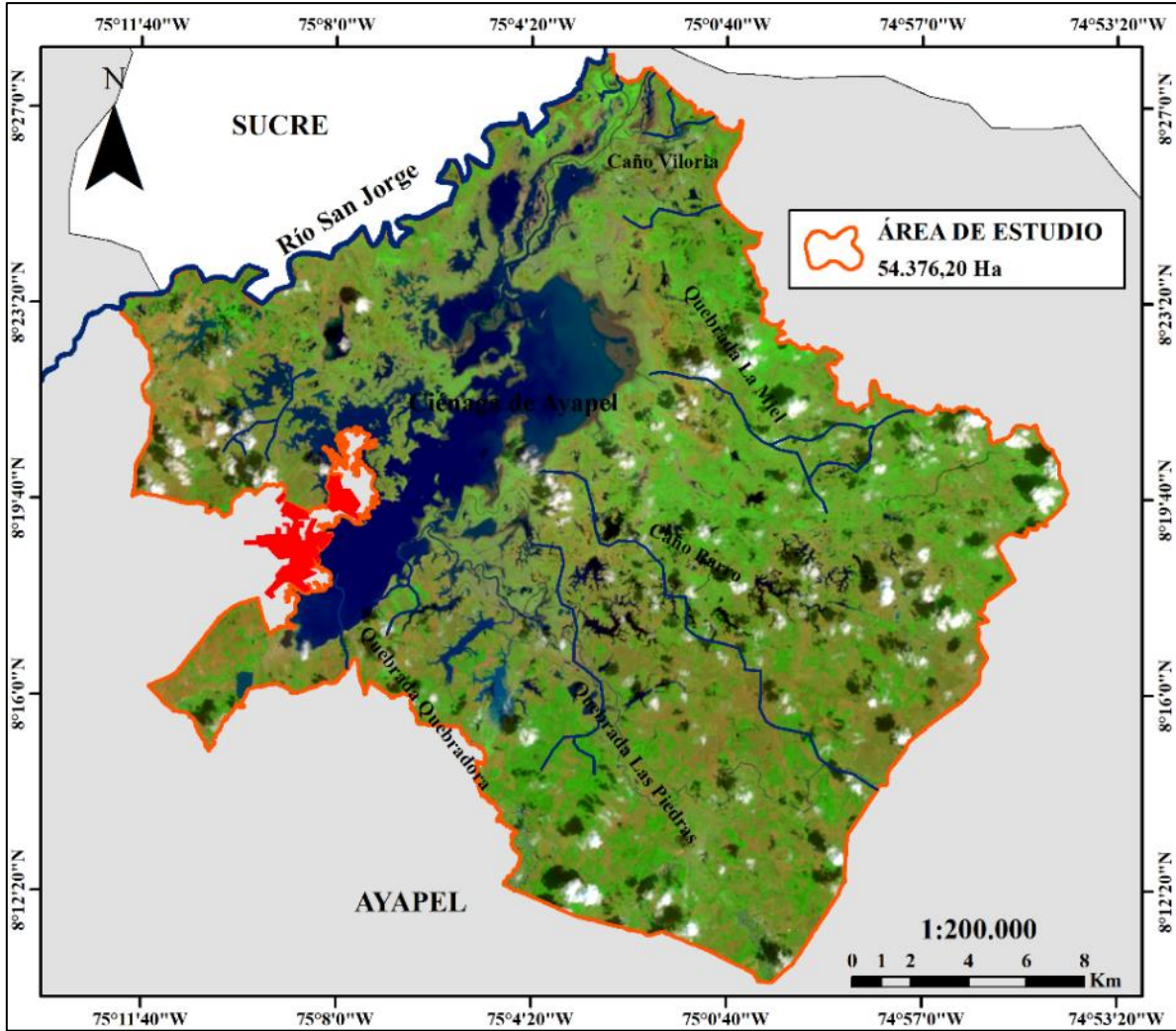


Figura 9. Composición en falso color RGB 742 de la Ayapel para el año 2020. *Fuente:* Elaboración propia con base en Imagen satelital Landsat 8 y IGAC

En las anteriores composiciones en falso color RGB 742, de verde a verde oscuro se observan las áreas forestales y las áreas de suelo desnudo se evidencia de color rosa a rojizo según la concentración de humedad presente en estos (IGAC,2005). Utilizadas para corroborar el fenómeno de la deforestación. (Figuras 4,7 y 9).

