



**ANÁLISIS DE FRAGMENTACIÓN Y CONECTIVIDAD PARA LA CUENCA  
BAJA DEL RIO BITA, DEPARTAMENTO DEL VICHADA**

**DIEGO FELIPE MORALES RIOS**  
Código 11792312963  
**MARCOS ALBERTO PUYO CASTRO**  
Código 11792316282

**UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO**

Facultad de Ingeniería Ambiental Especialización en Sistemas de Información Geográfica

Bogotá, Colombia

Año 2023

**ANÁLISIS DE FRAGMENTACIÓN Y CONECTIVIDAD PARA LA CUENCA  
BAJA DEL RIO BITA, DEPARTAMENTO DEL VICHADA**

**DIEGO FELIPE MORALES RIOS**  
Ingeniero Forestal  
**MARCOS ALBERTO PUYO CASTRO**  
Administrador Ambiental

Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de  
**ESPECIALISTA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

Director:  
DAVID DONCEL BALLEEN  
M.Sc. Ciencias de la Información y las Comunicaciones

**Universidad Antonio Nariño**  
Facultad De Ingeniería Ambiental  
Especialización en Sistemas de Información Geográfica  
Bogotá D.C, Colombia  
2023

**Nota de Aceptación**

---

---

---

---

**Director del Proyecto**

DAVID DONCEL BALLEEN

M.Sc. Ciencias de la Información y las Comunicaciones

---

**Jurado**

---

**Jurado**

**Bogotá, D.C, noviembre 08 de 2023**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mi familia,  
gracias por su apoyo absoluto y por creer en mí.  
Diego

Dedico este trabajo a mi familia, sin su apoyo cariño y comprensión no sería posible este  
nuevo peldaño en mi vida.  
A mi hija, llegar tan lejos es relativo como tus ganas de seguir adelante.  
Finalmente, a mi esposa por su compañía, guianza y apoyo incondicional.  
Marcos

## **AGRADECIMIENTOS**

Especial agradecimiento al profesor David Doncel Ballen, M.Sc. Ciencias de la Información y las Comunicaciones; por su paciencia, indicaciones y aportes en la estructuración de este proyecto.

# TABLA DE CONTENIDO

<b>Lista de Tablas</b>	8
<b>Lista de Figuras</b>	9
<b>Resumen</b>	10
<b>Abstract</b>	11
<b>1.Introducción</b>	12
<b>2. Planteamiento del Problema</b>	14
<b>3. Justificación</b>	16
<b>4.Objetivos</b>	17
4.1 Objetivo General	17
4.2 Objetivos Específicos	17
<b>5.Marco Teórico</b>	18
5.1 Área de Estudio	18
5.2 Cuenca Hidrográfica	23
5.3 Metodología Corine Land Cover	23
5.4 tipos de Análisis Ambientales	26
5.4 Análisis y Métricas del Paisaje	27
5.4.1 Tipos de Métricas Existentes	27
5.4.2 Métricas de Parche	28
5.4.3 Métricas De Clase	28
5.4.4 Métricas de Diversidad	28
<b>6. Metodología</b>	32
6.2 Imágenes Satelitales	33
6.4 Métricas Analizadas	34
<b>7. Resultados y Análisis de Resultados</b>	35
7.1 Análisis de Cambio	35
7.2 Análisis de Pérdida/Ganancia en Coberturas no Naturales y Superficies de Agua	41
7.3 Análisis de Pérdida/Ganancia en Coberturas Naturales y Seminaturales	44
7.4 Métricas de Fragmentación	48
<b>8. Conclusiones y recomendaciones</b>	60
<b>Bibliografía</b>	61

## **Lista de Tablas**

Tabla 1 Características satelitales de las imágenes	32
Tabla 2 Unidades de coberturas de la tierra en áreas (ha) periodo 2010 - 2022	35
Tabla 3 Cambio en las unidades de cobertura de la tierra entre el 2010-2022	39
Tabla 4 Resumen métricas de fragmentación para las coberturas naturales en los periodos 2010 y 2022	48

## Lista de Figuras

Figura 1 Mapa División Política del Departamento del Vichada	20
Figura 2 Zonificación del río Bita	21
Figura 3 Área de estudio	23
Figura 4 Esquema	34
Figura 5 Leyenda Coberturas de la Tierra	41
Figura 6 Coberturas año 2010	42
Figura 7 Coberturas año 2022	43
Figura 8 Distancia euclidiana al vecino más cercano	55
Figura 9 Área promedio de fragmentos	56
Figura 10 Número de parches	57
Figura 11 Densidad de borde	58
Figura 12 Radio de giro	59
Figura 13 Índice de forma	60
Figura 14 Índice de dimensión fractal	61
Figura 15 Índice de conectancia	62
Figura 16 Índice de Cohesión	63



## **Resumen**

El propósito de este proyecto de investigación es describir e identificar las áreas naturales como morichales, bosques de galería y áreas inundables, que han sido afectadas por la pérdida de coberturas naturales por efecto de las actividades antrópicas en las áreas pertenecientes a la cuenca baja del río Bitá en el Departamento del Vichada.

Mediante el uso de Sistemas de información Geográfica (SIG), el procesamiento digital de imágenes, el análisis multitemporal y el análisis de fragmentación, se muestran las zonas intervenidas por la expansión de la frontera agrícola y pecuaria. Al analizar las métricas de fragmentación aplicadas para el periodo 2010-2022, se encuentra que el impacto generado sobre las Coberturas Naturales (CN) es negativo tanto en la pérdida de áreas, en valores de conectividad espacial, en el grado de agregación, así como la dominancia y conectancia de las CN.

### **Palabras claves**

Coberturas naturales; sistemas de información geográfica; vegetación secundaria; imágenes Landsat; biota; cuenca; zonas de expansión; análisis multitemporal; fragmentación; ecosistema; conectividad.

## **Abstract**

The purpose of this research project is to describe and identify natural areas such as morichal palm swamps, gallery forests, and floodplains that have been affected by the loss of natural vegetation cover due to human activities in the areas belonging to the lower basin of the Bitá River in the Department of Vichada.

Through the use of Geographic Information Systems (GIS), digital image processing, multi-temporal analysis, and fragmentation analysis, the areas impacted by the expansion of agricultural and livestock frontiers are shown. By analyzing the fragmentation metrics applied for the 2010-2022 period, it is found that the impact generated on Natural Covers (NC) is negative both in the loss of areas, in values of spatial connectivity, in the degree of aggregation, as well as the dominance and connectedness of NCs.

### **Key words**

Natural cover; geographic information systems; secondary vegetation; Landsat images; biota; watershed; expansion zones; multitemporal analysis; fragmentation; ecosystem; connectivity.

## **1. Introducción**

Entre los ecosistemas de la cuenca baja del río Bita en el departamento del Vichada hacen presencia bosques de galería, sabanas de herbazales inundables o de tierra firme, morichales (palmares), otros cultivos permanentes arbóreos y pastos, así como diversa fauna; aunque los asentamientos humanos presentes son una dinámica socioeconómica importante que, junto con las actividades productivas, causan procesos de transformación en las Coberturas Naturales (CN).

La fragmentación es la afectación que se genera en el área de un ecosistema por la aparición de nuevas fronteras como la deforestación, vías o asentamientos humanos que una vez intervenido reduce la conectividad de las CN repercutiendo en la calidad de estas áreas y su normal proceso continuo y dinámico, por lo que estos efectos modifican la estructura del paisaje generando consecuencias sobre los ecosistemas presentes que ocasionan fenómenos como la pérdida de biodiversidad y cobertura vegetal, y división del terreno.

Acorde a lo mencionado por (M. Gómez et al., 2005), “Una de las principales amenazas que se evidencian impactan la diversidad biológica es la fragmentación del terreno y pérdida de hábitat; por ende, uno de los efectos negativos de las actividades antrópicas que se dan como consecuencia de la pérdida de hábitat es el confinamiento de las CN y la disminución o extinción de especies.”

Mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), se hacen los análisis multitemporal y de fragmentación de las zonas de expansión agrícola y pecuaria que deterioran la biodiversidad y CN, las cuales están presentes en las fuentes hídricas que alimentan la cuenca baja del río Bita; se plantean áreas aptas para la conservación que permitan recuperar las superficies afectadas, y de esta manera, lograr evidenciar los cambios

cualitativos y cuantitativos de la pérdida de ecosistemas y CN en el tiempo 2010-2022, evaluando la conectividad y la fragmentación del área de estudio.

De esta forma, en la cuenca baja del río Bitá, área objeto de este estudio, se presentan resultados que permitan a las autoridades gubernamentales tomar decisiones, así como las respectivas acciones para la restauración de las CN que mitiguen los impactos generados sobre el manejo adecuado del ecosistema e implementar medidas que permitan incrementar la conectividad mediante el aumento de coberturas forestales y corredores biológicos.

## **2. Planteamiento del Problema**

Delimitar las áreas de protección ambiental es una estrategia de recuperación ecosistémica de valor significativo, para lo cual se deben conocer espacialmente las zonas donde concentrar los esfuerzos para aplicar estrategias de protección y recuperación ecosistémicas. Una falencia evidente en casi todas las áreas protegidas o de conservación del país es la falta de herramientas y metodologías que permitan dimensionar y especializar los lugares donde concentrar los esfuerzos mediante criterios técnicos y métricas utilizados y validados en procesos exitosos en Colombia o en otras partes del mundo.

Con base en lo descrito, se formulan los siguientes interrogantes que favorecerán el entendimiento de las dinámicas por las que ocurren la fragmentación y la conectividad que provocan la pérdida de CN en la parte baja del río Bitá.

Según Corporinoquia la actividad económica en el Vichada que representa la mitad del PIB es la ganadería, generando esto la expansión hacia las CN circunvecinas, con lo cual según esta corporación tiene el doble de ocupación que la actividad agrícola, (P. Gómez, 2017). En consecuencia, surge el siguiente interrogante ¿Cuáles son los aspectos asociados a los cambios de CN? En el país las evidencias de la pérdida de biodiversidad no son cuantificadas debido a su gran dificultad y su dinámica que va en aumento en las diferentes zonas. Según el V Informe de biodiversidad de Colombia (MADS y PNUD 2014, 2014); los bajos niveles alcanzados frente a las metas propuestas para evitar la transformación, reducción y pérdida de hábitat naturales, así como la fragmentación de los bosques (Del Río et al., 2017).

Una mejor interpretación de lo anteriormente mencionado se puede inferir con la siguiente pregunta ¿Cómo cambian las áreas en la zona de estudio, debido a los aspectos que influyen en la dinámica temporal de las CN? Los cambios evidenciados en las CN amenazan

a la ecología y al bienestar de los asentamientos humanos en el área; estos cambios son resultado de actividades humanas diversas que alteran la CN, esto acarrea consecuencias negativas al clima, a la biodiversidad etc.; dado esto se deben tomar medidas de conservación y manejo sostenible de las CN y los servicios ecosistémicos que brindan. Igualmente, se indaga respecto a ¿Cuáles son las áreas de CN que se deben priorizar, para un manejo de conservación?; teniendo en cuenta que las áreas a que se priorizan en este análisis saldrán del resultado que se obtenga a partir del procesamiento digital de imágenes y del análisis de fragmentación y conectividad, no obstante debido a los impactos negativos mencionadas, se requiere detectar aquellas áreas de bajo manejo de conservación, representatividad, vulnerabilidad, conectividad e importancia económica; dado que estas áreas albergan una gran biodiversidad, proveen servicios ambientales y beneficiando en la parte baja del río Bitá a las comunidades presentes.

### **3. Justificación**

Cuantificar el cambio en área de las CN en la zona escogida, las áreas actuales con alto potencial de expansión y las de mayor riesgo de desaparición, se necesita para poder evidenciar el impacto de las actividades antrópicas sobre los ecosistemas naturales que han deteriorado el ambiente de las especies que permanecen en áreas con gran diversidad, por esta razón, es fundamental identificar estas áreas con gran riqueza natural para enfocar los esfuerzos de conservación.

La conservación de los ecosistemas naturales y las especies silvestres tiene grandes ventajas como la posibilidad del suministro de servicios ecosistémicos a lo largo del tiempo, como potencial turístico. Asimismo, con los resultados que se obtengan, se busca que se preste atención y se racionalice el desarrollo de programas de conservación y restauración ecológica con poca probabilidad de éxito.

Por otra parte, la implementación de la metodología Corine Land Cover permite cuantificar en términos generales cada área de cobertura y en particular para cada parche o fragmento ecológicamente funcional; así como clasificar las coberturas mediante la interpretación de imágenes satelitales para evidenciar el deterioro a las que se han sometido las CN con el aumento del desarrollo económico en los territorios.

## **4.Objetivos**

### **4.1 OBJETIVO GENERAL**

Determinar el grado de fragmentación y conectividad de las áreas de conservación y restauración ecosistémica en el periodo 2010 - 2022 en la cuenca baja del río Bita.

### **4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar las áreas naturales mediante una interpretación de uso y CN para un periodo de 12 años (2010 –2022) en el tramo final del río Bita.
- Cuantificar la ausencia de CN al periodo de 12 años (2010 –2022) mediante análisis multitemporales de imágenes satelitales.
- Evaluar métricas de fragmentación y conectividad en el área de estudio mediante la aplicación FRAGSTATS



## 5.Marco Teórico

### 5.1 ÁREA DE ESTUDIO

Con el presente documento se busca describir la fragmentación y conectividad de la CN presente en el área de estudio, con la cual se orienta a el uso de sistemas de información geográfica utilizando diferentes métricas para la caracterización del área; la estructura del paisaje se determina en su funcionalidad, espacialidad de los componentes y en su disposición, su cercanía o distanciamiento determinan la homogeneidad y sus características propias.

Dicho lo anterior la fragmentación es el proceso en el cual se degrada o modifica el entorno por medio de las variadas actividades antrópicas del desarrollo socioeconómico de las comunidades, como la ganadería, agricultura, desarrollo urbanístico e industrialización, como consecuencia de este proceso está la alteración del paisaje natural y la fragmentación de los hábitats siendo efecto la pérdida de biodiversidad. En cuanto a la conectividad es el grado de adaptación que el paisaje impide o facilita el movimiento, migración o dispersión de las especies entre los fragmentos del paisaje.

En años recientes se han realizado estudios de fragmentación y conectividad en el departamento del Vichada, como el “*Análisis multitemporal de inundación en puerto Carreño*”(Moreno Julián, 2018), Cuyo contexto primordial es realizar el análisis multitemporal del cambio de áreas inundables en el municipio de Puerto Carreño mediante imágenes de radar en un periodo de 90 días; el “*Evaluación de fragmentación de ecosistemas y propuesta de conectividad ecológica en el embalse de salvajina*” (Fernando et al., 2016), cuyo objeto fue implementar una red de conectividad ecológica que permite la restauración de los ecosistemas fragmentados del área de influencia del embalse.

