

**ANÁLISIS ESPACIAL DE COBERTURAS VEGETALES PRESENTES EN
COMUNIDADES INDÍGENAS UBICADAS EN EL MUNICIPIO DE URIBIA,
DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA, COLOMBIA**

ROBBY ALEJANDRO RAMOS DÍAZ



**UNIVERSIDAD DE
MANIZALES®**



**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
MANIZALES
2020**

**ANALISIS ESPACIAL DE COBERTURAS VEGETALES PRESENTES EN
COMUNIDADES INDÍGENAS UBICADAS EN EL MUNICIPIO DE URIBIA,
DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA COLOMBIA**

ROBBY ALEJANDRO RAMOS DÍAZ

Trabajo de Grado presentado como opción parcial para optar
al título de Especialista en Información Geográfica

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
MANIZALES
2020**

CONTENIDO

RESUMEN	8
ABSTRACT.....	9
INTRODUCCIÓN	10
ÁREA PROBLEMÁTICA	13
OBJETIVOS	15
OBJETIVO GENERAL.....	15
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
JUSTIFICACIÓN	16
REFERENTE TEÓRICO	18
LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL ESTUDIO DE LA ECOLOGÍA.....	18
FRAGMENTACIÓN DE ECOSISTEMAS.	19
ÁREA DE ESTUDIO	20
ANTECEDENTES.....	23
TELEDETECCIÓN Y ANÁLISIS DE IMÁGENES.....	23
FRAGMENTACIÓN DEL PAISAJE Y ANÁLISIS DE MÉTRICAS.....	25
METODOLOGÍA	29

TIPO DE TRABAJO	29
PROCEDIMIENTO	29
Fase 1. Insumos	29
Fase 2. Análisis.....	32
RESULTADOS.....	48
CONCLUSIONES	54
RECOMENDACIONES	56
BIBLIOGRAFÍA.....	57

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Área de estudio departamento de la Guajira municipio de Uribia.....	21
Figura 2 Coberturas de la tierra del área de estudio compuesto por el territorio ancestral de 4 comunidades indígenas y sobre las cuales se presentan 2 coberturas vegetales (Arbustal abierto y Arbustal denso).....	31
Figura 3 Ventana de selección de las métricas del paisaje, en la extensión Spatial Analyst® del software ArcGis 10.5.....	33
Figura 4 Mapa de conectividad del área de estudio	50

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Coberturas de la tierra del área de estudio	29
Tabla 2 Índices de fragilidad del paisaje, desde el punto de vista ecológico	34
Tabla 3 Métricas del paisaje de las coberturas vegetales del área de estudio.....	49

GLOSARIO

Biodiversidad: Es la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otros, los ecosistemas terrestres y marinos y otros sistemas acuáticos, y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas.

Cobertura de la tierra: Es la cobertura (bio) física que se observa sobre la superficie de la tierra. Describe la vegetación y los elementos antrópicos existentes sobre la tierra y también, describen otras superficies terrestres como afloramientos rocosos y cuerpos de agua.

Fragmentación: Es el proceso de división de un hábitat continuo en secciones.

Hábitat: Lugar que presenta las condiciones apropiadas para que viva un organismo, especie o comunidad animal o vegetal.

Paisaje: Se conoce como paisaje natural o físico a aquel que es producto de todos los elementos físicos que lo componen, así como el conjunto de fenómenos naturales que tienen lugar en él.

RESUMEN

Los bosques secos tropicales, han venido presentando una fuerte intervención en el país, lo que ha generado una fragmentación del hábitat que ellos albergan. Cuando el hábitat ha sido fragmentado y destruido, sufre un cambio progresivo en la configuración de su paisaje. Esto está representado en una pérdida local de hábitat, una reducción en el tamaño de sus fragmentos y un incremento tanto en el número de éstos como en la distancia entre fragmentos. Finalmente, presenta una mayor exposición fragmentada del hábitat conocida como efecto de borde. (FAHRIG, 2003, SAUNDERS et.al , 1991 y ANDREN, 1994). El presente estudio analizó el estado de fragmentación en que se encuentran las coberturas naturales presentes en cuatro (4) comunidades indígenas de la etnia Wayuu (Majayut, Tewou, Sukuluwou y Mapuachon), ubicadas en La Alta Guajira. El área de estudio comprende un tamaño de 4.863,13 hectáreas, de las cuales 4.209,96 pertenecen a las coberturas naturales de arbustales abiertos y arbustales densos. Para analizar su estado de fragmentación, se realiza un análisis de métricas espaciales, partiendo de insumos como: mapas de coberturas vegetales los cuales fueron digitalizados gracia a imagines satelitales de sensores Worldview-2 y GeoEye-1 y rectificadas con una ortofoto de resolución espacial de 0,15 m y una resolución radiométrica de 32 bits/pixel. El análisis de métricas, permitió observar que a pesar de que sobre las coberturas naturales existen perturbaciones antrópicas como el pastoreo, estas aún conservan un bajo índice de fragmentación. Se cree que el estado actual de estas coberturas, se deba a la incidencia de las comunidades indígenas en el territorio.

PALABRAS CLAVES: Fragmentación, Hábitat, Métricas del paisaje, Parches, Coberturas

ABSTRACT

The tropical dry forests have been presenting a strong intervention in the country, which has generated a fragmentation of the habitat that they harbor. When the habitat has been fragmented and destroyed, it undergoes a progressive change in the configuration of its landscape. It is represented by a local loss of habitat, a reduction in the size of its fragments and an increasing in both, the number of these and the distance between fragments. Finally, it presents a more fragmented exposure of the habitat known as the edge effect. (Fahrig, 2003, Saunders et al., 1991 and Andrén, 1994). This study analyzed the current state of fragmentation of the natural covers which are in four (4) indigenous communities of the Wayuu ethnic group (Majayut, Tewou, Sukuluwou and Mapuachon), located in La Alta Guajira. The study of the area comprises a size of 4,863.13 hectares; 4,209.96 of them belong to the natural covers of open shrubs and dense shrubs. An analysis of spatial metrics has been made, in order to analyze its state of fragmentation, It starts from some supplies such as: maps of vegetation cover which were digitized by satellite images from Worldview-2 and GeoEye-1 sensors and they were rectified with an orthophoto of spatial resolution of 0.15 m and a radiometric resolution of 32 bits / pixel. According to the metric analysis, it was observed that the vegetation cover retains a low rate of fragmentation, despite the existence of some anthropic disturbances such as grazing. It is believed that the current state of this vegetation cover is due to the incidence of indigenous communities in the territory.

KEY WORDS: Fragmentation, Habitat, Landscape metrics, Patches, Covers

INTRODUCCIÓN

A través del tiempo la población humana, se ha surtido de múltiples servicios ecosistémicos que brindan los bosques, entre ellos se encuentra algunos no tangenciales, pero si muy importantes como la regulación climática y el ciclo hidrológico. Las plantas que componen los bosques en determinado espacio y tiempo, son quienes definen los servicios ecosistémicos a usar por la población humana, en cualquier territorio (SALGADO-NEGRET, 2016)).

La capacidad de los bosques secos de soportar altas temperaturas y fuertes sequias durante gran parte del año, han hecho que estos sean considerados formaciones vegetales de alta prioridad para la conservación. Sin embargo, a pesar de ser el foco de fuertes campañas de protección, las áreas donde se ubican esos ecosistemas tan especiales, a lo largo de tiempo, han albergado tradicionalmente grandes asentamientos humanos, lo que le confiere una larga historia de transformación y pérdida de su biodiversidad (LHUMEAU & CORDERO, 2012 y SECRETARIA DEL CONVENIO SOBRE DIVERSIDAD BIOLÓGICA, 2009)).

Una de las amenazas más frecuentes que presenta la biodiversidad, es la fragmentación y reducción de los bosques naturales a lo largo de planeta (TURNER, 1996). Como bien lo mencionaban FAHRIG, 2003, SAUNDERS et.al , 1991 y ANDREN, 1994, con la fragmentación y destrucción de un hábitat se produce un cambio progresivo en la configuración del paisaje, que se ve representado en una perdida local de hábitat, una disminución en el tamaño de los fragmentos y un aumento en número de estos mismo, un aumento en la distancia entre fragmentos y por último una mayor exposición del hábitat fragmentado conocida como efecto de borde.

La introducción intencionada del ganado en las tierras de la guajira, por la necesidad del establecimiento de asentamientos hispanos, resulto en el desencadenamiento de una nueva actividad productiva en las comunidades indígenas de la región hoy en día. Esta nueva actividad económica trajo consigo, la estratificación interna dentro de la sociedad Wayuu y generó un fuerte impacto (PEREZ, 2004). Hoy en día la riqueza radica en la posesión de especies bobinas y caprinas.

Situado en el norte de Colombia, el departamento de la Guajira ocupa una superficie de 20.848 km² y representa aproximadamente el 1,8% del territorio Nacional. La Alta Guajira, ubicado en el extremo peninsular, es semidesértica, de escasa vegetación y allí predominan los cactus y cardonales (CAMARA DE COMERCIO DE LA GUAJIRA, 2015). La comunidad Wayuu, es una de las 84 etnias que habitan en el territorio colombiano y se estima que su población es aproximada a las 400.000 personas. Esta comunidad representa cerca del 20% de la población indígena del país. Se caracterizan por asentarse a lo largo de la Alta Guajira y vivir en viviendas hechas artesanalmente con elementos como la madera y barro. El acceso a servicios básicos como agua potable y electricidad es el mayor factor que aqueja a los habitantes de la zona (MIGONE & GOMEZ, 2014).

El área de estudio comprende el límite geográfico de 4 comunidades indígenas (Majayut, Tewou, Sukuluwou y Mapuachon). Estos grupos pertenecen a la etnia Wayuu. Según la clasificación de zonas de vida (HOLDRIGE, 1978), el área de estudio se encuentra ubicada en la formación vegetal de bosque muy seco tropical (bms-T). las cuales presenta temperaturas mayores a 24°C, en terrenos que no superan los 500 m.s.n.m. y con precipitaciones anuales muy bajas (500 – 1000mm). La formación vegetal del bosque muy seco tropical, en su composición

florística, es muy dominada por especies de las familias Fabaceae, Bignoniaceae, Malvaceae, Apocynaceae y Capparaceae. Su estratificación es de porte bajo y arbustivo (GENTRY, 1995 y MENDOZA, 2003).

El presente estudio, busca identificar, desde una perspectiva espacial, el estado de las coberturas naturales presentes en el territorio colectivo de las comunidades indígenas Majayut, Tewou, Sukuluwou y Mapuachon, ubicadas en el municipio de Maicao, departamento de la Guajira – Colombia.