3.1 Determinación de la tasa y de la línea de deforestación

Tabla 3. Tasa de deforestación

| Categoría | Años | Área (Ha) | Perdida (Ha) | Tasa de deforestación anual |
|-------------------|------|-----------|--------------|-----------------------------|
| Cobertura vegetal | 2010 | 40.019,91 | 3.886,96 | 388,696 Ha/años |
| | 2020 | 36.132,95 | | |

Fuente: elaboración propia

Tabla 4. Área de cobertura decreciente en el periodo 2010 – 2020

| Cobertura | Área 2010 (Ha) | Área 2020 (Ha) | Perdida (Ha) |
|-------------------|----------------|----------------|--------------|
| Cobertura vegetal | 40.019,91 | 36.132,95 | 3.886,96 |
| Espejo de agua | 10.657,22 | 8.070,79 | 2.586,44 |

Fuente: elaboración propia

Este indicador nos muestra que la deforestación en la Ciénaga de Ayapel para el periodo 2010 – 2020, se evidencia la pérdida de la cobertura vegetal en 3.886,96 Ha a causa del fenómeno de la deforestación, lo que equivale a una tasa de deforestación de 388,696 Ha/años (tabla 3) y en la tabla 4 se muestran las áreas de las coberturas, para las categorías que tuvieron un decrecimiento. Cabe mencionar que la máxima pérdida se observa en la cobertura vegetal, con 3.886,96 ha en un periodo de 10 años

4. CONCLUSIONES

La tasa de deforestación en la ciénaga de Ayapel durante el periodo 2010 - 2020 es elevada y alarmante, es de 388,696 ha/años, en efecto y asumiendo el proceso de pérdida de la cobertura boscosa, siendo sus causantes principales factores ambientales, económicos y sociales, que combinados desencadenan el aumento del fenómeno, entre ellos la alta población que se dedican a la agricultura, ganadería, y la explotación de madera y a la minería ilegal.

A partir de la elaboración de este artículo, se aprecia la necesidad de evaluar en forma frecuente y el seguimiento del fenómeno de la deforestación en el área de estudio, a través de sensores remotos e imágenes satelitales, lo que permite mitigar la pérdida de la biodiversidad, cambios en las condiciones climáticas y la disminución del oxígeno en la atmósfera y muchos otros factores a causa de la pérdida de las áreas boscosas.

Las imágenes satélites son un instrumento muy útil en los estudios multitemporales, que permiten hacer un seguimiento continuo de los distintos procesos que afectan la cobertura boscosa de un territorio, en este caso al fenómeno de la deforestación, permitiendo ver su evolución a través de los años, siendo así una alternativa viable en la planificación de las actividades encaminadas al manejo forestal de cada espacio.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilera, M. (2009). *Centro De Estudios Económicos Regionales (CEER) Del Banco De La República*. Obtenido de.: [Http://Www.Banrep.Gov.Co/Es/Investigacion/Cartagena-Centro-De-Estudios-Economicos-Regionales-Ceer](http://Www.Banrep.Gov.Co/Es/Investigacion/Cartagena-Centro-De-Estudios-Economicos-Regionales-Ceer)

Alzate, A. (S.F.). *TEORÍA GENERAL DE SISTEMAS*. Universidad Nacional De Colombia Sede Manizales. Obtenido de: Universidad Nacional De Colombia Sede Manizales.

Celis, A; Santisteban, J. all. (2018). *Bosque Mediterráneo Y Humedales: Paisaje, Evolución Y Conservación. Aportaciones Desde La Biogeografía*. Ciudad Real (España): Almad, Ediciones De Castilla-La Mancha.

Corporación autónoma regional de los valles del Río Sinú y del San Jorge, CVS, (2007). *Plan De Manejo Ambiental Del Complejo De Humedales De Ayapel*, Grupo De Investigación En Gestión Del Desarrollo Ambiental-GAIA, Corporación Académica Ambiental, Medellín, Universidad De Antioquia. Obtenido De [Http://Www.Banrep.Gov.Co/Es/Contenidos/Publicacion/Ci-Naga-Ayapel-Riqueza-Biodiversidad-Y-Recursos-H-Dricos](http://Www.Banrep.Gov.Co/Es/Contenidos/Publicacion/Ci-Naga-Ayapel-Riqueza-Biodiversidad-Y-Recursos-H-Dricos)

Chadid, M. (2014). *Patrones y dinámica de deforestación en la Serranía San Lucas, Colombia*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de: <http://bdigital.unal.edu.co/49018/1/Tesis>