El área de estudio para el análisis de la fragmentación y los cambios en la cobertura natural de la vegetación está ubicada en la cuenca baja del río Bitá, dentro del departamento de Vichada, en la región de la Orinoquia colombiana.

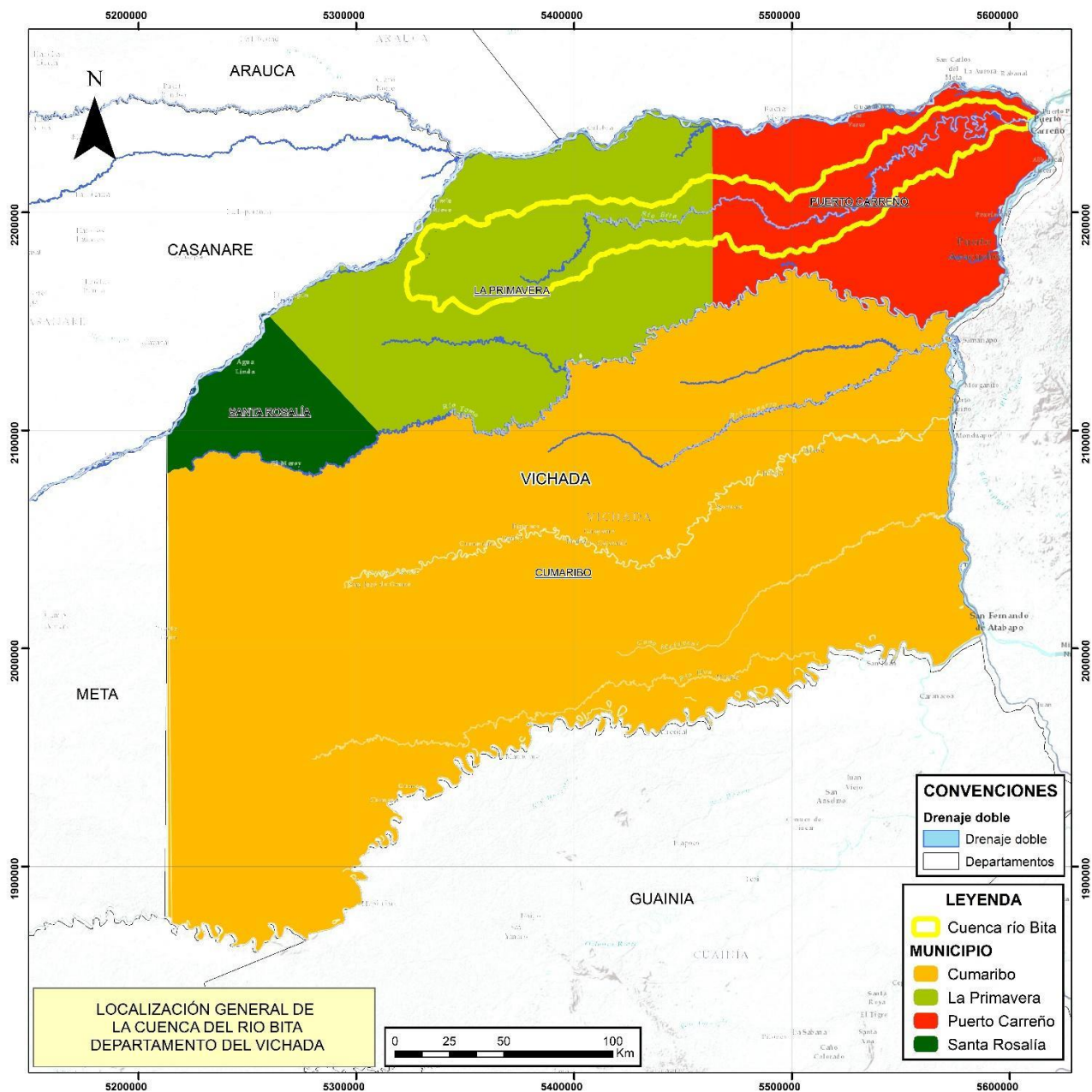
El departamento de Vichada se conforma política y administrativamente por 4 municipios: Puerto Carreño, la capital del departamento; Cumaribo, localizado en la zona sur del Vichada; La Primavera, en el occidente del departamento, sobre la ribera del río Meta; y Santa Rosalía, ubicado al nororiente. Además de estos 4 municipios, en el departamento hay 3 corregimientos, un caserío, 18 inspecciones de policía y un centro poblado.

Según cifras del año 2017, en Vichada se registraban un total de 13.812 predios en las zonas urbanas y 7.877 predios en las áreas rurales (Ver figura 1). Los 4 municipios están agrupados en 4 círculos notariales, cada uno con su propia notaría. Asimismo, el departamento pertenece a un único círculo registral, con la oficina principal ubicada en Puerto Carreño. En cuanto a lo judicial, el Vichada hace parte del distrito judicial de Villavicencio, con la cabecera en Puerto Carreño y jurisdicción en todo el territorio departamental. *Adaptado de (<https://www.todacolombia.com/departamentos-de-colombia/vichada/municipios-division-politica.html>).*

En cuanto a los estudios previos relacionados con el área de estudio se tienen “*Delimitación de la cuenca hidrográfica del río bitá, departamento del vichada a partir de modelos digitales de elevación*”(Rojas Camilo, 2019), trabajo de grado en el cual mediante el uso de modelos digitales de elevación se realiza la delimitación de la cuenca sin incurrir en altos costos; igualmente encontramos “*Perspectivas para el manejo integral del fuego en la cuenca del río Bitá*”(Meza et al., 2021), donde dada la dinámica de los incendios forestales en la cuenca del río Bitá y los impactos generados a la CN este pretende dar herramientas y orientar en las posibles estrategias para la toma de decisiones que contribuyan a la

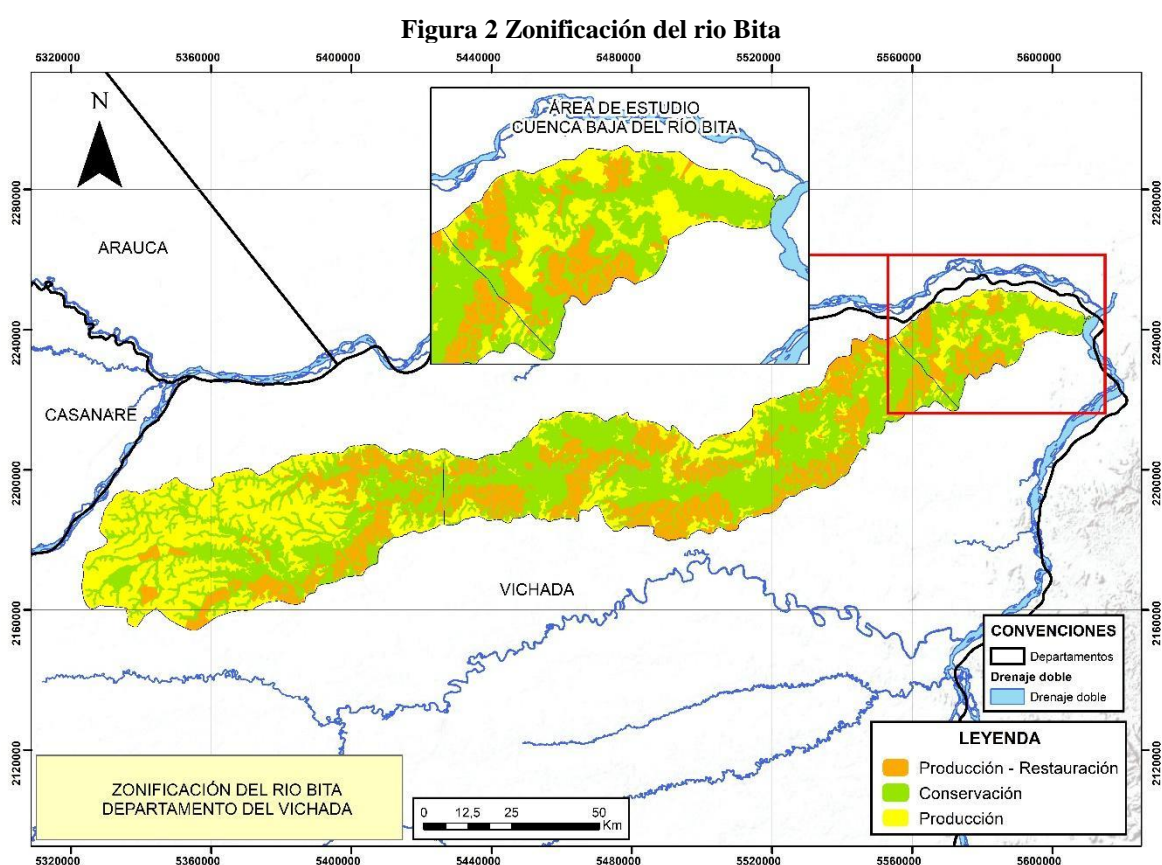
conservación del paisaje natural. También se realizó el estudio “Transformaciones territoriales ganadería y agroindustria en Vichada (Colombia)” (P. Gómez, 2017), Artículo que toma los cambios del paisaje a partir de 1950, año en que se tecnifica la ganadería transformando la naturaleza y el paisaje, así como el uso del suelo.

**Figura 1 Mapa División Política del Departamento del Vichada**



Fuente: Elaboración propia, 2023

El río Bitá nace en las sábanas del municipio de La Primavera y finaliza su recorrido en Puerto Carreño en donde confluye con el río Orinoco (Ver figura 2). La temperatura promedio anual de la cuenca oscila entre los 27 a 28°C, tiene un régimen de precipitaciones monomodal entre los 2000 a 2500 mm al año, con lluvias desde abril hasta finales de noviembre, además de un periodo seco de diciembre a marzo. De acuerdo con la delimitación hidrográfica de la cuenca, esta tiene una longitud total de 7.182 km, su cauce principal tiene una longitud de 510 m, y hay 5070 cauces (Meza et al., 2021)



El río Bitá, con sus 824.500 hectáreas de cuenca hidrográfica y 598 kilómetros de recorrido por las llanuras del Orinoco, es considerado un verdadero tesoro en cuanto a biodiversidad en esta región de Colombia.

Este importante afluente del Orinoco alberga en su cuenca una sorprendente diversidad biológica, siendo el hogar de al menos 1.474 especies registradas de plantas, 254 especies de peces dulceacuícolas, 201 especies de aves y 63 especies de mamíferos, entre los que se destacan grandes faunas como tapires, venados y el mayor felino del continente, el jaguar.

Asimismo, en el río Bitá y su cuenca se encuentran extensos y valiosos hábitats de agua dulce y bosques inundables que sirven de refugio a especies emblemáticas y carismáticas de la fauna regional como los delfines de río, la arawana azul y la tortuga charapa, convirtiendo a este sistema fluvial en un área única para la conservación.

Según el artículo de la WWF sorprendentemente, a pesar de la creciente intervención antrópica en muchas cuencas del Orinoco, se estima que más del 95% de la cuenca del río Bitá se encuentra aún en un estado prístino e intacto (World Wildlife Fund. (2021). Bitá, un río excepcional. WWF Colombia. <https://www.wwf.org.co/?365361/Bitá-un-rio-excepcional>); lo que se atribuye en gran parte a que en el año 2018 esta región fluvial fue incluida en la lista de humedales de importancia internacional Ramsar del país (Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018). De esta manera, el río Bitá se convirtió en el río más extenso de las 12 cuencas que actualmente hacen parte de los sitios Ramsar en Colombia, siendo además uno de los mejor conservados y de los pocos en el mundo que logró integrar la protección de una cuenca completa con su flujo libre y continuo.

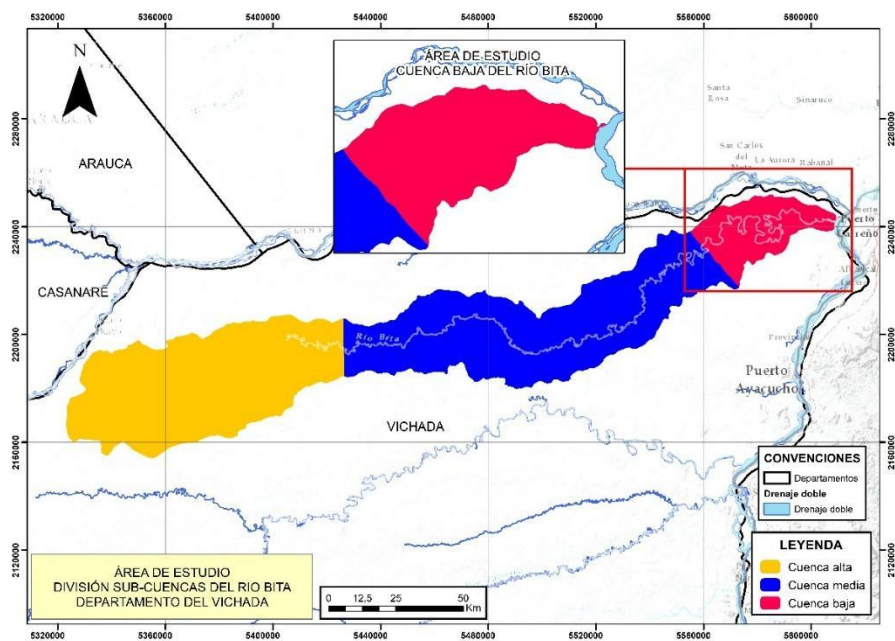
Este reconocimiento permitirá salvaguardar los frágiles pero esenciales sistemas de humedales existentes en la cuenca del Bitá, así como las características sabanas anegadizas, los complejos canales de desagüe y los valiosos ecosistemas dominados por la palma de moriche, los cuales sustentan la excepcional variedad de peces en el río, a la vez que representan la base de la economía y los ingresos para muchas comunidades locales. *Adaptado*

de (World Wildlife Fund. (2021). Bitá, un río excepcional. WWF Colombia. <https://www.wwf.org.co/?365361/Bitá-un-río-excepcional>).

A lo largo de su cauce existe la presencia de sistemas temporales inundables, llamados bosques de galería o bosques riparios alternándose con sabanas aluviales inundables, sabanas arboladas, así como afloramientos rocosos y una compleja red de humedales que son alimentado por los temporales de inundaciones destacándose los esteros, madre viejas, zurales y morichales (Trujillo & Lasso, 2017).

Hay comunidades asentadas que derivan su sustento de actividades como el turismo y la pesca, el agua a su vez es utilizada para consumo humano, ganadería y para la agricultura; siendo estas últimas las abanderadas para el desarrollo económico de la zona, de ahí deriva su gran importancia el río Bitá para el departamento del Vichada; pero estas actividades generan a su vez impactos como pérdida de biodiversidad, conectividad y fragmentación de la CN.