ÁREA PROBLEMÁTICA

Aproximadamente el 70% de las especies de plantas y animales en el mundo, se encuentran en los bosques tropicales. La presencia de estas especies es capaz de influir en la regulación climática, la capacidad de carga de las fuentes de agua y además de todo esto, contribuir a la economía local con productos de origen maderable o no. Un crecimiento desmedido de la población en el mundo es la principal razón de la pérdida de bosques tropicales, los cuales se encuentran en países en vía de desarrollo, los cuales enfrentan problemas como la desigualdad social, pobreza extrema, altos costos de vida, entre otros (AIDE & GRAUA, 2004).

La reducción del tamaño población de especies que son asociadas a la fragmentación de ecosistemas, generan una vulnerabilidad y una presión sobre estas. Aquellas especies con poblaciones bajas y que se caracterizan por presentar una baja capacidad de dispersión o baja capacidad de asimilación a elementos externos, son aquellas que presentan una alta sensibilidad a la fragmentación de ecosistemas (LAURENCE & BIERREGAARD, 1997). Los efectos provocados en las poblaciones, podrían finalmente llegar a extenderse hasta procesos que afecten directamente en la producción y propagación de semillas, las cuales, en el peor de los casos, acabaría con el reclutamiento de individuos jóvenes y la inminente extinción de una o varias especies.

Uno de los mayores efectos negativos y devastadores sobre los ecosistemas y la biodiversidad, es la fragmentación y la pérdida de hábitat (LAURENCE & BIERREGAARD, 1997). Los ecosistemas de bosques seco ubicados en la Alta Guajira, a través del tiempo viene siendo afectado producto de la ampliación de la frontera agrícola y ganadera. A pesar de la

existencia de múltiples grupos indígenas en la zona, los cuales, dentro de sus fuentes de economía principales, está la crianza de bovinos y caprinos, que se ve representado en el pastoreo de estos en grandes extensiones de tierra, a permitido que en la zona no se presente la intrusión de nuevas actividades económicas como proyectos de infraestructura, apertura de vías, transporte a gran escala de insumos, entre otros, que afecten aún más la dinámica ecológica presente en estas tierras.

La protección de estos ecosistemas especiales y el uso responsable de los recursos que ofrece, es un trabajo que debe unificar grandes sectores del país (entidades públicas, privadas y grupos sociales). Analizar los procesos ecológicos desde una perspectiva espacial, permite conocer una arista más del estado de los ecosistemas y provee de recursos a la lucha contra la pérdida de biodiversidad y la protección de los recursos naturales.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Analizar el estado de fragmentación de las coberturas vegetales de cuatro comunidades indígenas ubicadas en el municipio de Uribia, departamento de la Guajira - Colombia, con el fin de evaluar su estado de forma mediante un análisis de métricas del paisaje.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Calcular los índices de métricas del paisaje, para las coberturas naturales presentes en las comunidades indígenas de (Majayut, Tewou, Sukuluwou y Mapuachon.
- Analizar los índices de tamaño, área de borde y densidad, de las coberturas vegetales presentes en el área de estudio.
- Examinar las causas y el comportamiento de las métricas de forma presentadas en las coberturas vegetales evaluadas.
- Exponer el efecto del aislamiento y la entremezcla de los parches de coberturas vegetal evaluados.
- Determinar el grado de fragmentación que presentan las coberturas vegetales evaluadas.

JUSTIFICACIÓN

La importancia de entender el fenómeno de la fragmentación, radica inicialmente en la comprensión espacial de los fragmentos de un ecosistema y como sus efectos generan alteraciones en la dinámica ecológica de estos. Bien lo decía RAMOS, 2004, para conocer el estado de los fragmentos de un ecosistema, desde diferentes escalas, es importante estudiar el paisaje desde una planificación integral, la cual tiene como objetivo final, formular estrategias de conservación y protección del hábitat desde áreas núcleo de un ecosistema que este siendo o haya sido intervenido.

La fragmentación genera un patrón dentro de un espacio geográfico. La movilidad de las especies silvestres dentro de un hábitat, está directamente relacionada con la ubicación y disposición espacial de los fragmentos de un ecosistema, esta puede afectar la dinámica de poblaciones no solo en especies animales si no también en especies vegetales. Es esencial analizar los ecosistemas desde una perspectiva espacial que permita ver el horizonte horizontal (geografía) y relacionarlo con un horizonte vertical (ecología). El análisis de métricas del paisaje, permiten evaluar a variación de los patrones espaciales de este y conocer sus agentes causales y las consecuencias que estos generan en los procesos ecológico.

Los individuos vegetales de los bosques tropicales tienen una singular característica: son propiamente dependientes de los animales, para su propagación de semillas por un determinado territorio y por tal razón son altamente susceptibles a los cambios en las dinámicas ecológicas, producidas por la fragmentación de ecosistemas, alteración en el hábitat, efectos de borde,

cambios poblacionales de especies animales, entre otros (AGUILAR et.al, 2006, BAWA et.al, 1985, GHAZOUL , J. MCLEISH, M, 2001, CASCANTE et.al, 2002).

Con el presente estudio, se busca evaluar el estado de las coberturas vegetales de la tierra, presentes en cuatro comunidades indígenas del departamento de La Guajira, desde una perspectiva espacial y paisajística, a través de un análisis de métricas del paisaje, la cual permite evaluar la forma del ecosistema, su espaciamiento, su conectividad y dimensiones. De los resultados obtenidos en este estudio, se espera poder conocer si los ecosistemas presentes en el área de estudio, presentan alteraciones drásticas que puedan afectar la estructura, su estado, forma y capacidad de albergar procesos ecológicos en el presente y en el futuro.

REFERENTE TEÓRICO

LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL ESTUDIO DE LA ECOLOGÍA

Como lo definía ARONOFF en 1989 en su estudio *Geographic information Systems. A management perspective*, “Los sistemas de información geográfica (SIG) son sistemas computarizados que permiten el acopio, edición y análisis de datos geográficos, así como la presentación de información en un formato accesible a los usuarios”. Siendo así, un SIG permite de manera integrada, reunir información desde diferentes nodos de tipo descriptivos, geométricos, topológicos, temporales, entre otros, con el fin de unificar y relacionar información de múltiples procesos que ocurren en una porción de área.

En la ecología, los SIG brindan un apoyo incondicional en el estudio de la diversidad, comportamiento y estado de los ecosistemas. En búsqueda de nuevas estrategias de conservación y protección de la biodiversidad, los sistemas computarizados llegaron a simplificar la planificación de estas (MCNEELY et.al, 1990).

Los sistemas de información geográfica, permiten realizar análisis y consultas espaciales básicas hasta complejas, empezando por consultas como la ocupación de una especie en un área determinada a una escala temporal, hasta consultas con múltiples variables como tiempo, geomorfología, ecología, entre otros, para finalmente poder formar modelos, los cuales usan como base, los resultados de un monitoreo de un determinado estudio (MOREIRA, 1996).

La teledetección sirve como una herramienta primordial para el monitoreo de los ecosistemas y las especies que lo habitan. Inició con el estudio del componente biótico a una escala espacial

que permitiera identificar los cambios en las coberturas terrestres en un rango temporal (NOSS R. F., 1990). A medida que el tiempo avanzaba y la resolución espacial encontraba mejores avances en su tecnología, la barrera que limitaba el acceso a estas herramientas, iba reduciendo su brecha y permitía el uso de esta en estudios más detallados, como por ejemplo la identificación de patrones de árboles en un determinado bosque, hasta la identificación de estos mismo, por sus características morfológicas, vistas desde una escala espacial (TURNER W et.al, 2003 y KERR, J. T. & OSTROVSKY, M., 2003). La teledetección también ha permitido monitorear el estado de fragmentación de los ecosistemas, a través de esta herramienta delimitan y analizan la conectividad ecológica del paisaje, la cual es un diagnóstico del estado de un ecosistema (WILLIS, K. S, 2015). La teledetección es una herramienta primordial para la planificación de estrategias de conservación de ecosistemas.

Para el monitoreo de la fragmentación de ecosistemas y el conservación de la biodiversidad, existen dos tipos de teledetección: la primera se denomina teledetección activa la cual utiliza la tecnología LiDAR, esta nutre, al investigador, de información tridimensional, del bosque que se este estudiando. Por otro lado, la teledetección pasiva, usa como su insumo principal las imágenes satelitales o fotografías aéreas. Esta herramienta permite el análisis de coberturas vegetales a través del tiempo, las cuales pueden suministrar información sobre su estado, forma y distribución .

FRAGMENTACIÓN DE ECOSISTEMAS.

La fragmentación es un proceso dinámico que genera la reducción de tamaño de un hábitat y modifica su estructura a parches de menor tamaño, lo cual conlleva un proceso de pérdida

original del paisaje y aislamiento de ecosistemas. Estas transformaciones, generan cambios en las condiciones ambientales y micro climáticas, que obligan a cambios en la distribución de las especies, de acuerdo a la toleración de los efectos de borde (WILCOVE et.al, 1986, DIDHAM, 1997, MERRIAM, G. Y J. WEGNER., 1992 y MURCIA, 1995).

Colombia a través de los últimos años, ha venido presentado múltiples procesos de perturbación natural y antrópica, producto del escalonamiento de proyectos de infraestructura y la ampliación de la frontera agrícola. Todos estos procesos generan una disminución de los hábitats naturales, produciendo un gran impacto en las comunidades animales y vegetales que se albergan allí (VAN DER HAMMEN & ANDRADE, 2003).

El bosque seco tropical es una de los ecosistemas más amenazados del mundo y uno de los menos estudiados. La constante transformación y cambios de uso de la tierra han generado en el bosque seco, una elevada relictualidad y alta fragmentación, con una cobertura que apenas llega al 3 % de su extensión original (PIZANO & GARCÍA, 2014).

ÁREA DE ESTUDIO

El municipio de Uribia, se encuentra ubicado al norte en el departamento de La Guajira. La mayoría de la población pertenece a la comunidad étnica Wayuu. El área de estudio la comprenden cuatro comunidades: Majayut, Tewou, Sukuluwou y Mapuachon. Estas comunidades se encuentran ubicadas al este del área urbana de Uribia y comprenden una extensión de 4863,13 hectáreas (Figura 1).



Figura 1 Área de estudio departamento de la Guajira municipio de Uribe

Fuente: Elaboración propia

El área de estudio pertenece al bosque muy seco tropical, en Colombia, los bosques secos se ubican en las regiones de la llanura Caribe y valles interandinos de los ríos Magdalena y Cauca entre los 0 y 1000 msnm y en la jurisdicción de los departamentos de Atlántico, Bolívar, Cesar, Huila, Magdalena, Tolima, Valle del Cauca y en la Guajira (FERNÁNDEZ-MÉNDEZ et-al, 2013).