- Correa, A. (2016). *El Colombiano*. Obtenido de SOS para salvar 160 km² de la ciénaga de Ayapel: <https://www.elcolombiano.com/colombia/sos-para-salvar-160-km2-de-la-cienaga-de-ayapel-FE5042263>
- Echavarría, F. (1991). *Base de Datos de la Biblioteca Universidad de Córdoba: Cuantificación de la Deforestación en el Valle del Huallaga*. Obtenido de: Obtenido de: <https://ezproxyucor.unicordoba.edu.co/login?url=https://www.jstor.org/stable/40992638?Search=yes&resultItemClick=true&searchText=deforestacion&searchUri=%2Faction%2FdoBasicSearch%3FQuery%3Ddeforestacion%26amp%3Bacc%3Don%26amp%3Bwc%3Don%26amp%3Bfc%3Doff%26>
- FAO. (2012). Programa de evaluación de los recursos forestales FRA -2015. Roma Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Obtenido de: <http://www.fao.org/docrep/0177ap863s/ap862s00.pdf>
- Geoinstitutos. (2016). *la cobertura vegetal en la cuenca del canal de Panamá*. Obtenido de: http://www.geoinstitutos.com/art_03_cober2.asp
- García E. & Llellish M. A. (2012). Cartografiado De Bofedales Usando Imágenes De Satélite Landsat En Una Cuenca Altoandina Del Perú. *Revista De Teledetección* 38: 92-108. Obtenido de Http://Www.Scielo.Org.Pe/SciELO.Php?Script=Sci_Arttext&Pid=S1726-22162015000200004
- Geo University. (2019). *Remote Sensing Satellite Data and Spectral Indices*. Obtenido de: <https://www.geo.university/pages/spectral-indices-with-multispectral-satellite-data>
- IGAC. (2005). *Interpretación visual de imágenes de sensores remotos y su aplicación en levantamiento de cobertura y uso de la tierra*. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Instituto Alexander von Humboldt. (2019). Transiciones Socioecológicas hacia la Sostenibilidad. Obtenido de Semana Sostenible: <Https://Sostenibilidad.Semana.Com/Medio-Ambiente/Articulo/Deforestacion->

Culpable-Del-15-Por-Ciento-De-La-Transformacion-De-Los-Humedales-Colombianos/42842

Municipio de Miranda, Cauca, Colombia. (2000). *Esquema de Ordenamiento Territorial*
Obtenido de:
<http://crc.gov.co/files/ConocimientoAmbiental/POT/miranda/08%20COBERTURA%20Y%20USO.pdf>

Matellanes, R. (2012). *Asociación Geoinnova*. Obtenido de Composiciones RGB de imágenes satélite: <https://geoinnova.org/blog-territorio/composiciones-rgb-de-imagenes-satelite/>

Osorio, P. (2017). *estrategias geográfico-ambientales para preservar el humedal de río viejo (san luis-tolima)*. obtenido:
[Https://Repository.Udca.Edu.Co/Bitstream/11158/791/1/TRABAJO%20INVESTIGATIVO.Pdf](https://Repository.Udca.Edu.Co/Bitstream/11158/791/1/TRABAJO%20INVESTIGATIVO.Pdf)

Otto M., Scherer D. & Richters J. (2011). Hydrology differentiation and spatial distribution of high altitude wetlands in a semi-arid Andean region derived from satellite data. *Hydrology and Earth System Sciences*. 15: 1713-1727.

Postigo J. C., Young K. R. & Crews K. A. (2008). Change and continuity in a pastoralist community in the high Peruvian Andes. *Human Ecology*. 36(4):535–551.

Pacheco, C, Aguado, I, Mollicone, D. 2008. *Base de Datos de la Biblioteca Universidad de Córdoba: Dinámica de la de forestación en Venezuela: análisis de los cambios a partir de mapas históricos*”, Obtenido de: <https://ezproxyucor.unicordoba.edu.co:2113/docview/886035983/F5D6C5B2EC37416FPQ/4?accountid=137088>

Palacios, E. (2015). *Análisis multitemporal de los cambios de la cobertura boscosa en la Zona Pacífico, norte del departamento del Chocó, 1990 – 2014, realizado por Erika Palacios, 2015*. Obtenido de

http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/2459/Palacios_Bermudez_Erika_2015.pdf?sequence=1

Quiroz R. & Saatchi S. (1999). *Mapping Aquatic And Agricultural Vegetation Of Altiplano, Agriculture And Agroforestry Management*. CIFOR, Lima, Peru. Obtenido de Http://Www.Scielo.Org.Pe/Scielo.Php?Script=Sci_Arttext&Pid=S17262216201500020004

SIAT-AC (2015). *Sistema Información Ambiental Territorial de la Amazonia Colombiana*. Instituto Sinchi. Obtenido de <http://siatac.co/web/guest/tasa-deforestacion>