**Figura 3 Área de estudio**



Fuente: Elaboración propia, 2023

En la figura 3, se puede observar la zona de estudio, correspondiente cuenca baja del río Bitá, que tiene un área de 89.667,93 hectáreas, la cual se ha encontrado en los últimos años bajo una gran presión de las actividades antrópicas productivas lo cual afecta la funcionalidad y conectividad en los ecosistemas naturales.

## **5.2 CUENCA HIDROGRÁFICA**

Es un territorio drenado por un único sistema de drenaje natural, es decir, que drena sus aguas al mar a través de un único río, o que vierte sus aguas a un único lago endorreico. Una cuenca hidrográfica es delimitada por la línea de las cumbres, también llamada divisoria de aguas. (Rojas Camilo, 2019)

La cuenca le brinda energía y alimento a la comunidad, por otra parte, permite la circulación del agua y mantener su ciclo biológico. Las cuencas constituyen un sistema natural de drenaje del agua, y cuando en conjunto desembocan en un mismo sitio, se les denomina vertiente hidrográfica.

## **5.3 METODOLOGÍA CORINE LAND COVER**

Esta metodología Corine (Coordination of Information on the Environmental) fue creada por la Comisión Europea para crear una base de datos geográficos de usos del suelo, y coberturas de los países integrantes de la Comunidad; la metodología Corine Land Cover se basa en el análisis y caracterización las unidades coberturas utilizando imágenes de satélite, complementada con otras fuentes cartográficas, estadística o temática.

Los datos de Corine Land Cover Colombia (CLC) adaptados para nuestro país pueden comparar, caracterizar, describir y clasificar las características de la cobertura terrestre, La metodología tiene como propósito la realización de inventarios homogéneos de la cobertura natural de la tierra, partiendo de la interpretación de imágenes satelitales se generan bases

de datos geográficas, tomando como base la leyenda desarrollada para la Cuenca Cauca-Magdalena elaborada por el IDEAM, IGAC Y Cormagdalena. (Martínez Ardila y Murcia García, n.d.); a partir de imágenes de satélite Landsat o Spot, resultando en la creación de cartografía con cobertura con escala de 1:100.000, siendo la unidad mínima de cartografía en áreas homogéneas de 25 *ha* y en áreas lineales de 100.

La conectividad ecológica analiza la interrelación entre áreas o fragmentos de coberturas similares que son capaces de intercambiar energía y sistemas ecológicos manteniendo su integridad (Correa Jorge, 2018); ahora bien, la conectividad se divide en dos tipos la funcional y la estructural. La conectividad funcional hace referencia a los flujos ecológicos que se muestran en el paisaje de un área, así como el comportamiento que evidencian los individuos en respuesta a los elementos del paisaje; la conectividad estructural hace referencia a los relacionamientos de continuidad de los diferentes fragmentos de las coberturas.

La fragmentación ecológica hace referencia al efecto dinámico que se presentan por las transformaciones de uso del terreno, evidenciando la pérdida y funcionalidad de una cobertura o un hábitat igualmente su división en varias unidades generando distanciamiento entre los mismos. Otra forma de entender la fragmentación es la ruptura de un hábitat en pedazos o áreas separadas por influencia de eventos naturales o de actividades humanas, que realizan cambios en las áreas naturales disminuyendo la biodiversidad presente; limitando la conectividad de las especies, el flujo genético y la dispersión de las mismas poniéndolas en riesgo de extinción.

En el análisis de fragmentación es importante mencionar que se consideraron únicamente las coberturas naturales, en este caso corresponden a 9 categorías como son: Palmares



(311123), Bosque de galería y/o ripario (314), Herbazal denso de tierra firme no arbolado (321111), Herbazal denso de tierra firme arbolado (311112), Herbazal denso de tierra firme con arbustos (321113), Herbazal denso inundable no arbolado (321121), Herbazal denso inundable arbolado (321122), Herbazal abierto arenoso (32121) y Vegetación secundaria baja (3232). (Murcia U, 2010)

En cuanto a la cobertura del terreno Hace referencia a la cobertura física y biológica de la tierra, donde se muestran las características físicas del terreno en lo biótico y abiótico incluye agua, suelo vegetación y estructuras artificiales: En cuanto a las actividades humanas con el uso del suelo se describen las económicas y sociales del terreno. La cobertura vegetal es la vegetación natural presente en un área que resguarda la faja terrestre, con características fisionómicas y ambientales incluidos pastizales hasta coberturas vegetales de bosques naturales.

La unidad mínima de mapeo hace referencia a la superficie más pequeña que se visualiza en un mapa con una forma y colores específicos, según la escala escogida y resolución del mapa; esta varía dependiendo de ciertos factores, el nivel de detalle, método de cartografía, datos usados o calidad de la imagen. La unidad mínima de mapeo permite definir los criterios de clasificación que va a utilizar, la digitalización de coberturas, como agua, suelo, vegetación; también simplifica y estandariza la información cartográfica evitando inconsistencias en el mapa. La mínima unidad cartografiable o dibujo más pequeño que se evidencia en una salida gráfica es similar al área de un cuadrado de (0.5 cm x 0.5 cm).

## **5.4 TIPOS DE ANÁLISIS AMBIENTALES**

El análisis multitemporal de imágenes satelitales: consiste en comparar dos a más imágenes de la misma zona y épocas diferentes tomadas por sensores remotos, permitiendo analizar los cambios en la cobertura del suelo; este tipo de análisis es utilizada para evaluar o monitorear los cambios en el suelo, como son, la degradación del suelo, vegetación, o en zonas urbanas en cuanto a las zonas de expansión, planificación urbana, gestión ambiental y recursos naturales, por ejemplo, en coberturas vegetales debido a la intervención humana o factores ambientales, de esta manera se hace un monitoreo continuo del área de interés y los posibles conflictos en el uso del suelo.

El análisis de cambio es el desarrollo metódico de clases: surge del tratamiento de información cruzada, de una matriz tabulada, como resultado se muestra una salida cartográfica con distribución espacial de las transformaciones en el cambio de la tierra. Es importante señalar que se presentan los datos de los cambios en el periodo de tiempo de 12 años de 2010 a 2022 de todas las coberturas de la tierra, tanto naturales y seminaturales como transformadas, no obstante para el análisis de cambio se seleccionaron unidades de cobertura de interés naturales y seminaturales asociadas a los herbazales densos, bosque de galería y/o ripario, palmares, vegetación secundaria baja, plantaciones forestales; y unidades de cobertura transformadas asociadas a Palma de Aceite, Explotación de hidrocarburos, pastos limpios y otros cultivos permanentes arbóreos.

Es necesario mencionar que para el análisis multitemporal se excluye la cobertura de herbazal abierto arenoso, ya que se encuentra un solo fragmento de esta unidad, y que se mantiene espacialmente en cuanto a distribución y tamaño para el periodo evaluado.

## 5.4 ANÁLISIS Y MÉTRICAS DEL PAISAJE

Las métricas del paisaje son una herramienta de análisis que muestran una perspectiva de las características estructurales de los paisajes, de acuerdo con lo descrito en el artículo publicado por la Universidad de Cundinamarca, las métricas del paisaje se definen cuatro niveles a) métricas a nivel de celda b) métricas a nivel de parche c) métricas a nivel de clase d) métricas a nivel de paisaje.(De Luque et al., 2018). Las métricas del paisaje nos logran mostrar la manera en que encuentran las CN y su composición al igual evidencia las dinámicas en su proceso ecológico natural; dichas métricas de paisaje se obtienen de un software especializado en análisis de ecología V-late(versión1.1) que es una extensión del Argis10.2 (GEOMA, 2019); a continuación, se presentan en tres categorías para este estudio: forma, composición y configuración

### 5.4.1 TIPOS DE MÉTRICAS EXISTENTES

Los índices de cuantificación del paisaje se dividen en cinco categorías y son:

- *Índices de área, superficie; densidad y variabilidad*, que muestra una primera imagen del paisaje y la fragmentación a la cual se sometió.
- *Índice de forma*; es la topología del paisaje evidencia las morfologías del mismo.
- *Índices de ecotono y hábitat interior*; presentan diferentes atributos cuando se quiere conservar pedazos de bosques que solo se dan en fragmentos que no excedan al tamaño de los mismos.
- *Índice de distancia, vecindad y conectividad*; resulta de gran importancia cuantificar la distancia de los diferentes fragmentos y su conectividad.
- *Índice de diversidad del paisaje*; se conforma de la composición y configuración del paisaje

Las métricas del paisaje ofrecen información de los factores espaciales del mismo paisaje; por otro lado, la proximidad, agregación y aislamiento de los fragmentos que forman una cobertura en particular. (M. Gómez et al., 2005)

### **Métricas de Parche**

- *Distancia euclidiana al vecino más cercano (enn)*

Entre las coberturas vegetales que más han cambiado en relación con la cercanía de otros fragmentos similares, se encuentran el Herbazal denso de tierra firme arbolado, que ha aumentado la separación entre sus parches; y la vegetación secundaria baja, que ha reducido la distancia entre sus áreas. Estos cambios se observan dentro del área de influencia y para los periodos analizados. Ahora bien, esto significa que la cobertura herbazal se ha fragmentado, perdiendo total conectividad y calidad de vida para las especies que habitan esta área, de esta manera la vegetación secundaria formada a partir del accionar de hombre presenta parches, pero con mayor cercanía entre sí, es decir, esto no implica una fragmentación más bien se realiza una expansión siendo esta métrica no muy adecuada para hacer este tipo de mediciones.

### **Métricas De Clase**

- **Área**

En general para el área promedio de los fragmentos de cada clase se ve una reducción respecto del año 2010 al 2022 de 7,02 hectáreas. Por otro lado, las únicas coberturas que aumentaron su área promedio por fragmento son ripario, herbazal denso y bosque de galería de tierra firme arbolado y vegetación suplente, seguramente por la recuperación de zonas intervenidas que ayudó a la conectividad de estas clases.

### **Métricas de Diversidad**

Los índices de diversidad evaluados para el área de estudio corresponden al índice de diversidad de Shannon, e índice de uniformidad de Shannon, estos índices indican la diversidad del paisaje en cuanto a su composición. (De Luque et al., 2018).

- **Índice de Uniformidad de Shannon (AHDI)**

De igual forma, para el índice de uniformidad de Shannon, valores cercanos a 1 indican mayor homogeneidad, y cercanos a ceros mayor heterogeneidad entre clases. De esta manera, se observa que hay un aumento leve entre el 2010 al 2022, lo cual se puede explicar también con el aumento de número de fragmentos de las coberturas y disminución de su extensión.

- **Índice de Forma (Shape)**

Este índice muestra las formas del paisaje en forma circular (formato vectorial) o cuadradas (formato raster), evidenciando que, a menor cantidad del fragmento, es mayor la exposición a los agentes externos aumentando el efecto borde en mayores valores en este índice indican formas más irregulares.

- **Índice de Dimensión Fractal (Frac)**

De igual forma, el índice de dimensión fractal guarda relación con el índice de forma, en donde valores mayores a 1 tienen formas complejas, para el caso de las coberturas naturales del área de influencia se observa, que todas las coberturas están por encima de 1 lo que significa formas complejas, sin embargo, entre ellas los valores más altos corresponden a Palmares, bosque de galería y/o ripario, pero en general tienen valores similares y que tienen a ser estables en los periodos evaluados.

- **Índice de Conectancia (Connect)**

Esta métrica es considerada como un indicador directo de conectividad espacial, la determinación de este índice se realizó en una distancia de 500m alrededor de cada fragmento, de esta manera, se mostrando a la cobertura de herbazal denso de tierra firme con arbustos, con mayor número de fragmentaciones conectadas en este rango de distancia, y como la cobertura de bosque herbazal denso de tierra firme arbolado, bosque ripario y bosque

de galería aumentan el índice de conectancia, lo cual guarda concordancia con el aumento de área promedio de cada fragmento en estas coberturas.

- **Índice de Cohesión (Cohesión)**

El índice de cohesión calcula el dominio y el grado de agregación de los tipos de vegetación que conforman el paisaje, demostrando en el periodo propuesto las coberturas bosque herbazal denso, bosque ripario y bosque de galería como las principales coberturas que dominan el paisaje, en cuanto a coberturas naturales. Y, en general, la tendencia de este índice se mantiene en ambos períodos evaluados para todas las clases.

- **Análisis de Categorías de Fragmentación a Nivel Espacial Saga**

El análisis de fragmentación, parte del método introducido e implementado por el Sistema Automatizado para el Análisis Geocientífico (System for Automated Geoscientific Analyses SAGA). El método SAGA calcula la suma de celdas adyacentes al bosque, para establecer el grado de fragmentación, estos inician definiendo la *densidad* (Pf), que es la proporción de celdas que están cubiertas de bosque y *conectividad* (Pff) de las celdas que incluyan al menos una con bosque ubicándola por medio de puntos cardinales.

Este análisis debido a que está enfocado para áreas de bosque, se agrupan las categorías de palmares y bosque de galería y/o ripario en una sola clase denominada Bosque, y a partir de allí se procede con el análisis. (De Luque et al., 2018)

- **Número de Parche (NP)**

De igual forma, respecto al número de parches de las coberturas naturales, los cambios más significativos en cuanto a los valores obtenidos son herbazal denso de tierra firme no arbolado y misma situación ocurre con la vegetación secundaria baja. Lo que quiere decir que hay una pérdida de la cobertura, al disminuir los fragmentos existentes y aumentando las distancias entre los mismo

- **Densidad de Borde (Ed)**

El incremento en el valor de esta métrica indica fragmentación de los parches, al incrementar el área de borde y disminuir el área núcleo. Por lo tanto, para la mayoría de las CN con excepción del herbazal denso de tierra firme arbolado y el herbazal denso inundable arbolado, aumentan la densidad de borde infiriendo que aumentó la fragmentación de los parches.