El área de estudio se caracteriza por presentar un clima isomegatérmico, con un régimen climático de periodos secos muy prolongados, donde la mayoría de la vegetación pierde el follaje. Son características las temperaturas mayores o iguales a 24 °C y bajas precipitaciones entre 500 y 1000 mm anuales. La vegetación presenta una fisonomía en la que dominan los arbustos delgados espinosos con hojas muy pequeñas y un estrato denso de hierbas, combinadas con cactus en gran proporción (CRA, 2006.). Las coberturas naturales que la componen son Arbustales abierto y Arbustales densos. Los arbustales abiertos, se caracterizan por presentar una comunidad vegetal dominada por elementos arbustivos, que forman un estrato de copas discontinuo a diferencia los de los arbustales densos, que si forman un estrato de copas continuo. En ambas coberturas, se pueden encontrar elementos arbóreos emergentes de las especies *Prosopis juliflora*, *Caesalpinia coriaria* *Parkinsonia praecox*, además de cactáceas como el *Stenocereus griseus* y *Cereus repandus*. Estas especies se caracterizan por presentar diversas formas de crecimiento resultado de adaptaciones evolutivas al ambiente árido, como el crecimiento achaparrado y umbeliforme, tallos verdes-suculentos y fotosintetizadores, características que permiten a las plantas tener menor resistencia al viento, mayor tolerancia al déficit hídrico y capturar las precipitaciones con mayor eficiencia (LAMBERS & CHAPIN, 2008.).

ANTECEDENTES

El estudio de la fragmentación de ecosistemas, como cualquier otro proceso ecológico, debe ser trabajo en escalas amplias de tiempo. Razón por la cual debe ser un proceso globalizado y que talvez dure décadas, pero que permitirá enlazar resultados y patrones de análisis, arrojados en múltiples estudios de métricas del paisaje. En Colombia, como es claro, durante los últimos años se ha incrementado el estudio de estrategias de conservación de la biodiversidad, de mano de estos estudios una herramienta fundamental, son la teledetección. A continuación, se presentan algunos estudios de fragmentación, realizados a través de sistemas de información geográfica y que abarcan diferentes ecosistemas a lo largo del territorio nacional. La premisa de estos estudios, en general, era observar el estado de múltiples ecosistemas, con el fin de diseñar herramientas de protección para estos, partiendo de una caracterización y análisis espacial en detalle.

TELEDETECCIÓN Y ANÁLISIS DE IMÁGENES

En el año 2008, usando como insumo principal imágenes satelitales SPOT del 2001, se realizó el estudio de “CONECTIVIDAD ESTRUCTURAL DEL PAISAJE CAFETERO EN LA CUENCA DEL RÍO SAN JUAN, SUROESTE ANTIOQUEÑO COLOMBIA” (MARIN et.al, 2008), en este se analizaron múltiples variables del paisaje como: forma, configuración y composición, las cuales permitieron identificar el grado de conectividad de los fragmentos de coberturas vegetales, en un área de 19464 hectáreas. Para el análisis correspondiente de las imágenes satelitales usadas, se utilizó el software ERDAS IMAGINE 8.5® y se aplicaron las metodologías propuestas por Agudelo y Restrepo en el 2004 y Chuvieco en el 2000. Con el fin de mejorar la interpretación de la imágenes utilizadas, se realizaron ajustes al contraste de la

imagen y se aplicaron filtros de alto paso, los cuales permiten una mejor definición del pixel, permitiendo de manera más fácil, identificar cultivos o carreteras. Finalmente se identificó que el paisaje de zona presentaba características de alta heterogeneidad, debido a la cantidad de parches que lo representaban.

Después de 3 años de estudios, finalizó el estudio “DINÁMICA DE LAS MÉTRICAS DEL PAISAJE, DEFORESTACIÓN Y SUCESIÓN EN EL BOSQUE SECO TROPICAL EN LA ISLA DE PROVIDENCIA, COLOMBIA ENTRE 2005 Y 2009 (MENDOZA M. et.al, 2015). El estudio buscaba encontrar la tasa de deforestación de bosque seco tropical para la isla de Providencia. Como insumos se utilizaron imágenes satelitales QuickBird del 2005 y Geoeye del 2009, además de ortomosaicos tomados y procesados durante el 2007. El primer paso del estudio, consistió en la clasificación supervisada por software, que permitió clasificar las coberturas presentes en el área de estudio. Seguido de lo anterior se calculó la tasa de deforestación y las métricas ecológicas del paisaje, con el fin de analizar la fragmentación de los elementos previamente clasificados. La isla de Providencia, presenta un deterioro progresivo del tamaño de bosque seco tropical, el cual se incrementa durante el último periodo evaluado. El estudio considera la implementación de corredores biológicos como medida de mitigación al impacto que genera la fragmentación de este bosque.

Para el 2016, empleando imágenes Landsat 8 de un rango de tiempo entre diciembre del 2015 y febrero del 2016 y utilizando la herramienta de TerraAmazon versión 4.4.2, se realizó el estudio de “ESTIMACIÓN DE COBERTURA BOSCOSA MEDIANTE EL SISTEMA TERRAAMAZON Y ANÁLISIS DE FRAGMENTACIÓN EN LOS MUNICIPIOS DE VIOTÁ (CUNDINAMARCA) Y FUENTEDEORO (META), COLOMBIA” (CAMARGO et.al, 2016). Para el análisis de la fragmentación se definió la densidad en términos de proporción de celdas

cubiertas por bosques y conectividad de aquellas celdas que son ocupadas por bosque. De acuerdo a los valores arrojados, los elementos que comprende la imagen se clasificaron en las categorías de: núcleo, interior, parche, transición, borde, perforado e indeterminado, estas categorías presentan tamaños y valores de densidad y conectividad, que permiten categorizarlos. Como resultado se obtuvo la identificación de los fragmentos de coberturas que permitirían tomar decisiones en pro de la conservación de los bosques existentes y la restauración de áreas degradadas.

En el año 2018, finalizaría el estudio de “USO DEL SUELO Y ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN EN PAISAJES FRAGMENTADOS EN LA AMAZONIA, COLOMBIA” (MEZA & ARMENTERAS, 2018). En este estudio se realizaría un análisis multitemporal del paisaje y su composición entre los años 1990 y 2016, usando imágenes Landsat 4 de 1990, 1991, 1997 y 2000, imágenes Landsat 7 para el año 2002 e imágenes Landsat 8 para los años 2013 y 2016. Una vez obtenidos los mapas de coberturas, se identificaron las métricas de área, agregación a nivel y clase y forma. Seguido de esto se identificó la composición y estructuración de la flora presente en el área de estudio a través de transectos variables de Foster. Durante la temporalidad evaluada, se logró identificar una pérdida neta del 56,35% de áreas de bosque en el área de estudio, además de un aumento en el número de parches y su distanciamiento.

FRAGMENTACIÓN DEL PAISAJE Y ANÁLISIS DE MÉTRICAS

En el 2005 se realizó una investigación que lleva como nombre “ANÁLISIS DE FRAGMENTACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS BOSCOSOS EN UNA REGIÓN DE LA CORDILLERA CENTRAL DE LOS ANDES COLOMBIANOS” (GOMEZ et.al, 2005), esta tenía como objetivo realizar un análisis de métricas del paisaje en bosques nativos en el Valle de

San Nicolas, ubicada sobre los 1800 m.s.n.m, al oriente de la ciudad de Medellín y la cual comprende aproximadamente 257.000 hectáreas. La evaluación instantánea del estado de conservación, partió de análisis de métricas, el cual requirió el cálculo de los parámetros de Fragmentación, Conservación, Pérdida de bosque, Bloques de bosque y Protección, estas variables permiten predecir el comportamiento del área de estudio. La metodología SIG usada para este estudio permitiría trazar un corredor biológico, que conectaría cerca de 17 áreas protegidas atravesando 25 municipios.

Para el 2006 en búsqueda de diseñar estrategias para la conservación de los bosques tropicales en el municipio de Pereira, se realizaría el estudio “ANÁLISIS DE UN PAISAJE FRAGMENTADO COMO HERRAMIENTA PARA LA CONSERVACION DE LA BIODIVERSIDAD EN ÁREAS DE BOSQUE SECO Y SUBHUMEDO TROPICAL EN EL MUNICIPIO DE PEREIRA, RISARALDA COLOMBIA” (ECHEVERRY et.al , 2006). Con insumos como fotografías aéreas, se identificaron y clasificaron los elementos del paisaje, partiendo de los ecosistemas. Las fotografías fueron previamente corregidas y con ellas se generó un mosaico de fotografías, el cual sería utilizado para calcular la estructura espacial del área de estudio y su grado de fragmentación. Utilizando la herramienta de los Sistemas de Información Geográfica, fue posible proponer acciones de manejo para estos bosques.

En el norte del departamento del Tolima, se analizó el grado de fragmentación de los bosques naturales ubicados en 10 cuencas hidrográficas, a través del estudio “ESTADO DE FRAGMENTACIÓN DE LOS BOSQUES NATURALES EN EL NORTE DEL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA-COLOMBIA” (BOTACHE et.al, 2011). El estudio agrupo parches de bosques que superaran las 50 hectáreas, debido a ser este tamaño propuesto por la gobernación en su POT, como condicionante para el aprovechamiento forestal de bosques

naturales con fines comerciales. Para este estudio inicialmente se rasterizaron y se reclasificaron los atributos y se midieron las distancias entre fragmentos para finalmente con esta información procesar los índices de forma y los basados en sistemas de información geográficas como: distancia media al fragmento vecino más cercano, grado de fragmentación y densidad de parches. El área de estudio se encontraba altamente fragmentada, la forma de sus parches, en su mayoría, presentan una forma irregular. El análisis de métricas indicó que estos parches son vulnerables a una fragmentación progresiva.

En el 2012 mediante el uso de datos de campo, fotografías aéreas y mapas de coberturas, se realizó el estudio “ESTADO DE FRAGMENTACIÓN DEL BOSQUE SECO DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO CAUCA, COLOMBIA” (ARCILA et.al, 2012). Se realizó una determinación de coberturas en formato ráster a una resolución espacial de 30 metros, seguido de un análisis de fragmentos en un área buffer de 2000 m a partir del centro de estos parches de coberturas. Con respecto a la evaluación de los fragmentos, se analizaron variables como área total, densidad de fragmentos, número de fragmentos, desviación estándar del área, área promedio, entre otras métricas. Este estudio permitió concluir que, en las próximas iniciativas de restauración y conservación de los bosques secos de la cuenca alta de río cauca, se deben considerar la disminución de las coberturas de caña de azúcar y pastura y controlar el aumento de la frontera de estas. Los bosques presentan un comportamiento individualizado de parche, es decir; “se comportan más como pequeños parches separados que como un solo parche grande”. Este comportamiento genera un efecto de borde que se ve repercutido en la composición florística de estos parches.