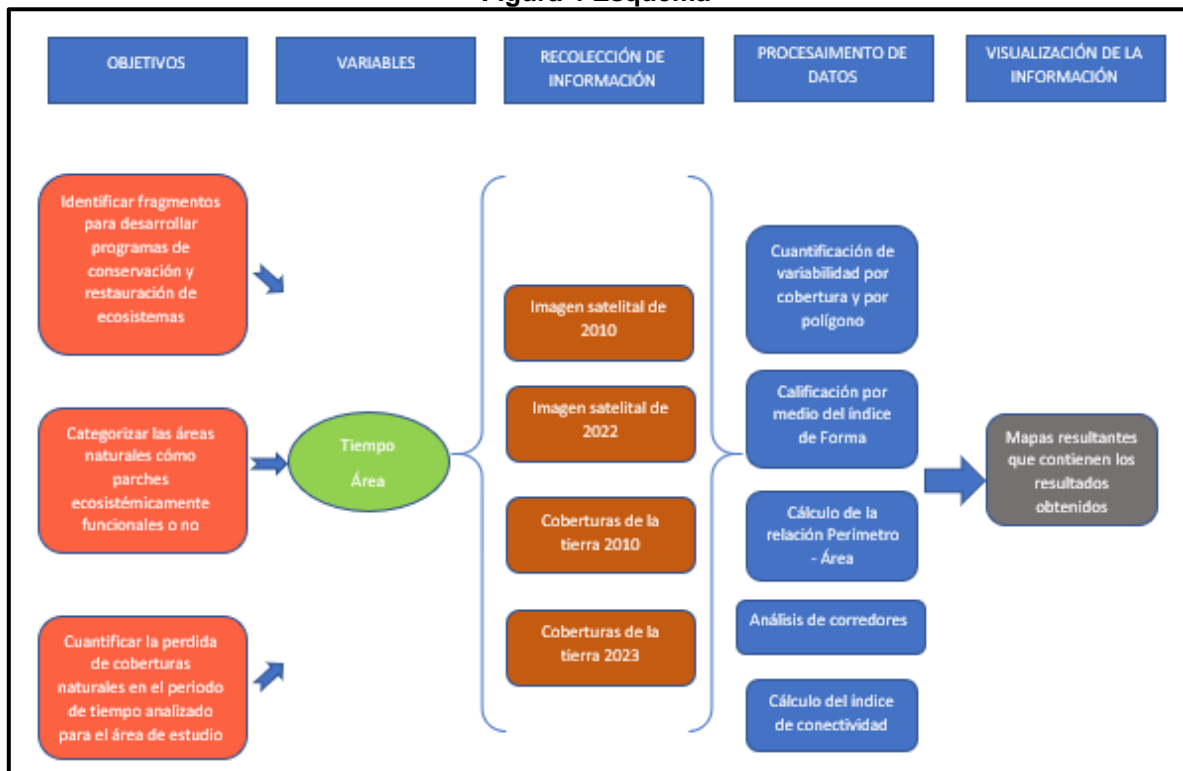
- **Radio de Giro (Gyrate)**

Frente al radio de giro, es necesario mencionar que es la medida desde los bordes hasta el centroide o núcleos de los fragmentos, por lo que se esperaría los mayores valores para coberturas naturales con mayor elongación, y menores valores para formas más compactas. En este sentido, los mayores valores los tiene la cobertura de bosque ripario o el bosque de galería, además de la tendencia en el periodo evaluado es el aumento de esta métrica; de igual forma, los bosques de herbazal denso de tierra firme no arbolado y los palmares tienen valores altos, que mantienen estables en los dos periodos evaluados. (De Luque et al., 2018).

## 6. Metodología

La metodología que se plantea en este proyecto relaciona las variables de análisis como el área y el cambio de las CN, que son evaluadas con procedimientos de análisis multitemporal y de fragmentación con conectividad, para ver sus resultados se emplea el uso de mapas y garantizar el cumplimiento de los objetivos definidos, como se presenta en el esquema (Ver Figura 4).

Figura 4 Esquema



Fuente: Elaboración propia, 2023

### 6.1 ANÁLISIS MULTITEMPORAL

En la metodología se incorpora el análisis multitemporal, que se realiza mediante teledetección, que consiste en la interpretación imágenes satelitales de diferentes épocas, obtenidas a través de sensores remotos, para la identificación de coberturas naturales y sus dinámicas de cambio en cuanto a forma y tamaño.



El análisis multitemporal contempla la identificación de Coberturas transformadas, que se detectan con el registro de cambios sucedidos entre el 2010 al 2022 principalmente para las coberturas naturales como morichales (palmares), sabanas (herbazales inundables o de tierra firme), bosques de galería, otros cultivos permanentes arbóreos y pastos limpios.

En este sentido, tanto para las coberturas naturales del 2010 como para el 2022, se han utilizado imágenes satelitales cuyas características se describen a continuación en la Tabla 1.

**Tabla 1 Características satelitales de las imágenes**

<b>IMAGEN (Sensor)</b>	<b>Año</b>	<b>Resolución espacial</b>
Landsat 8	2022	6m
SPOT 5	2010	5m

**Fuente:** Elaboración propia, 2023

## **6.2 IMÁGENES SATELITALES**

Las imágenes satelitales fueron obtenidas, para el caso de la temporalidad 2010 por medio del portal web SWH Data science administrado por la agencia aeroespacial francesa donde se recopilan y ofrecen los productos para descarga libre con licencia educativa de las misiones de SPOT del 1 al 5, este último fue el utilizado en nuestro análisis, el cual proporciona contenidos hasta el 3 de marzo de 2015, fecha en la que se dio por finalizada la misión. Mientras que para la temporalidad 2022 la imagen satelital utilizada proviene del sensor Landsat 8 que proporciona las imágenes a la plataforma Google Earth, siendo adquiridas por medio del software SAS Planet que permite la descarga de este tipo de contenidos en una resolución aceptable para realizar el análisis proyectado.

### **6.3 MÉTRICAS ANALIZADAS**

Se resumen las métricas que se analizan para determinar la fragmentación a nivel de parche y de clases, (Ver Tabla 2). Estas métricas explican cómo se encuentra el paisaje en cuanto a su estructura, como es la forma, agregación y diversidad del paisaje. Las métricas utilizadas para el presente estudio fueron, métricas de parche, métricas de clase, métricas de diversidad, las cuales se calcularon a partir de la interpretación de coberturas naturales en los periodos 2010 - 2022 y se ejecutaron en el programa FRAGSTATS.

## **7. Resultados y Análisis de Resultados**

### **7.1 ANÁLISIS DE CAMBIO**

El análisis de las transiciones o evoluciones entre distintas clases o coberturas del suelo se realiza a partir de la matriz de tabulación cruzada. Esta matriz cruza los mapas de coberturas de dos fechas diferentes. Con ayuda de un modelador de cambios de la tierra, esta matriz permite obtener resultados de las áreas de transición y su distribución espacial entre las diferentes clases o coberturas analizadas.

A continuación, se presentan las áreas de las coberturas del año 2010 y 2022 en la Tabla 3 y su distribución espacial, en las Figura 6 y Figura 7. Para ambos periodos podemos notar que las coberturas de mayor extensión corresponden, en primer lugar, al herbazal denso de tierra firme no arbolado con 22.901,87 ha, cobertura típica de los ecosistemas de sabana que se prolongan extensamente en las planicies orientales del país, y en segundo lugar los pastos limpios con 10.137,83 ha para el año 2022 lo cual evidencia el cambio progresivo en los ecosistemas naturales por ecosistemas productivos y extensivos.

Los resultados de la interpretación de las imágenes satelitales para los dos periodos de tiempo analizados se muestran en la Tabla 3. Esta tabla presenta las áreas correspondientes a cada una de las categorías de cobertura de la tierra identificadas, siguiendo la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia (CLC). Las coberturas fueron interpretadas para los dos periodos de tiempo considerados en el estudio.

**Tabla 2 Unidades de coberturas de la tierra en áreas (ha) periodo 2010 - 2022**

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Nivel 6	Área (ha) 2010	Área (ha) 2022	Código	
1. TERRITORIOS ARTICIALIZADOS	1.1 Zonas Urbanizadas	1.1.2 Tejido Urbano Discontinuo				481,51	525,30	112	
2. TERRITORIOS AGRÍCOLAS	2.1 Cultivos transitorios	2.1.1 Otros cultivos transitorios				343,27	402,97	211	
	2.2 Cultivos Permanentes	2.2.3 Cultivos Permanentes arbóreos	2.2.3.1 Otros cultivos permanentes arbóreos			207,79	189,78	2231	
	2.3 Pastos	2.3.1 Pastos limpios				9869,4	10137,83	231	
	2.4 Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2 Mosaico de pastos y cultivos				8546,09	9205,97	242	
3. BOSQUES Y ÁREAS SEMINATURALES	3.1 Bosques	3.1.1 Bosque Denso	3.1.1.1 Bosque Denso alto	3.1.1.1.2 Bosque Denso Alto inundable	3.1.1.1.2.3 Palmares	3167,92	2790,33	311123	
		3.1.4 Bosque de Galería o ripario				5756,12	5091,77	314	
		3.1.5 Plantaciones forestales				8595,43	8951,33	315	
	3.2 Área con vegetación herbácea o arbustiva	3.2.1 Herbazal	3.2.1.1 Herbazal Denso	3.2.1.1.1 Herbazal Denso de tierra firme	3.2.1.1.1.1 Herbazal Denso de tierra firme no arbolado		23383,58	22901,87	321111
					3.2.1.1.1.2 Herbazal Denso de tierra firme arbolado		9496,34	9222,97	321112
					3.2.1.1.1.3 Herbazal denso de tierra firme con arbustos		419,30	169,67	321113
					3.2.1.1.2 Herbazal Denso inundable	3.2.1.1.2.1 Herbazal Denso		9765,99	9716,616

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Nivel 6	Área (ha) 2010	Área (ha) 2022	Código
					inundable no arbolado			
				3.2.1.1.2	3.2.1.1.2.2	1016,93	910,66	321122
			3.2.1.2	3.2.1.2.1		4255,45	4368,18	32121
		3.2.3	3.2.3.2			558,77	339,499	3232
	3.3	3.3.4				791,58	1029,97	334
4. Áreas Húmedas	4.1	4.1.1				299,15	287,716	411
5. Superficies de Agua	5.1	5.1.1				2015,45	2018,11	511
		5.1.2				697,86	738,18	512
<b>Total</b>						<b>89667,93</b>	<b>89667,93</b>	<b>-</b>

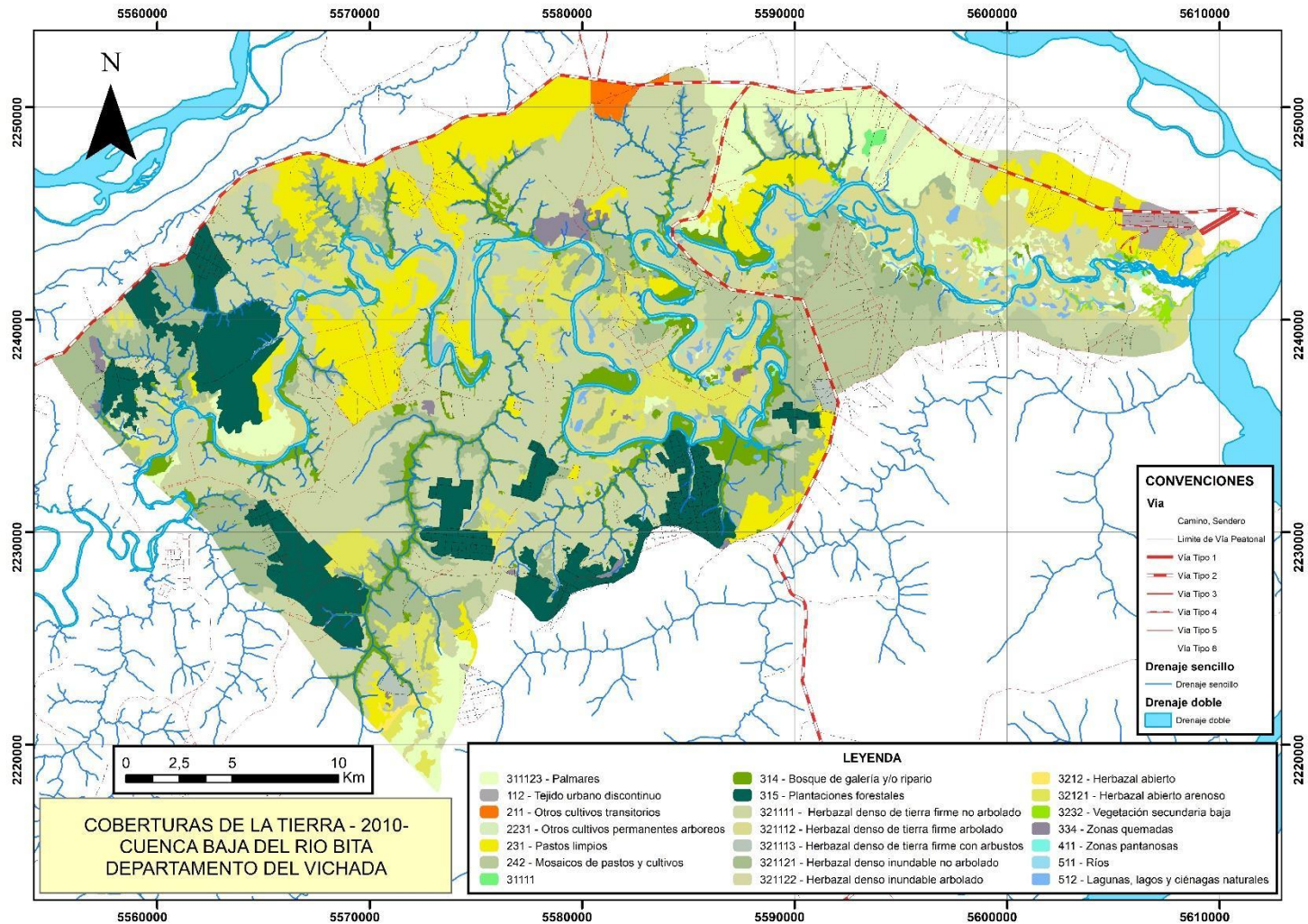
Fuente: Elaboración propia, 2023

Figura 5 Leyenda Coberturas de la Tierra

COBERTURA		
311123 - Palmares	315 - Plantaciones forestales	32121 - Herbazal abierto arenoso
112 - Tejido urbano discontinuo	321111 - Herbazal denso de tierra firme no arbolado	3232 - Vegetación secundaria baja
211 - Otros cultivos transitorios	321112 - Herbazal denso de tierra firme arbolado	334 - Zonas quemadas
2231 - Otros cultivos permanentes arboreos	321113 - Herbazal denso de tierra firme con arbustos	411 - Zonas pantanosas
231 - Pastos limpios	321121 - Herbazal denso inundable no arbolado	511 - Ríos
242 - Mosaicos de pastos y cultivos	321122 - Herbazal denso inundable arbolado	512 - Lagunas, lagos y ciénagas naturales
314 - Bosque de galería y/o ripario	3212 - Herbazal abierto	