Uno de los estudios más recientes se realizó en el 2017, (“ANÁLISIS DE LA FRAGMENTACIÓN DEL PAISAJE COMO HERRAMIENTA DE CONSERVACIÓN DEL ÁREA NATURAL DENOMINADA “RESERVA NATURAL DE LAS AVES HORMIGUERO DE TORCOROMA” MUNICIPIO DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER, COLOMBIA (ROJAS & TELLEZ , 2017)), este estudio a través de herramientas SIG, permitió el análisis del estado de fragmentación de los bosques ubicados en la “Reserva Natural de las Aves Hormiguero de Torcoroma”. Estos bosques fueron catalogados como paisaje salpicado, debido al grado de fragmentación de estos y a la mezcla entre parches de coberturas vegetales y transformadas.

METODOLOGÍA

TIPO DE TRABAJO

Partiendo del propósito del estudio, la investigación realizada es aplicada. Esta busca unificar los campos del conocimiento de la ecología y los sistemas de información geográficas, con el fin de caracterizar un área de vegetación desde una perspectiva de métricas del paisaje, y que busca reflejar el estado de las coberturas evaluadas.

PROCEDIMIENTO

Fase 1. Insumos

Se obtuvo la capa de coberturas de la tierra a escala 1:2.000 del área de estudio, esta hace parte de la cartografía entregada a la Agencia Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), por todos los actores que solicitan el licenciamiento ambiental de múltiples proyectos de infraestructura en el país. Esta capa de cobertura fue digitalizada con imágenes satelitales de los sensores Worldview-2 y GeoEye-1. De junio de 2014 y enero de 2015 y rectificadas gracias a una Ortofoto con una resolución espacial de 0,15 m y una resolución radiométrica de 32 bits/píxel. Una vez filtrada la información espacial del área de estudio, se obtuvieron las coberturas de la tierra presentes en allí (Tabla 1 y Figura 2).

Tabla 1 Coberturas de la tierra del área de estudio

Cobertura de la tierra	Área (ha)
Arbustal abierto	3866,69
Tierras desnudas y degradadas	500,08

Cobertura de la tierra	Área (ha)
Arbustal denso	343,27
Tejido urbano discontinuo	70,47
Red vial y territorios asociados	46,41
Otros Cultivos transitorios	20,35
Arroyos	8,88
Cuerpos de agua artificiales	4,26
Lagunas, lagos y ciénagas naturales	2,72
Total	4863,13

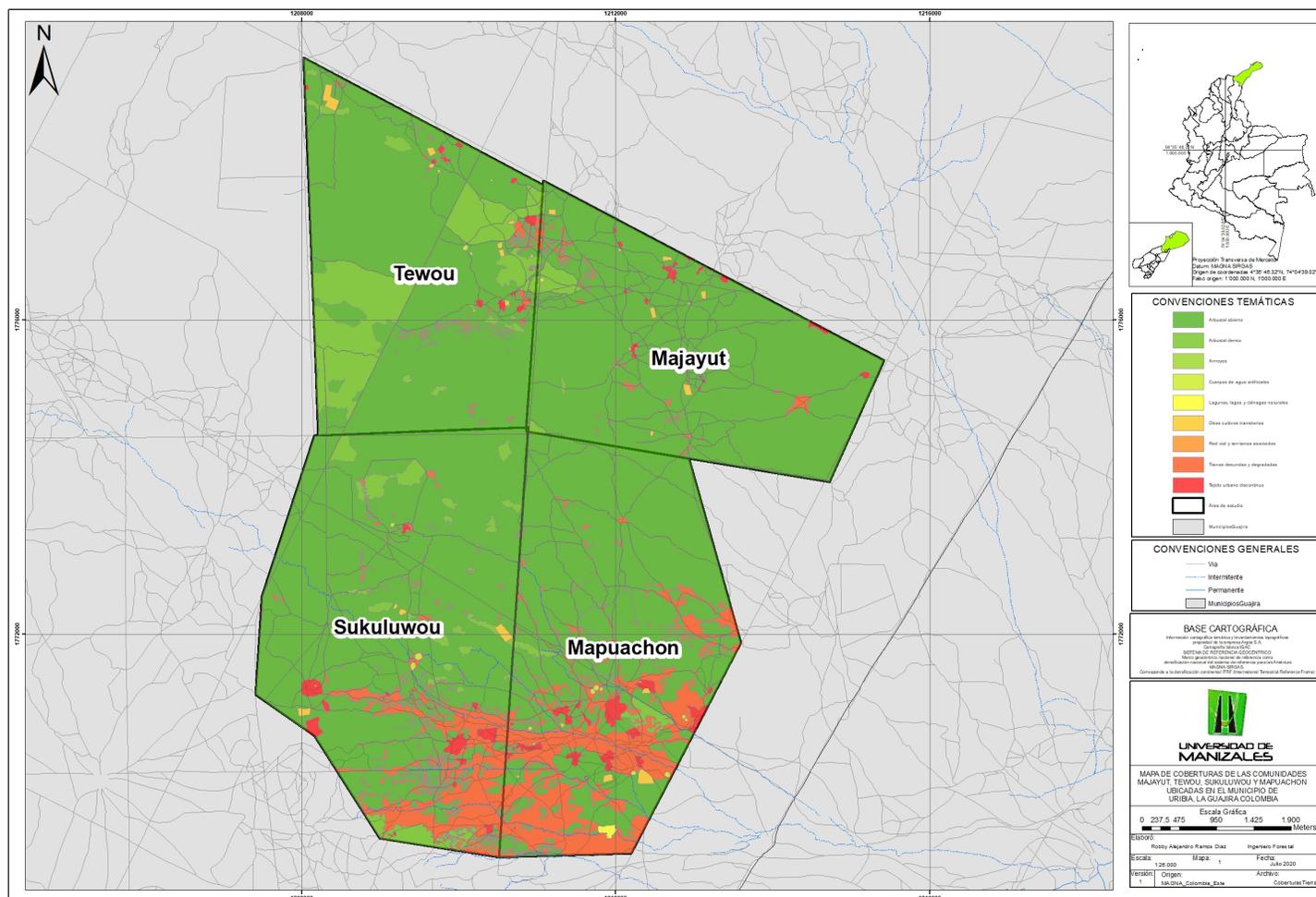


Figura 2 Coberturas de la tierra del área de estudio compuesto por el territorio ancestral de 4 comunidades indígenas y sobre las cuales se presentan 2 coberturas vegetales (Arbustal abierto y Arbustal denso)

Fuente: Elaboración propia

Fase 2. Análisis

Para la determinación del grado de fragmentación y conectividad del paisaje se calcularon los índices de métricas del paisaje utilizando el software ArcGis 10.5 con la herramienta Path Analyst de la extensión Spatial Analyst®. Esta herramienta facilita el análisis espacial de parches de paisaje y su modelo de atributos asociados. Este es alimentado con la capa de coberturas de la tierra, en formato vector, de las comunidades Majayut, Tewou, Sukuluwou y Mapuachon, ubicadas en el municipio de Uribia, departamento de la Guajira. Una vez instalados en la herramienta, se seleccionaron las métricas de paisaje a evaluar por componentes (Figura 3): Métricas de tamaño, área, borde y densidad, métricas de forma y métricas de aislamiento y entremezcla. Estas métricas del paisaje nos permitirán analizar de manera práctica, el estado en que se encuentran las coberturas vegetales del área de estudio. Cada variable representa una significancia dentro del análisis de métricas y se definen en la

Tabla 2. Es importante aclarar que esta herramienta, permite encontrar las variables de las métricas del paisaje de manera automática y en poco segundos, automatizando así los procesos. Este es una de las grandes virtudes de las herramientas que contienen los SIG.

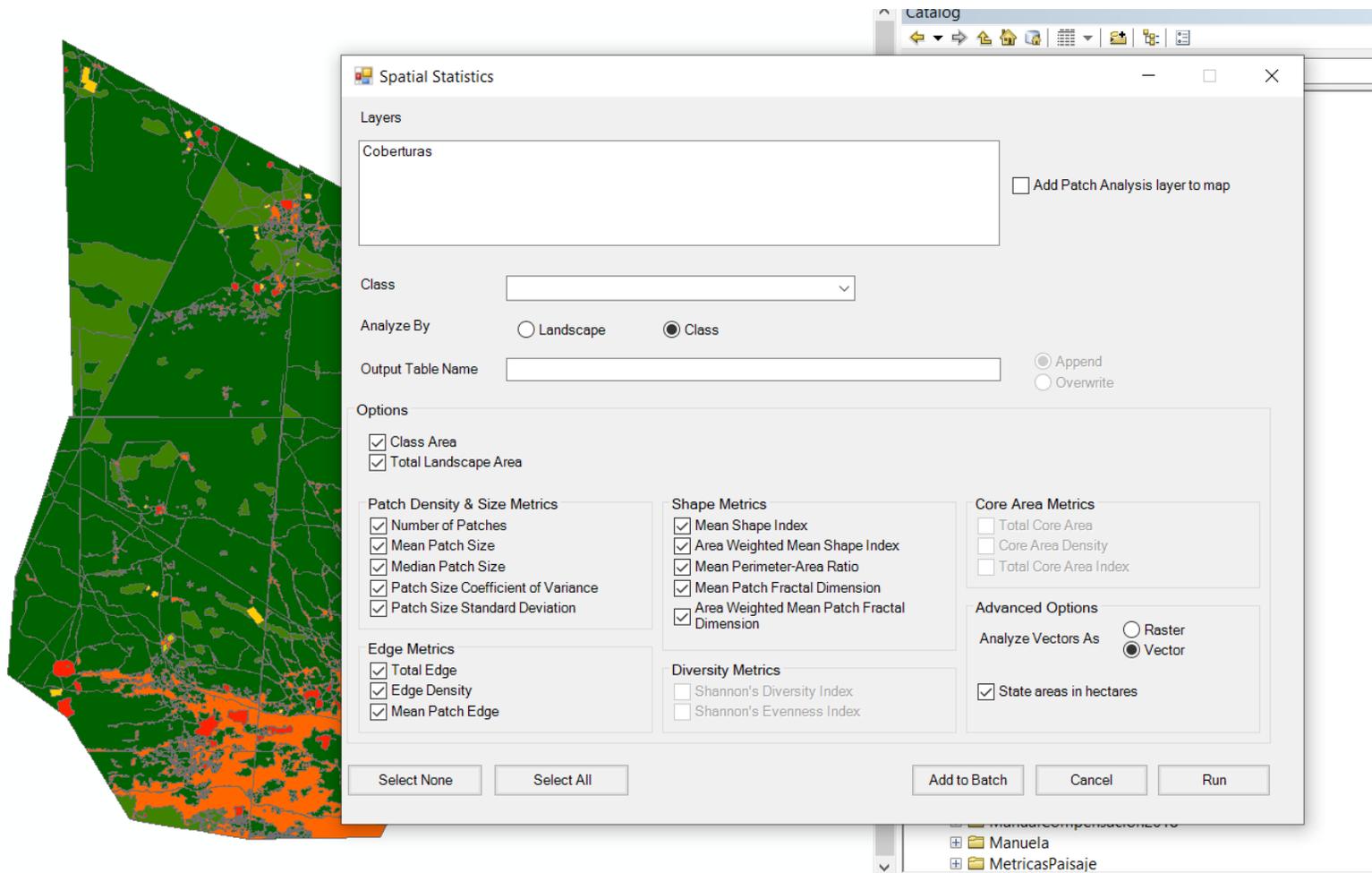


Figura 3 Ventana de selección de las métricas del paisaje, en la extensión Spatial Analyst® del software ArcGis 10.5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2 Índices de fragilidad del paisaje, desde el punto de vista ecológico

Métricas de tamaño, área, borde y densidad		
Área por clase (CA)		
Fórmula	$CA = \sum_{j=1}^n a_{ij} \left(\frac{1}{10000} \right)$	a_{ij} = área (m ²) del parche ij
Descripción	Representa el área total por cada clase en el paisaje	
Unidades	Hectáreas	
Rango	<p>CA > 0, sin límite</p> <p>CA se aproxima a 0 en la medida en que el tipo de parche sea más raro en el paisaje. CA = TA (Área total), cuando todo el paisaje está compuesto por un solo tipo de parche; esto es, cuando toda la imagen está incluida en un solo parche.</p>	
Comentarios	<p>El área de la clase es una medida de la composición del paisaje; específicamente cuánto del paisaje está incluido en un tipo particular de parche. Además de este valor directo interpretativo, el área de la clase es usada en los cálculos de muchas métricas a nivel de clase y paisaje.</p>	
Porcentaje de paisaje (%) (ZLAND)		

Fórmula	$ZLAND = Zi = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{A} \times 100$	<p>Pi= proporción del paisaje ocupado por los parches de la clase i.</p> <p>a_{ij}= Área (m²) del parche ij.</p> <p>A= Área total del paisaje (m²).</p>
Descripción	<p>ZLAND equivale al porcentaje del paisaje incluido en el tipo correspondiente de parche. Nótese que el área total del paisaje (A) incluye cualquier background interno presente.</p>	
Unidades	<p>Porcentaje</p>	
Rango	<p>$0 < ZLAND \leq 100$</p> <p>ZLAND se acerca a 0 cuando el tipo de parche correspondiente (clase) se vuelve más raro en el paisaje.</p> <p>ZLAND = 100 cuando todo el paisaje consiste de un solo tipo de parche, es decir cuando toda la imagen corresponde a un único parche.</p>	
Comentarios	<p>El porcentaje del paisaje cuantifica la abundancia proporcional de cada tipo de parche en el paisaje. Como el área total de la clase, está es una medida de la composición importante para muchas aplicaciones ecológicas. Sin embargo, dado que ZLAND es una medida relativa, puede ser una métrica más adecuada de la composición del paisaje que el área por clase, especialmente cuando se comparan paisajes de diferente tamaño.</p>	

Numero de parches (NumP)		
Fórmula	$NumP = n_i$	n_i = cantidad de parches en el paisaje del tipo de parche (clase) i.
Descripción	NP se calcula como la cantidad de parches del tipo correspondiente (clase).	
Unidades	Ninguna	
Rango	<p>$NP \geq 1$, sin límite</p> <p>NP = 1 cuando el paisaje solo contiene 1 parche del tipo correspondiente, es decir, cuando la clase consiste de un solo parche.</p>	
Comentarios	<p>El número de parches de un tipo particular de parche es una medida simple de la magnitud de su subdivisión o de su fragmentación. Si bien el número de parches en una clase puede ser fundamentalmente importante para una cantidad de procesos ecológicos, suele tener un valor de interpretación limitado en sí mismo, ya que no aporta información sobre el área, distribución o densidad de los parches. Por supuesto, si el área total del paisaje y el área de la clase se mantienen constantes, la cantidad de parches aporta la misma información que la densidad o el tamaño medio de parche, por lo que el número de parches aportaría la misma información que estos dos índices y podría ser un índice útil en la interpretación. El número de parches probablemente es más valioso, sin embargo, como la base para otras métricas con mayor potencial de interpretación.</p>	

Tamaño promedio de los parches (MPS)		
Fórmula	$MPS = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n} \times \left(\frac{1}{10000} \right)$	<p>MPS = Tamaño medio de los fragmentos</p> <p>a_{ij} = Superficie (m²) del fragmento j</p> <p>n = Número de fragmentos j en el ecosistema i</p>
Descripción	MPS permite identificar el tamaño medio de los fragmentos en un ecosistema.	
Unidades	Hectáreas	
Rango	MPS > 0, sin límite	
Comentarios	Este índice está limitado por la escala de trabajo y la unidad mínima cartografiable. Junto con el número y la densidad de fragmentos, es un buen indicador de la heterogeneidad de un área de interés.	
Perímetro total (TE)		

Fórmula	$TE = \sum_{k=1}^m e_{ik}$	<p>TE = total de borde</p> <p>e_{ik} = longitud total (m) de borde de cada fragmento i dentro del ecosistema k</p> <p>m' = número de tipos de ecosistemas</p>
Descripción	<p>TE es la suma de la longitud de todos los perímetros que involucran un tipo de fragmento i del ecosistema k. Si el borde de un ecosistema está presente, TE incluye los límites de los fragmentos correspondientes dentro del ecosistema, representándolo como uno solo. Si el borde del ecosistema está ausente, TE incluye una porción del límite del ecosistema del segmento dentro del tipo de fragmento correspondiente.</p>	
Unidades	Metros	
Rango	<p>TE > 0, sin límite</p> <p>TE = 0 cuando no hay un tipo de borde en el paisaje.</p>	
Comentarios	<p>La longitud del borde del fragmento es un indicador de la integridad del hábitat para la vida silvestre.</p>	
Perímetro promedio del borde (MPE)		

Fórmula	$MPE = \frac{TE}{NP}$	<p>MPE = media del borde del fragmento</p> <p>TE = total de borde</p> <p>NP = número de fragmentos</p>
Descripción	<p>MPE, indica la longitud media en borde de los fragmentos de un ecosistema y está dada por la relación del total del borde de un ecosistema sobre el número de sus fragmentos.</p>	
Unidades	Metros	
Rango	MPE > 0, sin límite	
Comentarios		
Métricas de forma		
Forma promedio de los fragmentos (MSI)		
Fórmula	$MSI = \frac{\sum_{j=1}^n \left(\frac{P_{ij}}{2\sqrt{\pi a_{ij}}} \right)}{n}$	<p>MSI = forma media de los fragmentos</p> <p>a_{ij} = área (m²) del fragmento j en el ecosistema i</p> <p>p_{ij} = perímetro (m) del fragmento j en el ecosistema i</p> <p>n = número de fragmentos j en el ecosistema i</p>

Descripción	MSI es una medida de la forma promedio de los fragmentos en un ecosistema.
Unidades	Ninguna
Rango	<p>$MSI \geq 1$, sin límite</p> <p>MSI = 1 cuando todos los fragmentos del ecosistema correspondiente son circulares; MSI se incrementa a medida que las formas de los fragmentos se hacen más irregulares.</p>
Comentarios	<p>Este indicador, junto con los indicadores de tamaño de los fragmentos, influye en los diversos procesos ecológicos que se suceden al interior de un ecosistema. La forma ecológicamente óptima tiene gran área central con algunos límites curvilíneos y estrechos. Una forma compacta y redondeada es efectiva para conservar recursos internos.</p>
Dimensión fractal de los fragmentos (MPFD)	

Fórmula	$MPFD = \frac{\sum_{j=1}^n \left(\frac{2l_n P_{ij}}{l_n a_{ij}} \right)}{n_i}$	<p>MPFD = dimensión fractal de los fragmentos</p> <p>a_{ij} = área (m²) del fragmento j en el ecosistema i</p> <p>p_{ij} = perímetro (m) del fragmento j en el ecosistema i</p> <p>n = número de fragmentos j en el ecosistema i</p>
Descripción	MPFD es una medida de la forma del fragmento y se basa en la relación entre el perímetro y el área del fragmento.	
Unidades	Ninguna	
Rango	<p>$1 \leq MPFD \leq 2$</p> <p>Se acerca a 1 para formas con perímetros muy sencillos, como círculos o cuadrados, y se aproxima a 2 para formas con perímetros más sinuosos.</p>	
Comentarios	La forma de los fragmentos refleja la proporción de bordes en el paisaje y además indican procesos de formación de fragmentos.	
Métricas de aislamiento y entremezcla (clases)		
Distancia al vecino más cercano (MNN)		

Fórmula	$MNN = h_{ij}$	hij = distancia (m) del parche ij al parche vecino más cercano del mismo tipo (clase), con base en una distancia borde a borde, calculada de centro de la celda a centro de la celda.
Descripción	MNN equivale a la distancia (m) al parche vecino más cercano del mismo tipo, con base en la distancia más corta de borde a borde. Nótese que las distancias borde a borde se toman de centro a centro de celda.	
Unidades	Metros	
Rango	<p>MNN > 0, sin límite.</p> <p>MNN se acerca a 0 en la medida en que la distancia al vecino más cercano decrece. La MNN mínima está limitada por el tamaño de la celda, y es igual a dos veces el tamaño de la celda cuando se emplea la regla de parche con 8 vecinos, o es igual a la distancia entre vecinos diagonales cuando se apela a la regla de los 4 vecinos. El límite superior está limitado por la extensión del paisaje. MNN no está definido y se reporta como “N/A” en el archivo si el parche no tiene vecinos (es decir que no hay otros parches de su misma clase).</p>	

Comentarios	<p>La distancia media al vecino más cercano es, tal vez, la medida más simple del contexto del parche, y ha sido empleada de forma extensiva para cuantificar el aislamiento del parche. Aquí, la distancia al vecino más cercano se define, usando geometría euclidiana simple, como la distancia más corta en línea recta entre el parche focal y su vecino más cercano de la misma clase.</p>	
Índice de mezcla y yuxtaposición (IJI)		
Fórmula	<p><i>IJI</i></p> $= \frac{-\sum_{k=1}^m \left\{ \left(\frac{e_{ik}}{\sum_{k=1}^m e_{ik}} \ln \frac{e_{ik}}{\sum_{k=1}^m e_{ik}} \right) \right\}}{\ln(m-1)} 100$	<p>e_{ik} = longitud total (m) del borde en el paisaje entre los tipos de parche (clases) i y k.</p> <p>m = cantidad de tipos de parche (clases) presentes en el paisaje, incluyendo el borde del paisaje, si está presente.</p>
Descripción	<p>IJI mide la extensión a la cual los tipos de parche están entremezclados. Altos valores de IJI resultan de paisajes en los cuales los tipos de parches están bien entremezclados (igualmente adyacentes unos a otros) Menores valores representan una desproporcionada distribución de tipos. IJI se aproxima a cero cuando la distribución de adyacencias entre tipos de parches es crecientemente desigual. IJI=100 es cuando todos los tipos de parches son igualmente adyacentes a los otros tipos (máxima yuxtaposición y entremezcla)</p>	
Unidades	Porcentaje	