Fuente: Elaboración propia, 2023

Figura 6 Coberturas año 2010

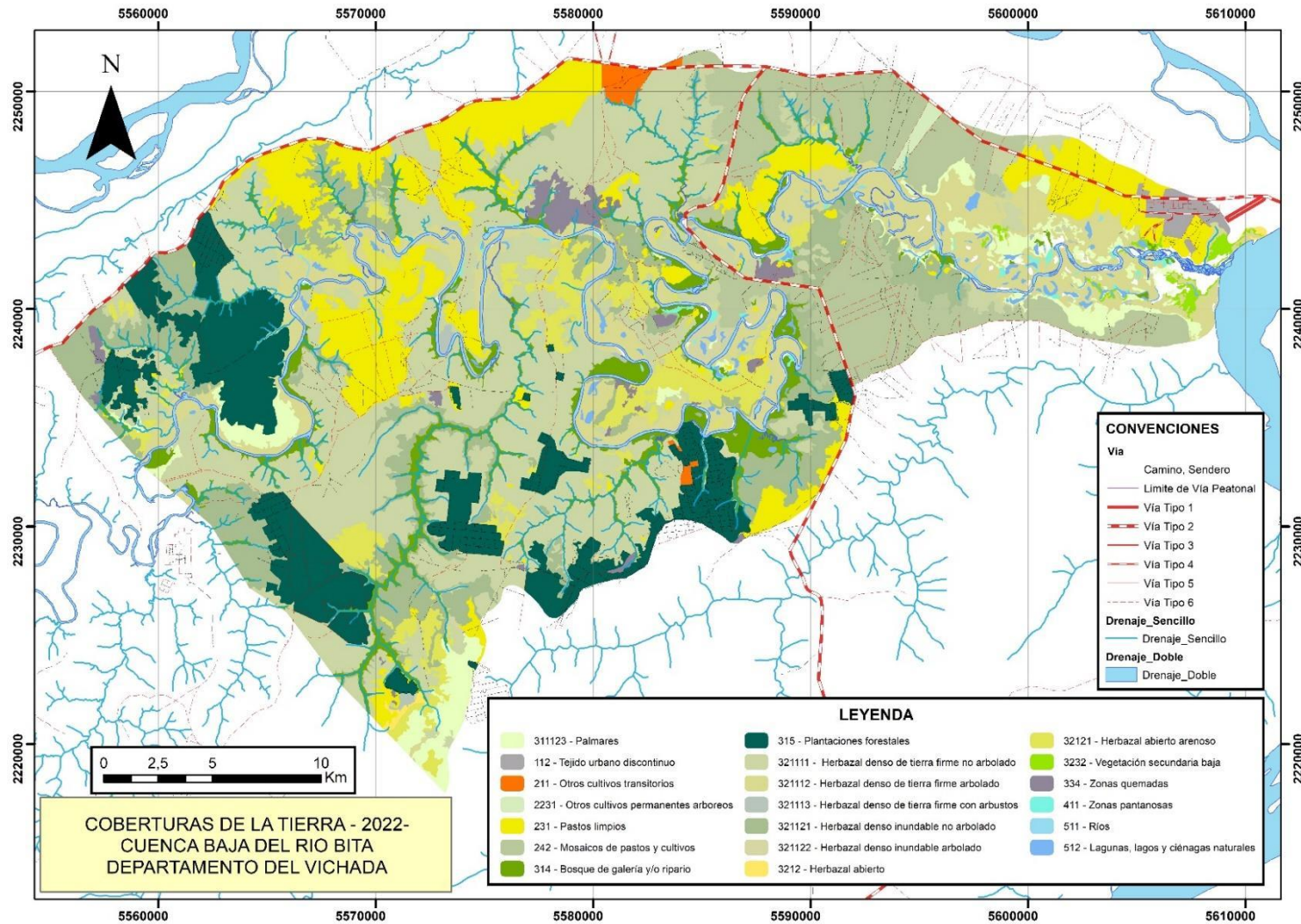


Fuente:

Elaboración propia, 2023



Figura 7 Coberturas año 2022



Fuente:

Tabla 3 Cambio en las unidades de cobertura de la tierra entre el 2010-2022

CLC	COBERTURAS DE LA TIERRA 2010-2022																				Total general
	112	211	2231	231	242	311123	314	315	321111	321112	321113	321121	321122	32121	3232	334	411	511	512		
112	481,51																			481,51	
211		340,68					2,59													343,27	
2231			188,5			9,19			10,1											207,79	
231				9740,68				36,3						75,21		17,21				9869,4	
242		2,85			8277,16			196,3		69,78										8546,09	
311123	10,18			107,8			2715,6	69,8		43,2				109,3				34,23		3167,92	
314	5,2				423,96	33,1	5019,3	138,7		1,05					7,16				21,17	5756,12	
315								8580,03				10,71								8595,43	
321111		10,96		189,3		10,2				22802,2						242,39			11,9	23383,58	
321112					250,79					9138,1				8,47						9496,34	
321113					156,3				39,57		150,02				15,18					419,3	
321121	5,2	15,98		20,03									9705,9	2,26						9765,99	
321122					9,07				40,37					908,4				1,57	12,31	1016,93	
32121	20,17	32,5				22,1									4175,2					4255,45	
3232				80,02	88,69							19,65				324,31	22,13		4,97	558,77	
334	3,04															770,37				791,58	
411										10,03				4,01				285,11		299,15	
511			1,28															1,03	2013,14	2015,45	
512						0,14	0,08													692,8	697,86
<b>Total general</b>	<b>525,3</b>	<b>402,97</b>	<b>189,78</b>	<b>10137,83</b>	<b>9205,97</b>	<b>2790,33</b>	<b>5091,77</b>	<b>8951,33</b>	<b>22901,87</b>	<b>9222,97</b>	<b>169,67</b>	<b>9716,61</b>	<b>910,66</b>	<b>4368,18</b>	<b>339,49</b>	<b>1029,97</b>	<b>287,71</b>	<b>2018,11</b>	<b>738,18</b>	<b>89667,93</b>	

Fuente: Elaboración propia, 2023



## **7.2 ANÁLISIS DE PÉRDIDA/GANANCIA EN COBERTURAS NO NATURALES Y SUPERFICIES DE AGUA**

Aquí se hace referencia a las coberturas antropizadas que no se contemplan en los análisis de fragmentación y que permite a comprender mejor el panorama del cambio en la zona baja del río Bitá. Las coberturas son: tejido urbano discontinuo, otros cultivos transitorios, otros cultivos permanentes arbóreos (caucho), pastos limpios, mosaicos de pastos y cultivos, plantaciones forestales, áreas pantanosas, quemadas, ciénagas naturales, lagunas, lagos y ríos.

**Tejido urbano discontinuo (código 112 CLC):** en esta cobertura hay un incremento del 9,09% en el periodo 2010 – 2022 el cuál se genera a partir de la gran expansión productiva que ha tenido el departamento del Vichada, donde antes se limitaban las actividades productivas como pan coger, actualmente empresas relacionadas a las plantaciones forestales y la ganadería extensiva principalmente han ido reduciendo las áreas dedicadas a la conservación de los ecosistemas naturales cómo lo veremos más adelante. Es por esta misma razón que se ha vivido una explosión demográfica en el departamento que va acompañada naturalmente de la expansión de unidades habitacionales que se han instalado sobre lo que eran principalmente palmares (10,18 ha) y herbazales arenosos de tierra firme (20,17ha) en las inmediaciones del río Carreño y del río Bitá a las afueras del casco urbano de Puerto Carreño, principal centro poblado de la región y capital del departamento.

- **Otros cultivos transitorios (código 211 CLC):** se evidencia un incremento del 17,39% (uno de los más notables) en esta categoría y es que muy relacionado a lo mencionado en el punto anterior, la explosión demográfica de la región viene acompañada también de mayores requerimientos en cuento a la sustentación de la

fuerza laboral establecida y ya que el costo del transporte es de los que más encarece el costo de los productos y ahora se dispone de un área mayor para cultivar, se han expandido sobre lo que eran herbazales de diferentes tipos (alrededor de 50ha de incremento), parte de las conocidas sabanas de los llanos orientales que son ecosistemas naturales ahora fuertemente intervenidos para realizar actividades productivas cómo en este caso.

- **Otros cultivos permanentes arbóreos (código 2231 CLC):** el principal cultivo permanente arbóreo en el área de estudio, diferente a plantaciones forestales, es el cultivo de caucho, que se vio reducido en un 8.77% en el periodo 2010 – 2022 y han sido reemplazados por áreas de herbazales densos de tierra firme y palmares, seguramente en un proceso de sucesión natural en los cultivos que por alguna razón, puede ser falta de rentabilidad, plagas, enfermedades, etc, que obligaron a su abandono en algunas zonas.
- **Pastos limpios (código 231 CLC):** al ser una de las coberturas no naturales más predominantes en el área de estudio, pareciera poco el 2,71% de incremento en esta cobertura, pero vale la pena resaltar que son alrededor de 400 hectáreas de coberturas naturales que se han modificado para dar paso a la ganadería extensiva; entre las más afectadas están los palmares (107,8ha), los herbazales densos de tierra firme no arbolados (189,3ha) y la vegetación secundaria baja (80,02ha).
- **Mosaicos de pastos y cultivos (código 242 CLC):** presenta un incremento de 7,72%, las razones ya han sido numeradas anteriormente y las coberturas naturales afectadas por la expansión frontera agrícola y pecuaria en la zona objeto de este proyecto con bosque ripario o de galería con (423,96 ha), herbazal denso de tierra

firme arbolado con (250,79ha) y herbazal denso de tierra firme con arbustos con (156,3ha). Los cultivos más predominantes son el plátano, la yuca y el maíz.

- **Plantaciones forestales (código 315 CLC):** Incrementó 4.14% su área en la cuenca en casi 400 hectáreas, las principales especies plantadas son Eucalyptus pellita, y Pinus caribea usadas para pulpa y madera respectivamente. Las coberturas que han sido reemplazadas por el establecimiento de las plantaciones comerciales fueron principalmente herbazal denso de tierra firme con arbustos en (196,3ha) y herbazal denso inundable no arbolado en (138,7ha).
- **Zonas quemadas (código 334 CLC):** es la cobertura que presenta el incremento porcentual más dramático con el 30,11% y es en función del cambio en los ecosistemas naturales de sabana que se alteran para convertirlos en pastizales para ganado, cultivos o plantaciones forestales. La cobertura más afectada por el fenómeno de la quema son los herbazales densos de tierra firme no arbolados (242,39ha).
- **Zonas pantanosas (código 411 CLC):** Son territorios cercanos al río Bitá que permanecen inundados la mayor parte del año y han presentado una reducción poco significativa del 3,93% y que se han transformado a otra cobertura natural que son los palmares (morichal) (34,23ha) ya que son áreas que por sus condiciones no son aptas para habitar o implementar proyectos productivos y suelen presentar transiciones cíclicas dentro del campo de las coberturas naturales.
- **Superficies de agua:** los ríos (código 511 CLC) y los lagos lagunas o ciénagas naturales (código 512 CLC) han presentado cambios del 0,013% y del 5,77% respectivamente. En el primer caso se debe a las ligeras fluctuaciones del cauce que por el relieve con poca pendiente presenta un cauce meandrónico de numerosos brazos

especialmente cuándo más se acerca a su desembocadura en el río Carreño y es normal que el espejo de agua es desplace y se angoste o se anche dependiendo de las condiciones climáticas, principalmente la precipitación, en cada año particular. En el caso de las lagunas naturales, están directamente influenciadas por el fenómeno mencionado y por el comportamiento que tenga el cuerpo de agua principal, el cuál es básicamente el que llena de líquido cavidades generando nuevas lagunas o deja de proporcionar el líquido en otras dando paso para la generación de un proceso de sucesión dónde la vegetación secundaria, los herbazales inundables, la expansión de bosques de galería o morichales aprovechan las ricas tierras colmadas de nutrientes para desarrollarse sin embargo en algunas ocasiones estas áreas también son utilizadas para el establecimiento de cultivos transitorios por la misma razón, son muy altas en el contenido de nutrientes.

### **7.3 ANÁLISIS DE PÉRDIDA/GANANCIA EN COBERTURAS NATURALES Y SEMINATURALES**

A continuación, se realiza el análisis de cambio en las coberturas naturales en el periodo 2010-2022 para cada una de las coberturas naturales y seminaturales, que corresponden a Palmares (morichales), herbazal denso de tierra firme no arbolado, herbazal denso de tierra firme arbolado, herbazal inundable no arbolado, herbazal inundable arbolado, herbazal abierto arenoso, vegetación secundaria baja y bosque ripario o de galería

- **Palmares (código 311123 CLC):** Presentan una disminución del 11,92% a pesar de que se mantienen restricciones a su uso por parte de las autoridades ambientales ya que el moriche es una especie talada culturalmente por las comunidades locales para fines domésticos. Las 377,59 hectáreas que presentan cambios son generalmente a

otras coberturas naturales como vegetación secundaria, bosque de galería u otros similares ya que suelen crecer en áreas inundadas por una parte del año lo que las convierte en áreas no aptas para establecimientos de sistemas productivos convencionales a escala industrial.

- **Bosque de galería y/o ripario (código 314 CLC):** Presenta una reducción significativa del 11,54% que representan 664 hectáreas las cuáles principalmente se han transformado es pastos, cultivos transitorios y morichales, todas éstas, relacionadas a actividades que se pueden desarrollar bajo las crecientes del río en épocas de invierno. A pesar, de que se observa esta degradación, la dinámica del bosque es fluctuante, se observa debido a que existen ganancias en la cobertura, donde 33,1 ha de morichal para el 2010 pasan por un proceso de recuperación y hacen parte nuevamente del bosque; es decir, que existe una tala por parte de la comunidad, y lo hacen de manera rotativa, dejando recuperar áreas intervenidas
- **Herbazal denso de tierra firme no arbolado (código 321111 CLC):** La cobertura herbazal denso de tierra firme no arbolado, tal vez por ser la de mayor extensión es la que sufre mayores cambios durante el 2010-2022 (pérdidas y ganancias), se observa en la dinámica un cambio de 2,87% que representan en total 481,71 hectáreas representando la mayor parte de las pérdidas en áreas quemadas sustrayendo 242,39 hectáreas de los herbazales para ser transformados a áreas de pastoreo.
- **Herbazal denso de tierra firme arbolado (código 321112 CLC):** Esta cobertura presenta una reducción de 2,87% que representan 273,37 hectáreas las cuáles han sido principalmente perdidas en los mosaicos de pastos y cultivos ya que al igual que la cobertura anterior presenta condiciones adecuadas para el establecimiento de áreas productivas agrícolas y pecuarias.

- **Herbazal denso de tierra firme con arbustos (código 321113 CLC):** Es la cobertura natural que evidencia la pérdida más dramática en medida porcentual representando el 59,53% en 249,63 hectáreas las cuáles se modificaron principalmente a mosaicos de pastos y cultivos y plantaciones forestales, al ser posiblemente las áreas de mayor conveniencia para el establecimiento de actividades productivas a escala industrial y su infraestructura asociada, cómo por ejemplo las vías de extracción las cuáles pueden ser un gran impedimento y convertir en no viable un proyecto o una empresa en época de invierno al estar sumergidas bajo el agua, al igual que las tierras de cultivo.
- **Herbazal denso inundable no arbolado (código 321121 CLC):** Cobertura mantenida prácticamente íntegra, muestra una reducción de tan solo 0,5% representadas en 49,3 hectáreas, lo que reafirma el punto mencionado reiteradamente que las áreas inundables presentan poca intervención por la poca posibilidad de éxito en el desarrollo de empresas, un ejemplo de esto son las 138,7 hectáreas de plantaciones forestales de 2010 que volvieron a la cobertura, seguramente de Acacia mangium, que al requerir grandes inyecciones de capital para combatir enfermedades, insumos para su manejo, establecimiento de infraestructura cómo canales de drenaje para cientos de kilómetros y demás no permiten la viabilidad financiera y son descartadas.
- **Herbazal denso inundable arbolado (código 321122 CLC):** Aunque presenta condiciones relativamente similares a la cobertura anterior, la presencia natural de árboles en estas áreas indica mejor calidad de suelos y mejor drenados también, lo que explica por qué presenta un desgaste mayor, del 10,45% en 106,27 hectáreas transformadas principalmente en pastos y cultivos.

- **Herbazal abierto arenoso (código 32121 CLC):** La única cobertura natural que presenta en el análisis ganancia de área con un incremento de 2,64% y 112,73 hectáreas reestablecidas. La condición principal de esta cobertura es la pobreza de sus suelos, por ello arenosos, y no contienen las características físicas y químicas para el establecimiento de actividades productivas agrícolas o pecuarias, sin embargo son una parte significativa del área de la cuenca por ser un soporte de los ecosistemas naturales, de los ecosistemas de sabana dónde la vegetación herbácea y arbustiva se desarrolla con facilidad y son refugio para las especies de fauna silvestre que tienen poca intervención y cómo en este caso incluso algo de crecimiento.
- **Vegetación secundaria baja (código 3232 CLC):** Es también de las coberturas que mayor reducción porcentual presentan en el comparativo temporal realizada con el 39,24% y 219,27 hectáreas transformadas. Si bien no es una cobertura predominante esto se debe a que el área de estudio tiene una gran dinámica por las condiciones climáticas principalmente que favorecen el establecimiento de ecosistemas específicos, como el de sabana o el morichal por ejemplo, o el establecimiento de una actividad productiva, lo cual no deja lugar a que las sucesiones no relacionadas a comunidades específicas se establezcan por largos periodos de tiempo, es decir que se terminan transformando en la vegetación natural predominante o en cultivos, pastos o plantaciones forestales. En este caso la pérdida se presenta principalmente en pastos limpios (80,02ha) y mosaicos de pastos y cultivos (88,69ha).

## **7.4 MÉTRICAS DE FRAGMENTACIÓN**

Las métricas analizadas permiten caracterizar cuantitativamente la evolución en el patrón espacial y grado de fragmentación de los ecosistemas y coberturas de una región a lo largo del tiempo.

Tiene sentido enfocarse en las métricas de fragmentación únicamente para las coberturas naturales y seminaturales en un análisis multitemporal con CLC ya que permite evaluar específicamente los cambios en ecosistemas y hábitats naturales, que son de especial interés para conservación ambiental, además las coberturas naturales como bosques, humedales y pastizales sufren presiones de transformación antrópicas, y es lo que queremos demostrar con nuestro análisis. (Ver Tabla 5).

Adicionalmente los procesos ecológicos y provisión de servicios ecosistémicos dependen en gran medida de la integridad de las coberturas naturales. Su fragmentación altera estos procesos; las especies silvestres dependen de la conectividad de los hábitats naturales para sus desplazamientos y supervivencia. La fragmentación afecta esta conectividad.



**Tabla 4 Resumen métricas de fragmentación para las coberturas naturales en los periodos 2010 y 2022**

Cobertura de la tierra	ÍNDICES DE FRAGMENTACIÓN																	
	ENN (Distancia euclidiana al vecino)		Área Promedio (ha)		ED (Densidad de Borde)		NP (Número de parches)		Radio de giro		SHAPE (Índice de forma)		FRAC (índice de dimensión fractal)		CONNECT (índice de conectancia)		COHESION (índice de cohesión)	
	2010	2022	2010	2022	2010	2022	2010	2022	2010	2022	2010	2022	2010	2022	2010	2022	2010	2022
Palmares	166,74	219,34	4,52	4,18	19,43	19,46	394,00	395,00	195,85	195,23	4,55	4,55	1,58	1,58	0,66	0,66	99,24	99,24
Bosque de galería y/o ripario	127,98	136,69	31,25	30,22	43,51	44,88	442,00	424,00	225,43	236,15	3,37	3,46	1,44	1,45	0,89	0,93	99,87	99,87
Herbazal denso de tierra firme no arbolado	29,27	48,27	60,71	58,25	65,23	65,75	796,00	872,00	205,80	209,63	2,91	2,91	1,32	1,32	1,10	1,00	99,89	99,86
Herbazal denso de tierra firme arbolado	371,59	413,59	7,18	6,96	7,18	6,21	276,00	216,00	115,48	123,50	2,45	2,44	1,33	1,31	0,70	0,86	99,40	99,43
Herbazal denso de tierra firme con arbustos	153,42	166,11	8,05	7,96	15,77	16,24	549,00	570,00	118,25	114,35	2,64	2,62	1,33	1,33	1,62	1,57	99,42	99,37
Herbazal denso inundable no arbolado	216,61	191,54	6,75	6,31	19,47	20,08	612,00	614,00	128,09	129,19	3,16	3,18	1,36	1,37	0,51	0,51	99,23	99,23
Herbazal denso inundable arbolado	156,04	169,66	16,24	12,58	22,51	22,04	786,00	773,00	119,21	118,10	3,04	3,04	1,41	1,41	0,36	0,36	99,21	99,17
Herbazal abierto arenoso	202,98	215,98	14,22	15,97	0,02	0,02	1,00	1,00	70,35	70,35	2,15	2,15	1,78	1,95	0,00	0,00	98,28	98,28
Vegetación secundaria baja	363,54	371,57	6,74	5,81	3,04	8,08	253,00	619,00	59,01	61,38	2,13	2,16	1,44	1,46	1,38	0,77	98,29	98,45

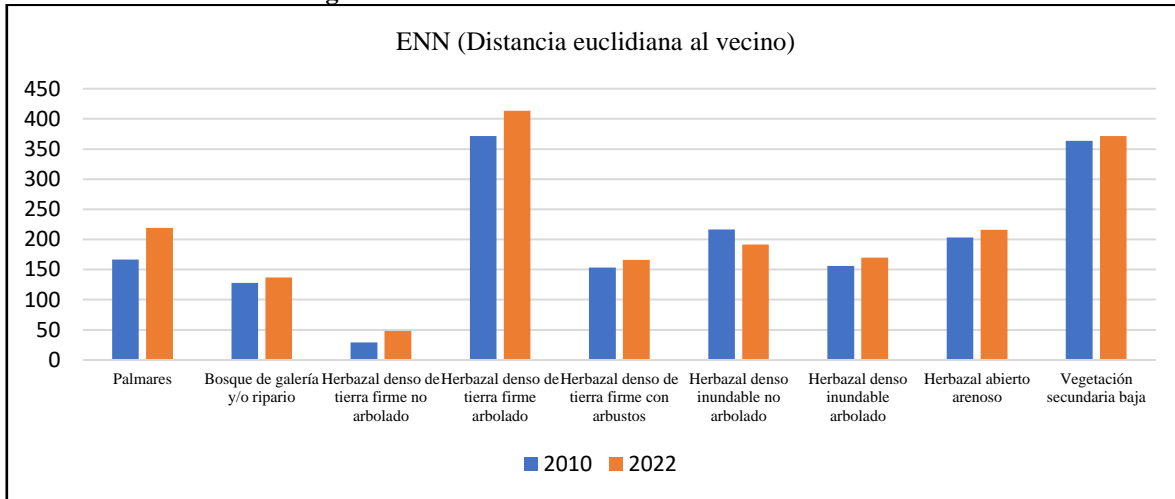
Fuente: Elaboración propia, 2023

- **Distancia euclidiana al vecino más cercano (ENN)**

Las coberturas de la tierra que muestran cambio más significativo en relación a la distancia del vecino más cercano, dentro del área de estudio para el periodo 2010-2022, corresponden a Herbazal denso de tierra firme arbolado, en el que se nota un aumento en la distancia entre fragmentos de esta misma clase; mientras tanto, Herbazal denso de tierra firme con arbustos disminuye significativamente la distancia entre fragmentos principalmente porque algunos parches se han fragmentado aún más y han reducido este indicador a pesar de que no hay crecimiento en los parches o en el área de la cobertura (Ver Figura 8).

Esto se puede interpretar como fragmentación de los parches en la cobertura del herbazal denso de tierra firme arbolado, reduciendo su continuidad y calidad de su hábitat a nivel estructural. Mientras tanto, para el Herbazal denso de tierra firme con arbustos a pesar de que disminuye la distancia entre parches, quiere decir que existen más fragmentos de esta cobertura, la cual sucede después de una intervención antrópica, por lo tanto, no se puede inferir la fragmentación de esta cobertura a través de esta métrica. Por otro lado, para las demás coberturas la tendencia es disminución entre los fragmentos de cada clase, sin embargo, el cambio no es significativo en cuanto a los valores obtenidos.

**Figura 8 Distancia euclidiana al vecino más cercano**



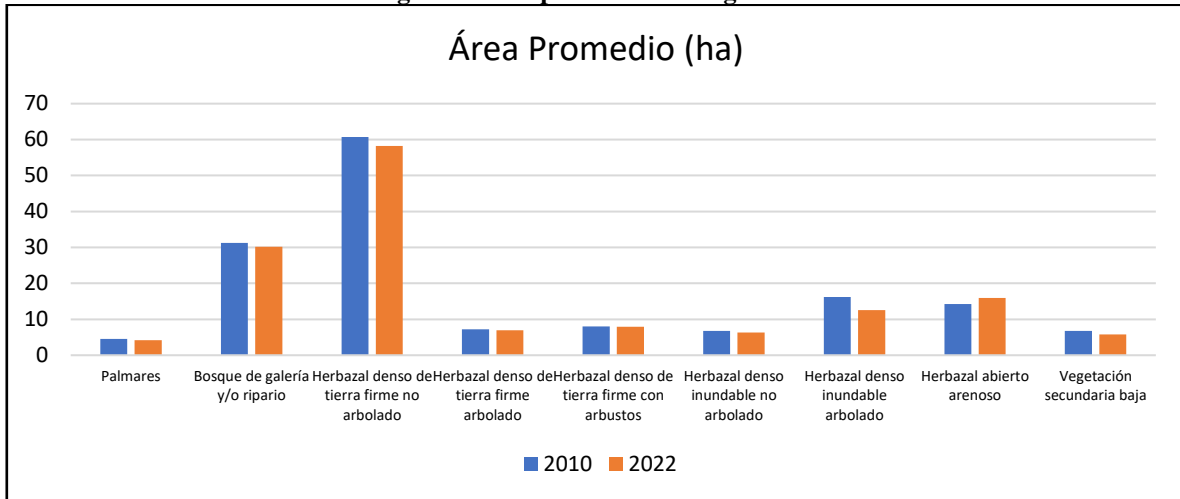
**Fuente:** Elaboración propia, 2023

- **Área**

En general para el área promedio de los fragmentos de cada clase se ve una reducción respecto del año 2010 al 2022 (Ver Figura 9), especialmente en la cobertura de herbazal denso inundable arbolado que pasa de 16,24ha promedio por cada fragmento a 12,58ha, una reducción de cerca de 4ha promedio por cada fragmento.

Por otro lado, la única cobertura que aumento su área promedio por fragmento es herbazal abierto arenoso seguramente por la recuperación de zonas intervenidas que ayudó a la conectividad de estos fragmentos. Es importante también notar que todas las coberturas reportan una disminución en su área de parche promedio lo cual es indicador de la presión en la que se encuentran los ecosistemas naturales.

**Figura 9 Área promedio de fragmentos**



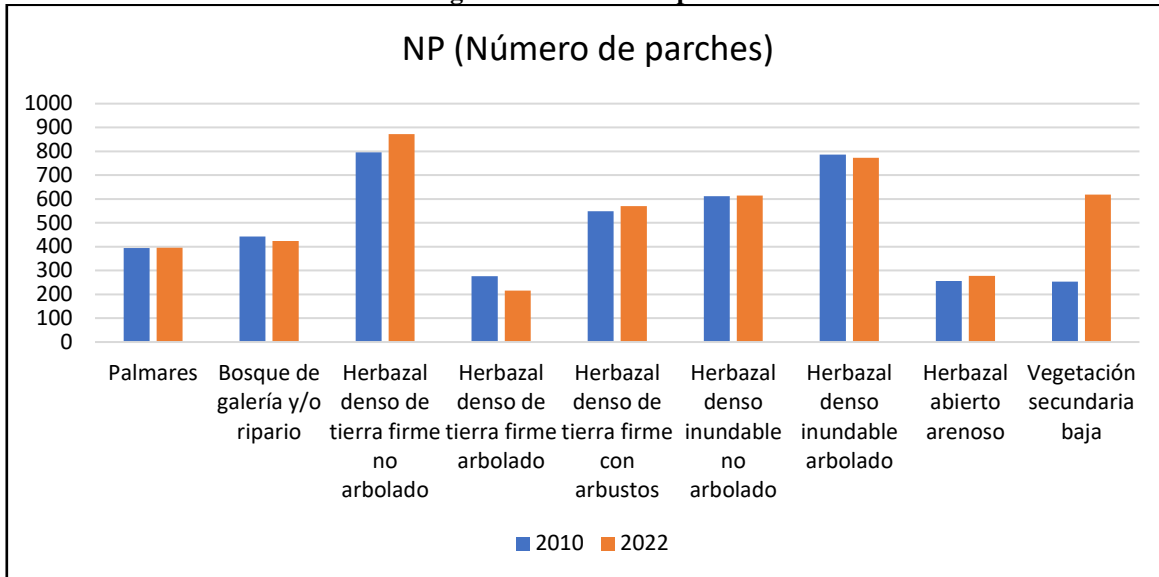
**Fuente:** Elaboración propia, 2023

- **Número de parches (NP)**

De igual forma, respecto al número de parches de las coberturas naturales, los cambios más significativos en cuanto a los valores obtenidos son vegetación secundaria baja, aumentando el número de parches para el año 2023 en casi 3 veces (253 en 2010 a 619 en 2022); la misma situación ocurre con el herbazal denso de tierra firme no arbolado, pero en mucha menor magnitud (796 en 2010 a 872 en 2022). Esto se puede interpretar al relacionarlo con la tabla de áreas y sabiendo que no hay aumento en las coberturas, en que hay una pérdida y al disminuir los fragmentos existentes aumentando a su vez las distancias entre los mismo (Ver Figura 10).