Rango	<p>$0 < IJI \leq 100$</p> <p>IJI se acerca a 0 cuando el tipo de parche correspondiente sólo está adyacente a otro tipo de parche, ante un panorama de numerosos tipos de parche. IJI = 100 cuando el tipo de parche correspondiente está adyacente de igual forma a todos los demás tipos de parche (es decir que está entremezclado y yuxtapuesto al máximo con los otros tipos de parche). IJI resulta indefinido y se reporta como “N/A” en el archivo si el número de tipos de parche es inferior a 3.</p>	
Comentarios	<p>El índice de entremezcla y yuxtaposición se basa en adyacencias de parches, no de celdas como el índice de contagio. Como tal, no proporciona una medida de la agregación de la clase como lo hace el índice de contagio, por el contrario, aísla la entremezcla de los tipos de parche.</p>	
Métricas de diversidad		
Índice de diversidad de Shannon (SDI)		
Fórmula	$SDI = - \sum_{i=1}^m (P_i \times \ln P_i)$	<p>Pi = proporción del paisaje ocupado por el tipo de parche (clase) i.</p>

Descripción	SDI equivale a menos la suma, para todos los tipos de parche, de la abundancia proporcional de cada tipo de parche, multiplicada por el logaritmo natural de dicha proporción. Nótese que Pi está basada en el área total del paisaje (A) excluyendo cualquier background interno presente.
Unidades	Ninguna
Rango	SDI ≥ 0 , sin límite SDI = 0 cuando el paisaje contiene tan solo 1 parche (es decir que no hay diversidad). SDI aumenta a medida que la cantidad de diferentes tipos de parche (la riqueza de parches) se hace mayor, y/o la distribución proporcional de área entre los diferentes tipos de parche se hace más equitativa.
Comentarios	El índice de diversidad de Shannon es una medida de la diversidad muy popular en la ecología de comunidades que aquí se aplica a paisajes. El índice de diversidad de Shannon es, de alguna forma, más sensible a tipos raros de parche que el índice de diversidad de Simpson.
Índice de uniformidad de Shannon (SEI)	

Fórmula	$SEI = - \frac{\sum_{i=1}^m (P_i \times \ln P_i)}{\ln m}$	<p>P_i = proporción del paisaje ocupado por el tipo de parche (clase) i.</p> <p>M = cantidad de tipos de parche (clases) presentes en el paisaje, excluyendo el borde del paisaje si éste está presente</p>
Descripción	<p>SEI se calcula como menos la sumatoria, para todos los tipos de parche, de la abundancia proporcional de cada tipo de parche multiplicada por el logaritmo de esa proporción, y esa sumatoria dividida por el logaritmo de la cantidad de tipos de parche. En otras palabras, es el índice de diversidad de Shannon observado dividido por el índice de diversidad de Shannon máximo para una cantidad específica de tipos de parche. Nótese que P_i está basada en el área total del paisaje (A) excluyendo cualquier background interno presente.</p>	
Unidades	Ninguna	

Rango	$0 \leq SEI \leq 1$ SEI = 0 cuando el paisaje solo contiene 1 parche (es decir que no hay diversidad), se aproxima a 0 cuando la distribución del área entre los diferentes tipos de parches se torna inequitativa (es decir, dominada por un tipo de parche). SEI =1 cuando la distribución del área entre los diferentes tipos de parche es perfectamente equitativa (es decir que las abundancias proporcionales son las mismas).	
Comentarios	El índice de uniformidad de Shannon se expresa de forma tal que una distribución equitativa del área entre los tipos de parche resulta en la máxima equidad. Cómo tal, la equidad es complemento de la dominancia.	
Índice de fragmentación total		
Índice de fragmentación (F)		
Fórmula	$F = \frac{CA}{NumP * Rc}$ Donde, $Rc = 2 * MNN * \left(\frac{NumP}{A * \pi} \right)$	CA= Área por clase NumP=Número de parches por cada clase Rc= Dispersión de los parches MNN= Distancia media al vecino más cercano A=Área total

Descripción	<p>El índice propuesto utiliza una escala inversamente proporcional al grado de fragmentación del paisaje. Así, un aumento del valor del índice se relaciona con una disminución del grado de fragmentación, y a la inversa. Esto se debe, atendiendo a la fórmula del índice, a que el incremento de la fragmentación se relaciona con la disminución de la superficie total de los parches, un mayor número de fragmentos (parches) y una mayor dispersión de éstas.</p>
Unidades	Ninguna
Rango	<p>$F \geq 0$, sin límite</p> <p>Si F tiende a cero indica máxima fragmentación</p> <p>Si F es mayor a 10 indica mínima fragmentación</p>
Comentarios	<p>Los rangos numéricos entre los que puede oscilar el índice de fragmentación son diferentes para cada ambiente, por lo tanto no es comparable entre los diferentes ambientes, dadas las dispares características propias de cada uno de ellos en cuanto a patrón de distribución espacial, factores que explican el origen o la presencia de los mismos, etc. Por tanto, la evaluación de la evolución de este índice se realizará únicamente entre datos referidos al mismo ambiente.</p>

RESULTADOS

La transformación de las coberturas vegetales naturales es un proceso dinámico que induce cambios marcados en la composición, estructura y funcionamiento del paisaje (MCGARIGAL, 1999). A su vez conlleva a la pérdida y la fragmentación del hábitat y por lo tanto a la pérdida de la interacción de los flujos ecológicos (MARTÍNEZ A.C., 2009). El término fragmentación se emplea para denotar la división de un hábitat, que compromete no solo el flujo de materia y energía, sino que genera cambios en las características propias del ambiente (FAHRIG, 2003).

Una vez encontrados los índices de métricas, con el fin de determinar el grado de fragmentación del paisaje en el área de estudio, se presenten a continuación los resultados obtenidos. Los resultados solamente se realizaron en aquellas coberturas vegetales, presentes en el área de estudio (

Tabla 3). A continuación, de manera gráfica, se presentan las configuraciones del paisaje, para las coberturas vegetales de Arbustal abierto y Arbustal denso (Figura 4), estas configuraciones, representan un corredor de biológicos de especies de fauna, presentes en la zona y además, están compuestas por la única y poca riqueza florística, presente en la alta guajira.

Tabla 3 Métricas del paisaje de las coberturas vegetales del área de estudio.

	Métricas de tamaño, área, borde y densidad							Métricas de forma		Métricas de aislamiento y entremezcla		Fra g
	Co b.	CA	ZLAN D	Num P	MP S	TE	MPE	MSI	MPFD	MNN	IJI	F
Área total	Ara	3866,69	41,03	531	7,28	603.681,00	1136,88	1,69	1,40	517	56	20,26
	Arl d	343,27	6,86	77	4,46	75.155,10	976,04	1,69	1,38	9.001	59,07	49,14
Métricas de diversidad												
SDI						SEI						
0,75						0,34						
<p>Cob.: Cobertura, Ara: Arbustal abierto, Arld: Arbustal denso, CA: Área por clase (ha); ZLAND: Porcentaje del paisaje incluido en el tipo correspondiente de parche (%); NumP: Número de parches (1-∞); MPS: Tamaño promedio de los parches (ha); TE: Perímetro total (m); MPE: Perímetro promedio del borde (m); MSI: Forma promedio de los fragmentos (1-∞); MPFD: Dimensión fractal de los fragmentos (1≤MPFD≤2); MNN: Distancia al vecino más cercano (m); IJI: Índice de mezcla y yuxtaposición (%); SDI: Índice de diversidad de Shannon; SEI: Índice de uniformidad de shanon.</p>												

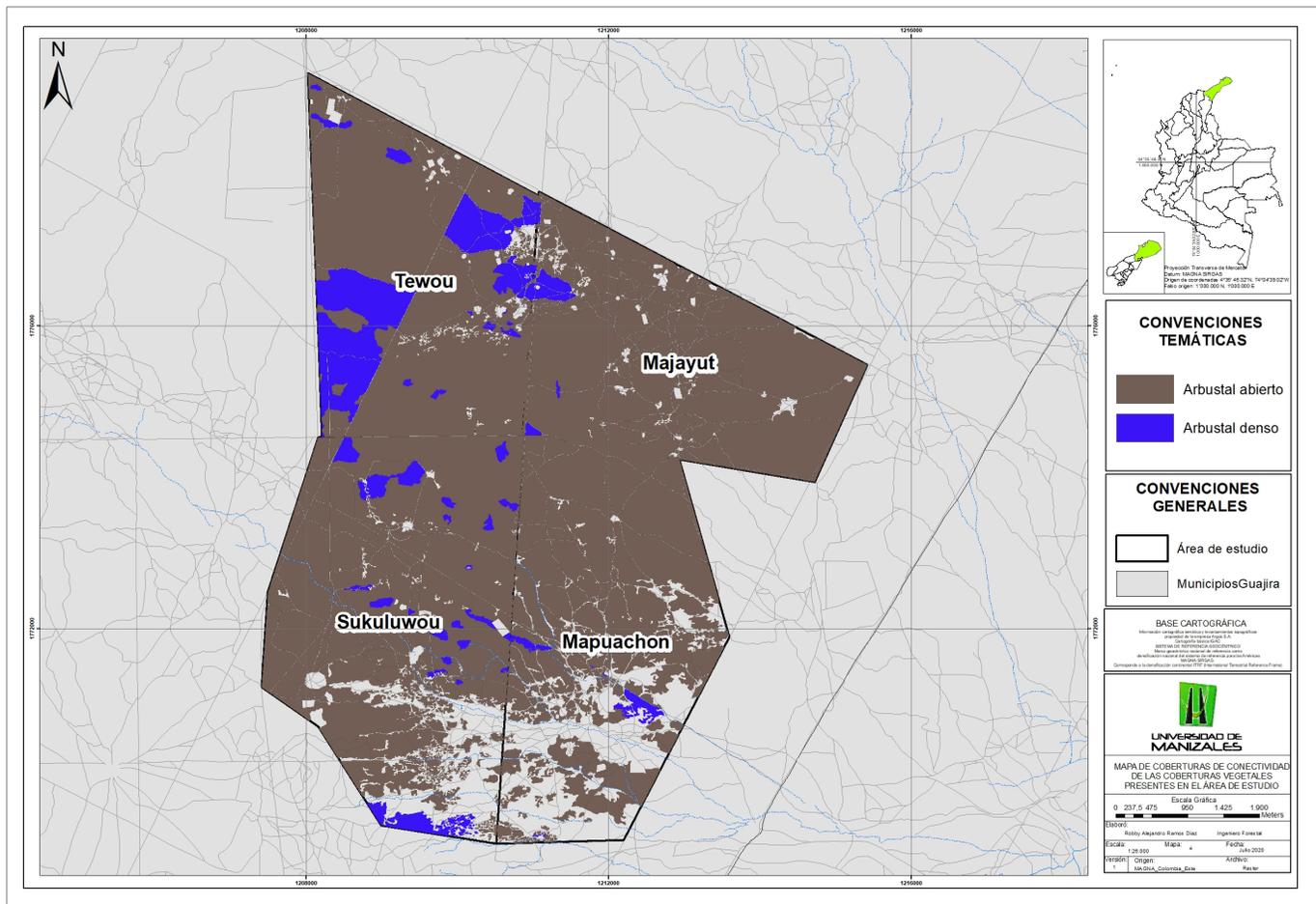


Figura 4 Mapa de conectividad de las coberturas vegetales presentes en el área de estudio

Fuente: Elaboración propia

- Métricas de tamaño, área de borde y densidad

El arbustal abierto, es la cobertura vegetal dominante del área de estudio, ocupa un ZLAND de 41,03% y posee un número de parches de 531. Por otro lado, el arbustal denso presenta un comportamiento inverso al arbustal abierto. Esta cobertura ocupa un ZLAND bajo de 6,86% y posee nada mas 77 parches.

El índice de tamaño promedio de parches (MPS) para la cobertura de arbustal abierto presentó un valor de 7,28 y para la cobertura de arbustal denso 4,46, mostrando nuevamente el comportamiento de ambas coberturas en el área de estudio.

La cobertura de arbustal denso, presentó una muy baja incidencia de ocupación en el área de estudio, sus parches son en general pequeños y pocos, a diferencia de la cobertura de arbustal abierto, que a pesar de no presentar un tamaño promedio de parches alto, si presenta un gran número de parches.

- Métricas de forma

El índice de forma (MSI), mide la geometría de los parches. Teniendo en cuenta el comportamiento de los parches, compacto cuando el índice tiende a uno (1) e irregular cuando el índice incrementa, podemos observar como la cobertura de arbustal abierto y arbustal denso, presentaron una alta similitud de forma, su índice es de 1,69, esto indica que los parches tienden a ser compactos, comportamiento que es relacionado con el comportamiento natural de los parches de bosques naturales.

La dimensión fractal o MPFD, define la regularidad o irregularidad de los parches evaluados. Aquellas coberturas que presenten parches con valores de MPFD cercanos a uno (1), indican formas regulares y aquellos cercanos a dos (2), indican la irregularidad de los parches. Aquellas formas regulares como cuadrados o círculos, en la ecología, representan algún grado de

intervención antrópica. Ambas coberturas presentaron una dimensión fractal media más cercana a uno que de dos. Arbustal abierto presentó un MPFD de 1,40 y arbustal denso de 1,38.

Desde un punto de vista de forma, las comunidades vegetales presentan algún grado de alteración estructural, la razón de este comportamiento, se puede deber a las actividades de pastoreo y apertura de vías que se presentan en el área de estudio y que son fuente principal de economía local y movilidad en la zona.

- Métricas de aislamiento y entremezcla

Según (MCGARIGAL & MARKS, 1994), en ecología, aquellos parches que se encuentren más cercanos entre sí, tienen mayor capacidad y probabilidad de conectividad. El índice de entremezcla (IJI), representa el grado que poseen los parches para mezclarse con otros parches de diferentes clases o coberturas. Para le presente estudio, la cobertura de arbustal denso, presento el índice de entremezclas más alto (59,07%) y la cobertura de arbustal abierto presentó un IJI de 56%. A pesar de presentar valores diferentes, estos no presentan una diferencia significativa entre sí y su comportamiento demuestra como hay una alta probabilidad, para ambos parches de cobertura de poderse entremezclar.

Por otro lado, el índice de aislamiento (MNN), permite analizar la distancia del vecino más cercano de un parche que corresponda a la misma clase o cobertura, es decir; aquellas coberturas que presenten un menor índice de aislamiento, tendrán una posibilidad más alta de conectarse con parches de la misma clase o cobertura. Como se puede observar en la

Tabla 3, la cobertura de arbustal abierto, presento un MNN mucho menor en comparación que la cobertura de arbustal denso, lo que demuestra que arbustal abierto posee una capacidad más alta de conectarse entre sí. Este comportamiento está relacionado directamente con el número de parches y la ubicación de estos en el área de estudio.

Según la Teoría de la Biogeografía de Islas (MACARTHUR & WILSON, 1967), en un ecosistema es mejor poseer un gran parche de vegetación a tener muchos parches pequeños, debido a que los procesos ecológicos que ocurren allí, pueden perdurar por más tiempo en parches de gran tamaño. Lo anterior explica la importancia de poseer un índice de aislamiento bajo que, en un proceso de mediano a largo plazo, pueden constituir la unión de varios parches de cobertura.

- Índice de fragmentación

Este índice representa el grado de fragmentación de un ecosistema con base en sus clases o coberturas. Aquellas coberturas que arrojen valores que tienden a cero indican una máxima fragmentación y aquellas coberturas que arrojen valores superiores a 10 indican grados mínimos de fragmentación. Como se puede apreciar en la

Tabla 3, la Figura 2 y Figura 4, la cobertura de arbustal denso, presenta un grado bajo de fragmentación en el área de estudio. Esta cobertura a pesar que presenta un área baja, concentra su presencia focalizada en un sitio específico y presenta pocas intervenciones antrópicas dentro de ella. Por el lado de la cobertura de arbustal abierto, se presenta un índice de fragmentación bajo de 0,20, a pesar de presentar muchos parches, esta cobertura se encuentra atravesada por muchos caminos de comunicación de las comunidades, estos no representan una fuerte fragmentación debido al ancho de estos caminos.

CONCLUSIONES

- Los bosques secos del territorio nacional, han sido sometidos a través del tiempo, a una destrucción sistemática derivada de actividades antrópicas como la ganadería y la agricultura, que propician la pérdida de la biodiversidad de los territorios ocupados por estos ecosistemas.
- El área de estudio comprende dos tipos de coberturas naturales: arbustales abiertos y arbustales densos, estas a su vez son de gran importancia, pues son el hábitat de especies vegetales que se han adaptado al territorio que carece de agua por largos periodos y está siendo sometido constantemente a altas temperaturas.
- Una vez encontradas las métricas del paisaje, se pudo observar, como un gran porcentaje del área es ocupada por la cobertura de arbustal abierto (41,03%) a diferencia de la cobertura de arbustal denso que solamente ocupa una pequeña porción (6,86%).
- La cobertura de arbustal denso, presentó un índice de tamaño promedio de parches de 4,46, este en comparación con el arbustal abierto es bajo. Además de presentar un tamaño de parches bajo, también presentó un número de estos limitados (77), a diferencia de la cobertura de arbustal abierto, que debido a sus condiciones, presentó 531 parches en toda el área de estudio.
- Una característica que presentaron los parches de ambas coberturas, fue el índice de forma (MSI). Las métricas demostraron como la mayoría de los parches presentaron una forma compacta, es decir, se agrupan de manera natural y no presentan muchos indicios de fragmentación.

- Al Igual que el MSI, la dimensión fractal define la regularidad o irregularidad de los parches. Las formas de los parches de ambas coberturas, mostraron una tendencia a la regularidad, si embargo este no es muy marcado. Las actividades de pastoreo y apertura de vías, son algunas actividades que pueden influenciar este comportamiento
- Después de analizar los resultados obtenidos a través del índice de entremezcla, el cual representa el grado que poseen los parches de una cobertura, de mezclarse con otros parches de diferentes coberturas, se pudo concluir que ambas coberturas, presentaron una alta capacidad de entremezcla, alcanzando una probabilidad del 59,07% de que este fenómeno ocurra.
- Debido al tamaño que posee la cobertura de arbustal abierto y al número de parches que posee en el área de estudio, esta cobertura mostró un índice de aislamiento bajo, lo cual se traduce en una mayor capacidad de conectarse con parches de su misma cobertura. Caso contrario ocurre con la cobertura de arbustal denso, el cual posee un índice 10 veces más alto que la cobertura de arbustal abierto, haciendo que este tenga muchas menos oportunidades de unificar parches de la misma cobertura.
- En general, las coberturas de arbustal abierto y arbustal denso, según el índice de fragmentación, posee una baja fragmentación del paisaje. Se cree que la presencia de las comunidades indígenas en el área de estudio y su apropiación del territorio, han permitido que no se realicen actividades intrusivas a gran escala que puedan afectar la composición de estos ecosistemas.

RECOMENDACIONES

- Las autoridades municipales y departamentales como CORPOGUAJIRA, deben tomar más medidas de protección sobre estos ecosistemas, acompañar a las comunidades en la implementación de actividades sostenibles, que no permitan la fragmentación de estos ecosistemas.
- Se debe realizar un análisis de métricas del paisaje manteniendo la escala, que permita abarcar muchos más relictos de bosque en el área de La Alta Guajira y anudar monitoreos de especies vegetales y animales, para proveer de insumos a futuros estudios sobre la dinámica de especies.
- Realizar más estudios de la fragmentación de bosques secos en el territorio nacional, desde una perspectiva de temporalidad, que permita a través de la espacialidad, evaluar el comportamiento de estos a lo largo del tiempo.
- Aplicar la evaluación y diseño del paisaje, en otros escenario y ecosistemas, permitiendo que esta se convierta en una herramienta pragmática para la conservación de la biodiversidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. AGUILAR R, ASHWORTH L, GALETTO L, AIZEN MA. Plant reproductive susceptibility to habitat fragmentation: review and synthesis through a meta-analysis. *Ecol Lett.* 2006 Aug;9(8):968-80. doi: 10.1111/j.1461-0248.2006.00927. PMID: 16913941.
2. AIDE, T.M. Y GRAU, H.R. 2004. Globalization, migration, and Latin American ecosystems. *Science* 305: 1915-1916
3. ANDRÉN, H. Effects of Habitat Fragmentation on Birds and Mammals in Landscapes with Different Proportions of Suitable Habitat: A Review. *Oikos.* 1994, 71(3), 355-366. doi:10.2307/3545823
4. ARCILA C. ANGELA M, VALDERRAMA A. CARLOS & CHACÓN PATRICIA (2012) Estado de fragmentación del bosque seco de la cuenca alta del río Cauca, Colombia. *Biota Colombiana* XIII, 86-100.
5. ARONOFF, S. (1989), *Geographic information Systems. A management perspective*, WDL, Ottawa.
6. BAWA, KS; PERRY, D; BEACH, J. 1985. Reproductive biology of tropical lowland rain forest trees. I. Sexual systems and incompatibility mechanisms. *Am J Bot* 72:331-345.
7. BOTACHE L, LUIS ALFREDO, GÓMEZ A. FRANCY ANDRES Y VALDERRAMA C, SANTIAGO. 2011. Estado de fragmentación de los bosques naturales en el norte del departamento del Tolima-Colombia *Revista tumbaga* Volumen 6, 125-140 p.