Es contraria la situación de los demás herbazales y de los palmares que, aunque aumenta el número de parches también disminuía la distancia entre fragmentos, es decir, se evidencia una fragmentación de la cobertura, pero no existe una pérdida total, se reduce la continuidad, pero no desaparecen los fragmentos existentes.

**Figura 10 Número de parches**



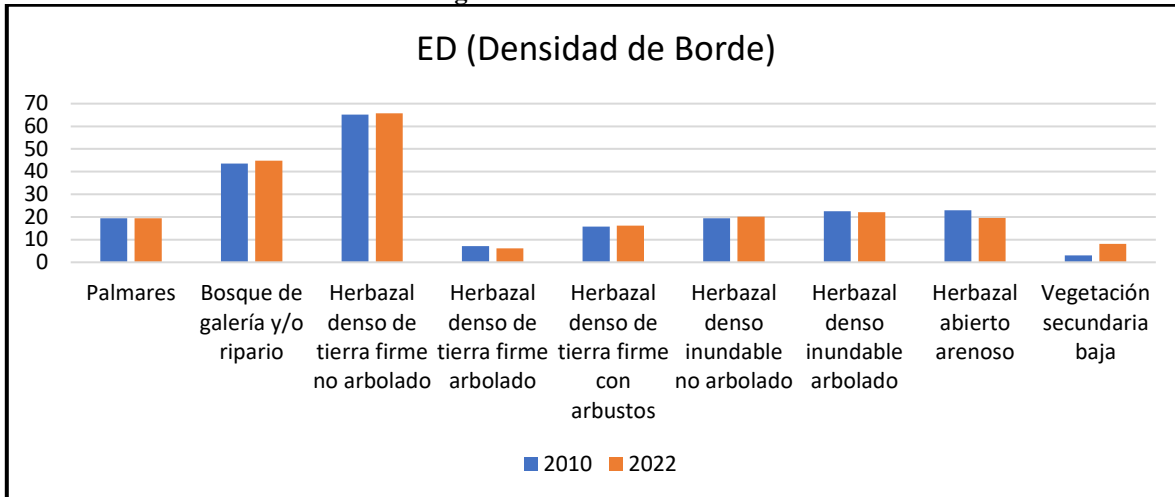
**Fuente:** Elaboración propia, 2023

- **Densidad de borde (ED)**

El incremento en el valor de esta métrica indica fragmentación de los parches, al incrementar el área de borde y disminuir el área núcleo. Las coberturas que no presentan afectación en este sentido son herbazal denso de tierra firme arbolado y el herbazal denso de tierra firme con arbustos y herbazal abierto arenoso, presentan un valor menor en este indicador lo que permite inferir que han tenido un aumento en el área de cobertura, lo cual no es el caso para las dos primeras, o que los fragmentos se han visto menos afectados por la fragmentación en el periodo de tiempo analizado o se han consolidado entre sí al encontrarse muy cercanos. (Ver Figura 11).

Se debe destacar que el aumento más notable lo presenta la cobertura de vegetación secundaria baja, debido a la presión de una fuerte intervención antrópica.

**Figura 11 Densidad de borde**



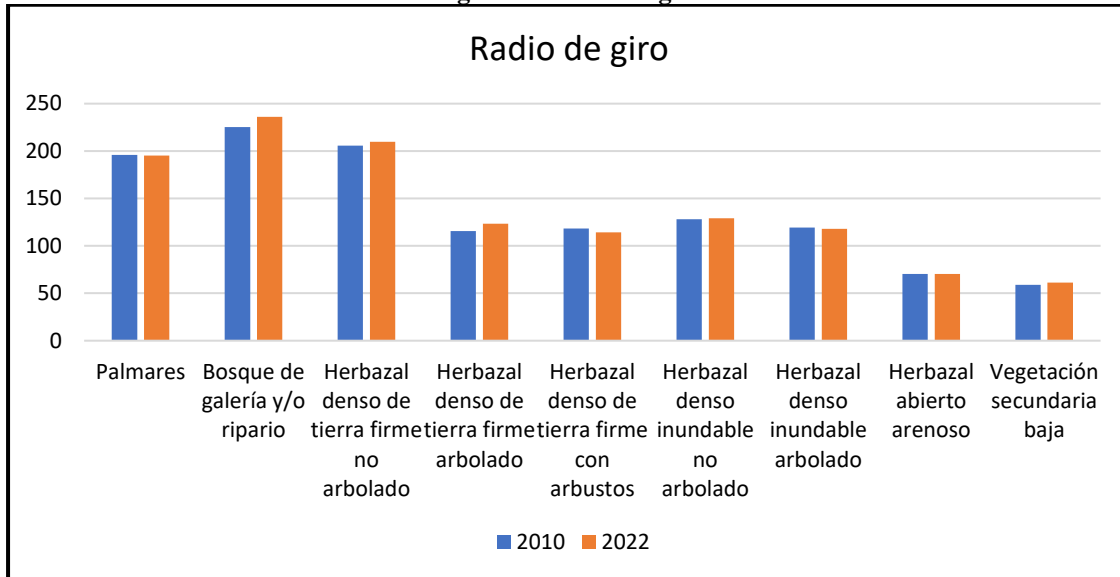
**Fuente:** Elaboración propia, 2023

- **Radio de giro (Gyrate)**

La métrica de radio de giro es la medida desde los bordes hasta el centroide o núcleos de los fragmentos, por lo que se esperaría los mayores valores para coberturas naturales con mayor elongación, y menores valores para formas más compactas. En este orden de ideas, cómo se puede observar en la figura 12, que los mayores valores los tiene la cobertura de bosques de galería o ripario y el herbazal denso de tierra firme arbolado. La tendencia en el periodo evaluado es el aumento de esta métrica. Esto es normal ya que los bosques de galería al estar asociados a los cueros de agua y en este caso en particular, a los ríos, son principalmente parches longitudinales y angostos.

Por el contrario la cobertura de herbazal denso de tierra firme con arbustos al ser una cobertura que presenta tras la perturbación una forma más compacta y aumentando las áreas intervenidas, acercando los bordes de los fragmentos al núcleo.

Figura 12 Radio de giro



Fuente: Elaboración propia, 2023

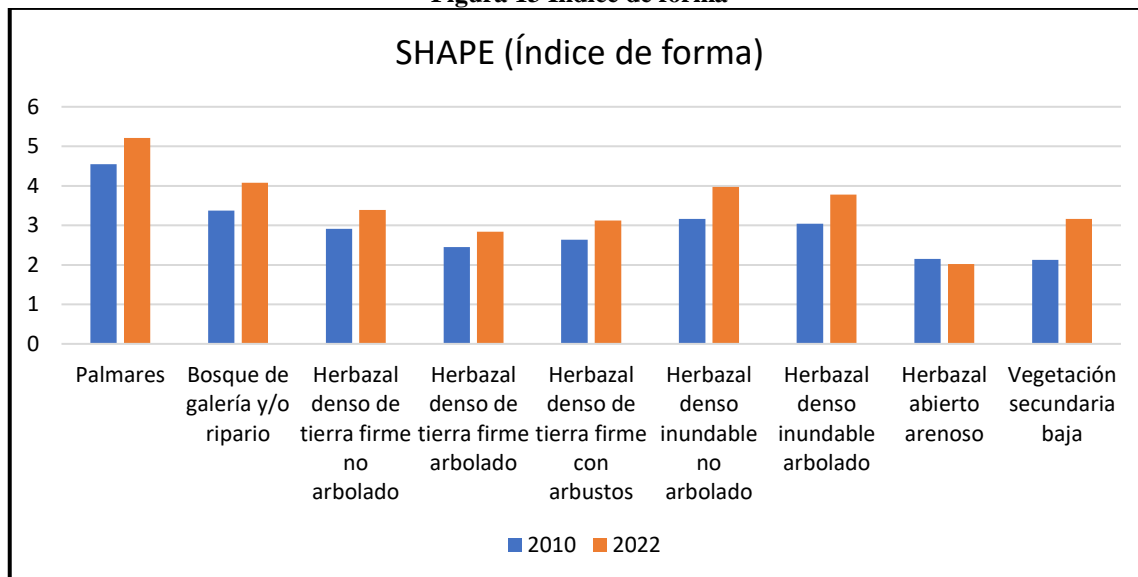
- **Índice de forma (SHAPE)**

Los fragmentos establecen su área al tamaño y forma a la medida de sus necesidades para mantener ciertas especies, así, en cuanto sea menor la superficie del fragmento es más vulnerable a agentes externos evidenciando el efecto de borde; a mayores valores muestran formas más irregulares.

En este caso, al observar la figura 13, herbazal denso inundable arbolado y vegetación secundaria baja son las coberturas con mayor cambio respecto al periodo 2010 es decir las que en el periodo de tiempo analizado han perdido más homogeneidad en sus bordes y han tendido a la irregularidad de los fragmentos. Sin embargo, la cobertura de palmares es la que presenta mayores valores, es decir, la cobertura con las formas de parche más irregulares y que se han incrementado en el tiempo, de igual forma la cobertura de bosque de galería y/o ripario tiene valores alto respecto a las otras coberturas, y lo incrementa en el tiempo. En general, para las coberturas naturales analizadas, en esta métrica hay un incremento considerable en casi todas, por lo que la fragmentación no solo se ve en el aumento de parches

y las distancias, sino que también en la alteración de su forma. Solo el herbazal abierto arenoso ha presentado una ligera homogenización en sus bordes.

**Figura 13 Índice de forma**



**Fuente:** Elaboración propia, 2023

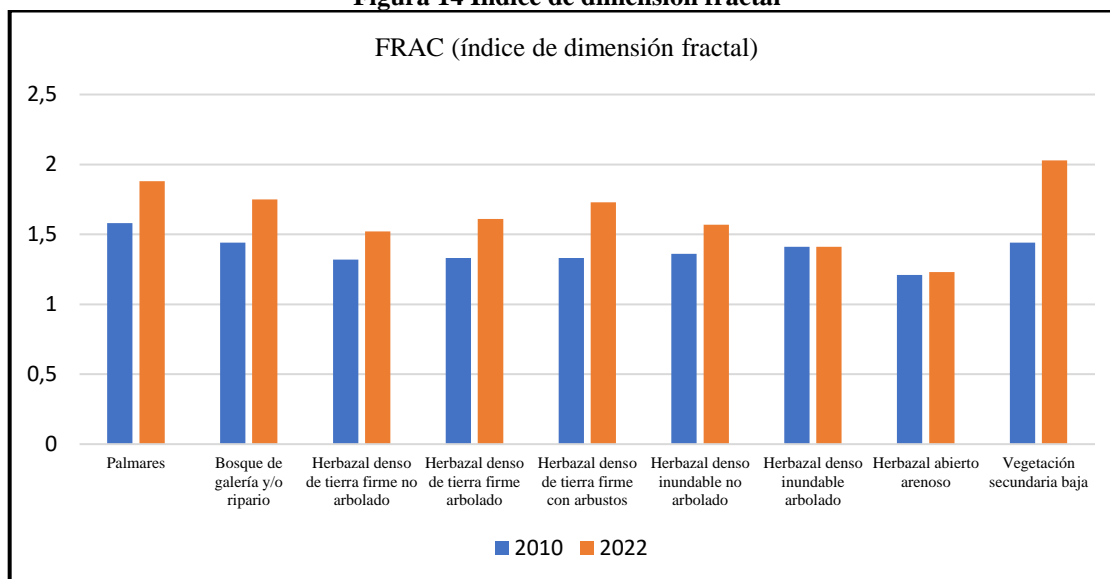
- **Índice de dimensión fractal (FRAC)**

El índice de dimensión fractal guarda relación con el índice de forma, en donde valores mayores a 1 tienen formas complejas, para el caso de las coberturas naturales del área de estudio se observa en la figura 14, que todas las coberturas están por encima de 1 lo que significa formas complejas, sin embargo, entre ellas los valores más altos corresponden a vegetación secundaria baja, palmares, herbazal denso de tierra firme con arbustos y bosque de galería o ripario, pero en general tienen valores en aumento y que demuestran de nueva cuenta que en el periodo de tiempo analizado ha habido una mayor presión antrópica sobre estas, a excepción del herbazal abierto arenoso que básicamente se ha mantenido en el tiempo seguro porque es la única cobertura que ha incrementado un poco en su área.



De esta forma, se concluye que la forma de las coberturas naturales ha sido alterada con la fragmentación, como se mencionó anteriormente, la fragmentación se evidencia por en métricas de agregación como áreas, distancias y bordes.

**Figura 14 Índice de dimensión fractal**



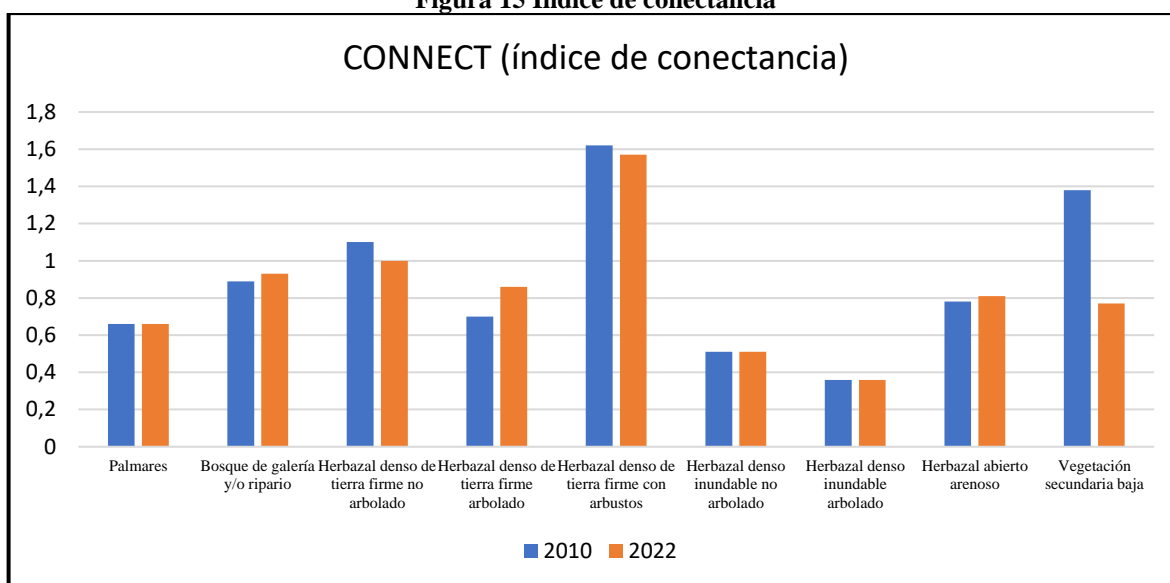
**Fuente:** Elaboración propia, 2023

- **Índice de conectancia (CONNECT)**

Esta métrica es considerada como un indicador directo de conectividad espacial, la determinación de este índice se realizó en una distancia de 500 m alrededor de cada fragmento, de esta manera, con la figura 15, se observa que la cobertura de herbazal denso de tierra firme arbolado, muestra un índice elevado de conectados tiene los fragmentos en este rango de distancia, y que la cobertura de bosque de galería y/o ripario y el herbazal abierto arenoso aumentan el índice de conectancia para el año 2022. Ya que esta métrica tiene en consideración el número de parches nuevos y su distancia entre sí, su incremento no necesariamente refleja un aumento en el área de cobertura, puede significar mayor fragmentación pero que entre los nuevos vacíos o “gaps” haya pequeños fragmentos cercanos entre sí cómo en el caso del herbazal denso de tierra forme arbolado.

Por el contrario, la cobertura de vegetación secundaria baja disminuye significativamente el índice de conexión física entre fragmentos del 2010 al 2022 lo cual indica que la afectación puede haberse presentado en parches completos que han desaparecido aumentando la distancia entre parches de esta misma cobertura.

**Figura 15 Índice de conectancia**

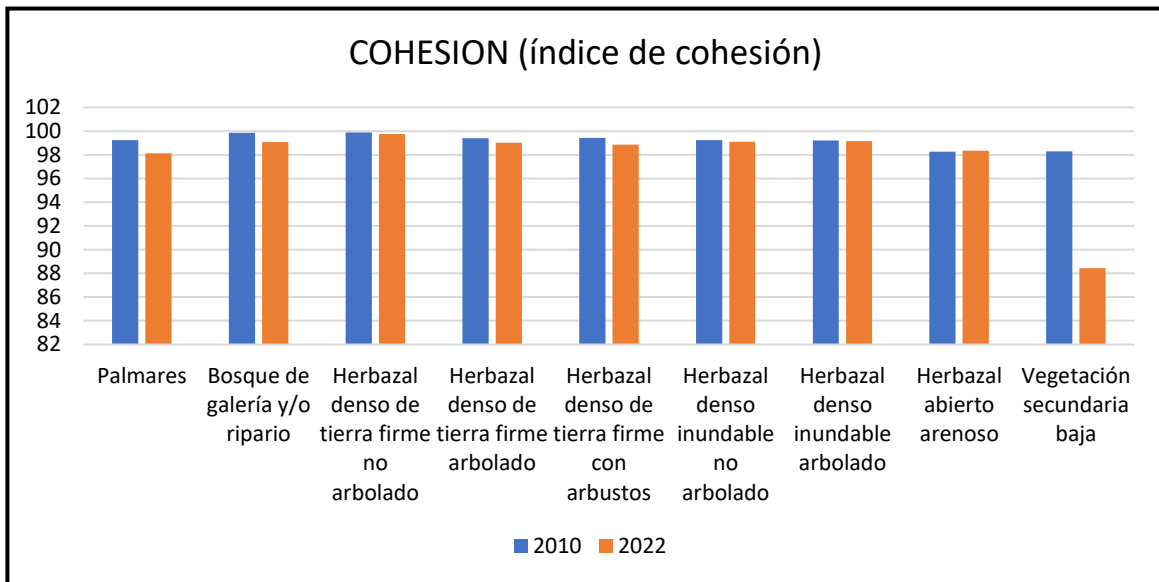


**Fuente:** Elaboración propia, 2023

- **Índice de Cohesión (COHESION)**

El indicador de cohesión muestra el grado de dominancia y agregación de las coberturas que conforman el paisaje, en este caso se evidencia con la figura 16, que para ambos periodos Las coberturas de bosque de galería o ripario y herbazal denso de tierra firme no arbolado son las principales que dominan el paisaje, en cuanto a coberturas naturales a pesar de que ambas presentan ligeras reducciones por la reducción de sus áreas. En general, la tendencia de este índice se mantiene en ambos periodos evaluados para todas las clases de coberturas excepto para herbazal abierto arenoso el cuál ha incrementado muy ligeramente y para vegetación secundaria baja la cual ha presentado un descenso dramático debido a que su pérdida de área es directamente proporcional a su presencia en el paisaje del área de estudio.

**Figura 16 Índice de Cohesión**



**Fuente:** Elaboración propia, 2023

## 8. Conclusiones y recomendaciones

De acuerdo a los resultados presentados en la Tabla 4 dónde se cuantifican los cambios de cobertura por hectárea y a las métricas analizadas para el periodo 2010-2022, concluimos que el impacto sobre las coberturas naturales es negativo, tanto en pérdida de área como en los valores de conectividad espacial, grado de agregación y la disminución en la dominancia y conectancia.

La matriz de pérdida y ganancia (Tabla 4), permitió identificar un aumento de la categoría parche y transición, lo cual evidencia una disminución en las áreas núcleo y borde de los bosques y demás coberturas naturales como lo indican el índice de dimensión fractal y el índice de forma, así como en la irregularidad de los fragmentos de acuerdo al índice de dimensión fractal lo que indica una mayor presión antrópica.

Las coberturas de la tierra más afectadas por intervención son los palmares y la vegetación secundaria baja que se han reducido en área, pero también en la calidad de los fragmentos persistentes (métrica de radio de giro) con bordes más irregulares, más cercanos a su núcleo y más estrechos lo que permite suponer que en un futuro van a seguir siendo reducidos posiblemente hasta su cesar su funcionalidad ecológica.

Finalmente, hay que destacar que las categorías de parche y borde son las que mayor área abarca la clase de bosque en la temporalidad 2022 (índices de conectancia y cohesión), lo cual permitió identificar que se han generado mayor cantidad de parches que ya no son ecológicamente funcionales al ser más delgados y representar en menor medida una fuente potencial de hábitat de vida silvestre.

De este modo por medio de la aplicación de la metodología propuesta, la obtención de resultados y su análisis hemos conseguido cuantificar fragmentación y conectividad entre

parches remanentes de CN para el periodo 2010 – 2022 en la cuenca baja del rio Bita mediante la interpretación de imágenes satelitales de ambas temporalidades y utilizando el software especializado FRAGSTATS.

A manera de recomendación consideramos que se debe reducir el impacto antrópico en general sobre las coberturas naturales tratando de implementar las actividades productivas en ecosistemas ya transformados y de alguna manera tratando de realizar ciclos para no fatigar la tierra.

Por otro lado, son las coberturas de herbazal denso de tierra firme con arbustos, los palmares y el bosque de galería y/o ripario, las coberturas que deberían priorizarse en su conservación ya que son las más impactadas por la ampliación de la frontera agrícola y pecuaria e inclusive deberían llevarse a cabo programas de reforestación y recuperación con especies específicas para evitar que desaparezcan o que los parches remanentes pierdan por completo su función ecológica.

## Bibliografía

- Aguilera-Benavente, F. & Botequilha-Leitão, A. (2012). *Selección de métricas de ecología del paisaje mediante ACP para la caracterización de los procesos de alteración del paisaje del Algarve (Portugal) Decision Support System for Biodiversity Planning and Management in Protected Areas (Sistema de Apoio à Decisão para o Planeamento e Gestão da Biodiversidade em Áreas Protegidas) (Acronym PROBIO) View project APEP-Associação portuguesa de Ecologia da Paisagem View project.* www.geo-focus.org
- Almenar, Bab. (2019). *Assessing habitat loss, fragmentation and ecological connectivity in Luxembourg to support spatial planning.*
- Anaya, L. & Diaz, A. (2016). *ANÁLISIS DE LA FRAGMENTACIÓN DE COBERTURAS NATURALES [PROYECTO CURRICULAR DE INGENIERIA AMBIENTAL]. UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS.*
- Bennett, A. F. (2004). *Enlazando el Paisaje El Papel de los corredores y la conectividad en la conservación de la vida silvestre.*
- Botina Yurani & Villegas Eliana. (2019). *DEFINICIÓN DE UN CORREDOR DE CONECTIVIDAD ENTRE ÁREAS DE.* UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA -UNAD.
- Cabacinha, C. D. & de Castro, S. S. (2009). Relationships between floristic diversity and vegetation indices, forest structure and landscape metrics of fragments in Brazilian Cerrado. *Forest Ecology and Management*, 257(10), 2157–2165. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.02.030>
- Cerrato Luis, Maldonado paula & Ñañez Alvaro. (2017). *ZONIFICACION DE AREAS PROTEGIDAS PARA LA CONSERVACION.*
- Correa Jorge. (2018). *ANÁLISIS MULTITEMPORAL TRANSFORMACION AMBIENTAL.*
- Del Río, J., Rivera-Parada, L., Prado-Castillo, L. F., Castro-Lima, F., Mijares, F., & Dombro, D. B. (2017). *El congrio (Acosmium nitens) en la cuenca del río Bitá Sembrar para conservar.*
- De Luque, M. A., Paola Pérez, Y., Angélica Rodríguez, Y. & Jiménez Rodríguez, C. (2018). *Análisis del proceso de fragmentación de bosques: metodologías orientadas en el uso de sistemas de información geográfica y métricas del paisaje Forest Fragmentation analysis process: geographic information systems methodologies and landscape metrics.*
- Eceiza, M., Arrieta, M. & Goñi, A. (2008). *HABILIDADES SOCIALES Y CONTEXTOS DE LA CONDUCTA SOCIAL Social skills and contexts of social behaviour.*
- Fernando, L., Montoya, G., Yaneth, G. & Yepes, F. (2016). *SALVAJINA (CAUCA).*
- GEOMA, G. y M. A. C. S. (2019). *Proyecto Segundo refuerzo de red en el área oriental: Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV.*
- Gómez, M., Anaya, J., & Álvarez, E. (2005, July). *Análisis de fragmentación de los ecosistemas boscosos en una región de la cordillera central de los andes colombianos.*  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=75004702>
- Gómez, P. (2017). *Transformaciones territoriales ganadería y agroindustria en Vichada (Colombia). Revista FOLHMYP.*

<https://www.todacolombia.com/departamentos-de-colombia/vichada/municipios-division-politica.html>

Instituto Humboldt. (2016a). *informe-2016-bit-a-fr-07*.

Instituto Humboldt. (2016b). *NotiBita2*.

Isaacs Paola. (2011). *MODELO DE CONECTIVIDAD ESPACIAL*.

Laura Delgado, D., Ramos, S., Martínez, N. & García, P. (2003). Ecología de Paisajes, Sensores Remotos y Sistemas de Información Geográfica: Nuevas Perspectivas para el Manejo de Problemas en Salud Pública, Caso Particular la Malaria en el Estado Sucre, Venezuela. *Acta Científica Estudiantil*, 1(4), 128–142.

León-Alfaro, Y. (2019). Analysis of forest fragmentation and connectivity in the sub-basin of the tapezco river, Costa Rica: Connecting the forest to protect water. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 28(1), 102–120. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v28n1.67969>

MADS y PNUD 2014. (2014). *BIODIVERSIDAD DE COLOMBIA V INFORME NACIONAL DE ANTE EL CONVENIO DE DIVERSIDAD BIOLÓGICA V INFORME NACIONAL DE BIODIVERSIDAD DE COLOMBIA V INFORME NACIONAL DE BIODIVERSIDAD DE COLOMBIA PARTE I*.

Martínez Ardila, N. Javier., & Murcia García, U. Gonzalo. (n.d.). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra: metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia: escala 1:100.00*.

Matteucci, S. D. (2014). *CAPÍTULO 11 LA CUANTIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAISAJE 1*.

Mauricio A. Echeverry D & Grady J. Harper. (2009). *Fragmentación y deforestación*. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/7301>

Mayorga José. (2022a). *ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA TRANSFORMACIÓN DEL PAISAJE EN. UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS*.

Mayorga José. (2022b). *TRANSFORMACION DEL PAISAJE ANALISIS MULTITEMPORAL*.

Meza, M., Barreto, J., Reyes, A., González, T., & Armenteras, D. (2021). *Perspectivas para el manejo integral del fuego en la cuenca del río Bitá*.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). *Decreto\_1235\_de\_2018*.

Moreno Julián. (2018). *ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE INUNDACIÓN EN PUERTO CARREÑO AUTOR JULIÁN ANDRÉS MORENO CALDERÓN [ESPECIALIZACIÓN EN GEOMÁTICA]. UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA*.

Murcia U, R. J. H. C. y C. H. 2010. M. de los bosques y otras coberturas de la A. colombiana, periodos 2002 y 2007. R. ejecutivo. I. A. de I. C. SINCHI. B. D. C., 12 p. (2010). *Monitoreo de los bosques y otras coberturas de la Amazonia colombiana, periodos 2002 y 2007*.

Murillo Camilo. (2021). *Análisis comparativo del cambio del uso del suelo y la deforestación en la Reserva Nacional Natural Nukak producto de la firma de los acuerdos de paz en Colombia [Facultad de Ciencias]. Universidad de Los Andes*.

Patricia Veloza Torres, J., Maritza Bernal Asesora, L. & Yeesed Guerrero Castro, A. (2017). *ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LAS COBERTURAS Y USOS DEL SUELO DE LA RESERVA FORESTAL PROTECTORA-PRODUCTORA “CASABLANCA”*.

- Rodríguez, P. (2020). *PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE CONECTIVIDAD ECOSISTÉMICA* [Programa Ingeniería Ambiental]. Universidad del Bosque.
- Rojas Camilo. (2019). *DELIMITACIÓN DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO BITA, DEPARTAMENTO DEL VICHADA A PARTIR DE MODELOS DIGITALES DE ELEVACIÓN CAMILO ANDRÉS ROJAS OCHOA.*
- Rozas, Patricio., Figueroa, Oscar. & UN. CEPAL. Natural Resources and Infrastructure Division. (2006). *Conectividad, ámbitos de impacto y desarrollo territorial: análisis de experiencias internacionales.* Naciones Unidas, CEPAL, División de Recursos Naturales e Infraestructura.
- Sharon K. Collinge. (1996). *Ecology of Fragmented Landscapes.*
- Trujillo, F., & Lasso, C. A. (Carlos A. (2017). *Biodiversidad del Río Bitá, Vichada, Colombia.*
- Trujillo, F., & Usmá, S. (2022). *ADDRESSING AGRICULTURAL PRESSURES ON WETLANDS: THE BITA RIVER RAMSAR SITE.*
- Velásquez Pablo. (2017). *Caracterizacion\_Estructura\_Paisaje\_Velasquez\_2017.*
- World Wildlife Fund. (2021). Bitá, un río excepcional. WWF Colombia.  
<https://www.wwf.org.co/?365361/Bitá-un-rio-excepcional>