8. CÁMARA DE COMERCIO DE LA GUAJIRA, Informe Socioeconómico del Departamento de la Guajira 2015. Riohacha - La Guajira. 108 p.
9. CAMARGO C., VARGAS V., ROJAS-MORENO A. Y PACHECO C. Estimación de cobertura boscosa mediante el sistema TerraAmazon y análisis de fragmentación en los municipios de Viotá (Cundinamarca) y FuentedeOro (Meta), Colombia. 2016. Formulación de planes de reforestación con especies promisorias en Viotá (Cundinamarca) y la Región del Ariari (Llanos Orientales) para ser incorporadas en cadenas de valor por parte de comunidades locales. 12 páginas.
10. CASCANTE, A; QUESADA, M; LOBO, JA; FUCHS, EJ. 2002. Effects of dry tropical forest fragmentation on the reproductive success and genetic structure of the tree *Samanea saman*. *Conserv Biol* 16: 137-147.
11. CORPORACIÓN AUTONOMA REGIONAL DEL ATLÁNTICO - CRA. Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Hidrografica de la Ciénaga de Mallorquin. 2006. 732 pp.
12. DIDHAM, R. K. 1997. The influence of edge effects and forest fragmentation on leaf litter invertebrates in Central Amazonia. Pp. 55-70. En: Laurance, W. F. y R. O. Bierregaard Jr. (Eds.). *Tropical forest remnants: ecology, management and conservation of fragmented communities*. The University Chicago Press, Chicago, London.
13. ECHEVERRY D, MAURICIO A, & RODRIGUEZ P, JOHN MARIO (2006). Análisis de un paisaje fragmentado como herramienta para la conservación de la biodiversidad en áreas de bosque seco y subhúmedo tropical en el municipio de Pereira, Risaralda Colombia. *Scientia Et Technica*, XII(30),405-410. ISSN: 0122-1701.

14. FAHRIG, L. Effects of hábitat fragmentation on biodiversity. 2003. *Annual Review of Ecology and Systematics* 34: 487-515.
15. FERNÁNDEZ-MÉNDEZ, F., MELO, O., ALVAREZ, E., PÉREZ, U., LOZANO, A. 2013. Status of Knowledge, Conservation, and Management of Tropical Dry Forest in the Magdalena River Valley, Colombia. Capítulo 3. En libro: SANCHEZ-AZOFEIFA, A., POWERS, J.S., FERNANDEZ, G. W., QUESADA, M. *Tropical Dry Forest in the Americas: Ecology, Conservation, and Mangement*. CRC Press, pp 34 – 54.
16. GHAZOUL, J; MCLEISH, M. 2001. Reproductive ecology of tropical forest trees in logged and fragmented habitats in Thailand and Costa Rica. *Plant Ecology* 153: 335-345.
17. GENTRY, A. H. Patterns of diversity and floristic composition in Neotropical montane forest. En: CHURCHILL, S. P., H. Balslev, E. Forero y J. L. Luteyn (eds.), *Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forest*. The New York Botanical Garden, Nueva York. 1995. P. 103-126.
18. GÓMEZ MORA, ANA MARÍA, & ANAYA, JESÚS ADOLFO, & ÁLVAREZ DÁVILA, ESTEBA (2005). Análisis de fragmentación de los ecosistemas boscosos en una región de la cordillera central de los andes colombianos. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 4(7),13-27. ISSN: 1692-3324.
19. HOLDRIGE LESLIE R. 1978. *Ecología basada en zonas de vida*. Instituto Interamericano de cooperación para la agricultura. San José, Costa Rica 230 páginas. ISBN-92-9039-039-5
20. KERR, J. T. & OSTROVSKY, M. From space to species: ecological applications for remote sensing. 2003. *Trends in Ecology and Evolution* 18(6), 299-305

21. LAMBERS, H y CHAPIN, F.S. (III), PONS, T.L. Plant physiological ecology. Second Edition. Springer, The Hague. 2008.
22. LAURANCE, W.F. Y BIERREGAARD, R.O. 1997. Tropical forest remnants. Ecology, management, and conservation of fragmented communities. Univ. Chicago Press.
23. LESLIE R. HOLDRIDGE. Ecología basada en zonas de vida. Instituto Interamericano de Cooperación Para la Agricultura. San Jose de Costa Rica, 1978, 216 p. ISBN 92-9039-131 6.
24. LHUMEAU, A., Y CORDERO, D., (2012), Adaptación basada en Ecosistemas: una respuesta al cambio climático. Quito, Ecuador: UICN.
25. MACARTHUR R. & WILSON E. The theory of island biogeography. 1967, Ed: Princeton University Press. 203 p. ISBN 0691088365.
26. MARIN VALENCIA A. L., TORO RESTREPO L. J. Y URIBE SOTO S. I. Conectividad Estructural del paisaje cafetero en la cuenca del río San Juan, sur oeste Antioqueño, Colombia. 2008. Boletín Ciencias de la Tierra No. 23, 12 páginas. ISSN 0120-3630.
27. MARTÍNEZ A.C., MÚGICA M., CASTELL P.C., FERNÁNDEZ J.V. Conectividad ecológica y áreas protegidas. Herramientas y casos prácticos. 2009. Ed. FUNGOBE Madrid. 86 páginas.
28. MCGARIGAL K. y MARKS B.J. Fragstats: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. 1994. Present address: P.O. Box 606, Dolores, Colorado 81323-9998 [(303) 882-2114].
29. MCGARIGAL, K. Y MCCOMB W.C. Forest fragmentation effects on breeding birds in the Oregon Coast Range. En: Rochelle J.A., L.A. Lehman y J. Wisniewski (Eds). Forest

- Fragmetation: wildlife and management implications. 1999. Koninklijke Brill NV, Leiden The Netherlands. 223-246 pp.
30. MCNEELY, J.; K. MILLER; W. REID; R. MITTERMEIER; T. WERNER. 1990. «Conserving the World's Biological Diversity». IUCN, WRI, CI, WWF-US, The World Bank.
31. MENDOZA, H. Estructura y riqueza florística del bosque seco tropical en la región Caribe y el valle del río Magdalena, Colombia. *Caldasia* 21 (1). p. 70-94.
32. MENDOZA M., RUIZ J. Y CHAPARRO F. dinámica de las métricas del paisaje, deforestación y sucesión en el bosque seco tropical en la isla de providencia, colombia entre 2005 y 2009. 2015. 9 páginas.
33. MERRIAM, G. Y J. WEGNER. 1992. Local extinctions, hábitat fragmentation and ecotones. Pp. 100-439. En: Hansen, A. J. y F. di Castri (Eds.). *Landscape Boundaries: consequences for biotic diversity and ecological flows*. Springer Verlag, Berlin, Germany.
34. MEZA ELIZALDE, M. and ARMENTERAS PASCUAL, D. (2018). Uso del suelo y estructura de la vegetación en paisajes fragmentados en la amazonia, Colombia. *Colombia Forestal*, 21(2), 205-223.
35. MIGNONE J, GÓMEZ JH. Anas Wayuu, el éxito de una organización indígena de salud colombiana en medio de un sistema en crisis. *Voces en el Fénix*. 2014;5(41):78-85.
36. MOREIRA MUÑOZ A. 1996. Los Sistemas de Información Geográfica y sus aplicaciones en la conservación de la diversidad biológica. *Ambiente y Desarrollo*. Vol XII N° 2, 80 – 86 p. ISSN 0716 – 1476.

37. MURCIA, C. 1995. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 10: 58-62.
38. NOSS, R. F. (1990). Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation biology*, 4(4), 355-364
39. PÉREZ L. A., Los wayuu: tiempos, espacios y circunstancias. *Espacio Abierto, Cuaderno Venezolano de Sociología*. 2004, 25p. ISSN 1315-0006.
40. PIZANO, C. Y H. GARCÍA (Eds.). 2014. El bosque seco tropical en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, Colombia. 350 pp.
41. RAMOS, Z. (2004). Estructura y composición de un paisaje boscoso fragmentado: Herramienta para el diseño de estrategias de conservación de la biodiversidad. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 127 p.
42. ROJAS MIRSLENY S. TELLEZ S. GHORFAN A. 2017. Análisis de la fragmentación del paisaje como herramienta de conservación del área natural denominada “Reserva Natural de las Aves Hormiguero de Torcoroma” municipio de Ocaña, Norte de Santander, Colombia. Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. 133 p.
43. SALGADO-NEGRET, B. La ecología funcional como aproximación al estudio, manejo y conservación de la biodiversidad: protocolos y aplicaciones. 2016, Bogotá, D. C, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
44. SAUNDERS DENIS A., HOBBS RICHARD J, & MARGULES CHRIS R. Biological Consequences of Ecosystem Fragmentation: A Review. 1991. *Conservation Biology*, Vol. 5, No. 1 pp. 18-32

45. SECRETARIA DEL CONVENIO SOBRE DIVERSIDAD BIOLÓGICA. (2009).
Convenio de Diversidad Biológica. Montreal, Canada.
46. TURNER, I.M. 1996. Species loss in fragments of tropical rain forest: a review of the evidence. *Journal of Applied Ecology* 33: 200-205.
47. TURNER W, PECTOR S, GARDINER N, FLADELAND M., STERLING E,
STEININGER M, Remote sensing for biodiversity science and conservation, *Trends in Ecology & Evolution*, Volume 18, Issue 6, 2003, Pages 306-314, ISSN 0169-5347,
48. VAN DER HAMMEN, T. & ANDRADE, G., 2003.– Estructura Ecológica Principal de Colombia (Primera aproximación): 74 pp. Ministerio de Ambiente e Ideam, Bogotá.
49. VILLARREAL H.M., ÁLVAREZ S., CÓRDOBA F., ESCOBAR G., FAGUA F., GAST H., MENDOZA M., OSPINA A., UMAÑA A., OSPINA M. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos-Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 2004. p. 236.
50. WILCOVE, D. S., C. H. MCLELLAN Y A. P. DOBSON. 1986 Habitat fragmentation in the temperate zone. Pp. 237- 256. En: Soule, M. E. (Ed.). *Conservation Biology: The Science of Scarcity and Diversity*.
51. WILLIS, K. S. Remote sensing change detection for ecological monitoring in United States protected áreas. 2015. *Biological Conservation* 182, 233-242