

Caracterización de la estructura del paisaje y estado actual de fragmentación en el Municipio de  
Málaga, Santander, Colombia.

Mónica Johana Niño Rodríguez

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniera Forestal

Directora

Sandra Milena Díaz López

Ingeniera Forestal Msc. Manejo, uso y conservación del bosque Docente UIS- Málaga

Universidad Industrial de Santander – Sede Málaga

Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia (IPRED)

Programa de Ingeniería Forestal

Bucaramanga

2024

### **Dedicatoria**

Dedico mi tesis a Dios, por darme la inteligencia y fortaleza para realizar mí proyecto.

A mis padres que son el pilar fundamental para guiar mis pasos. Gracias a sus esfuerzos y sacrificios durante las etapas a lo largo de mi vida, especialmente por ser el apoyo incondicional durante mi carrera.

A mi hermano por ser el apoyo en momentos de dificultad, por depositar su confianza en cada reto que se me presentó, sin dudar en un solo momento de mi capacidad.

A toda mi familia dedico este logro alcanzado, infinitas gracias.

### **Agradecimientos**

Agradezco a Dios, principalmente por darme la sabiduría, la fuerza y enseñanzas para culminar mis estudios, gracias a sus bendiciones porque hizo realidad éste sueño tan anhelado.

A mis padres, por brindarme su apoyo durante la investigación y por estar incondicionalmente en cada momento de mi vida.

Este estudio es el resultado del esfuerzo y empeño, de igual manera agradezco por su paciencia, constancia y disciplina para culminar este reto propuesto.

A mi maestra Ing. Sandra Milena Díaz, por su tiempo, dedicación y enseñanzas.

Gracias a todas las personas presentes en mi vida, de una u otra manera contribuyeron para alcanzar este logro.

## Tabla de Contenido

	<b>Pág.</b>
Introducción .....	11
1. Objetivos .....	13
1.1 Objetivo General .....	13
1.2 Objetivos Específicos.....	13
2. Marco Referencial.....	14
2.1 Bosque Andino.....	14
2.2 ¿Qué es la conectividad y porqué es importante mejorarla?.....	14
2.3 La conectividad en la interpretación del territorio .....	15
2.4 Fragmentación.....	15
2.5 Factores que conducen a la fragmentación .....	16
2.6 Fragmentos.....	18
2.7 Paisaje .....	19
2.8 Ecología del paisaje .....	19
2.9 Diversidad .....	20
2.10 Percepción remota o teledetección.....	20
2.11 Procesamiento digital de imágenes.....	21
2.12 Sistemas de Información Geográfica .....	20
3. Metodología .....	21
3.1 Características generales y localización del área de estudio.....	21
3.2 Diseño Metodológico .....	25
3.3 Fases.....	26
4. Resultados .....	38
4.1 Caracterización área de estudio .....	38
4.1.1 Área de estudio .....	38
4.1.2 Factores que conducen a la fragmentación .....	43
4.1.3 Propuesta conectividad ecológica de fragmentos .....	56
5. Discusión.....	61
6. Conclusiones .....	63
7. Recomendaciones .....	64
8. Referencias Bibliográficas .....	65
Apéndices.....	68

### Lista de Tablas

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Criterios empleados para establecer la dificultad en el modelo de conectividad ecológica para la obtención de las rutas para el municipio de Málaga, Santander.....	36
Tabla 2. Categorías y uso del terreno.....	39
Tabla 3. Categorías y cobertura terrestre en hectáreas.....	40
Tabla 4. Factores que conducen a la fragmentación.....	42
Tabla 5. Métricas de Paisaje, índices de área.....	43
Tabla 6. Número de parches (NUMP) por cobertura vegetal.....	44
Tabla 7. Tamaño Medio de Parche (MPS) por cobertura vegetal.....	45
Tabla 8. Densidad del parche por cobertura vegetal.....	45
Tabla 9. Densidad del borde por cobertura vegetal.....	46
Tabla 10. Densidad del borde por cobertura vegetal.....	47
Tabla 11. Índice de parche más grande.....	48
Tabla 12. Índice de dimensión fractal.....	48
Tabla 13. Índice de proporción media de forma de parche.....	49
Tabla 14. Índice de Distancia Euclidiana Más Cercana – Vecina.....	49
Tabla 15. Índice de adyacencias.....	50
Tabla 16. Índice de Cohesión del parche.....	51
Tabla 17. Índice de División del pasaje.....	52
Tabla 18. Índice de Tamaño de Malla Efectivo.....	52
Tabla 19. Índices de Diversidad.....	53
Tabla 20. Resultados valoración de los lineamientos establecidos.....	58

### Lista de Figuras

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Procesos de fragmentación de los ecosistemas naturales. ....	17
Figura 2. Veredas en el Municipio de Málaga, Santander. ....	23
Figura 3. Área de estudio, Municipio Málaga, Santander. ....	24
Figura 4. Diseño metodológico. ....	25
Figura 5. Diagrama de flujo de la clasificación de las coberturas de la tierra. ....	25
Figura 6. Escala de valores e importancia. ....	37
Figura 7. Mapa de Coberturas, Municipio Málaga, Santander. ....	38
Figura 8. Mapa de Fragmentación del Municipio Málaga, Santander. ....	42
Figura 9. Mapa de Conectividad Ecológica para el Municipio Málaga, Santander. ....	58

### Lista de Apéndices

	<b>Pág.</b>
Apéndice A. Matriz de Acatama de errores:.....	68
Apéndice B. Matriz de Acatama de precisión de la proporción de área estimada.....	70
Apéndice C. Matriz de Acatama de error de proporción de área estimada .....	71
Apéndice D. Matriz de Acatama productora .....	72
Apéndice E. Matriz de Acatama de error cuadrático de la proporción de área estimada .....	73
Apéndice F. Fotografías recorrido puntos Acatama.....	74

### **Glosario**

**Borde:** Se define como la zona de transición entre hábitats adyacentes (Lopez, 2004).

**Corredores:** Los corredores son un segundo tipo de elemento estructural funcional de un paisaje, definidos como una franja angosta y alargada, de forma y dirección variable que atraviesa una matriz (Etter, 1991).

**Matriz:** Se define matriz de un paisaje, aquel tipo de elemento del paisaje que ocupa la mayor área relativa (Etter, 1991). Se conforma por tres elementos estructurales básicos que componen el paisaje, parches, corredores y matrices; este último es el más extenso y el más interconectado, cumplen así un papel dominante en el funcionamiento del paisaje (Subirós, 2006). La matriz es el complejo formado por fragmentos y corredores.

**Parche o fragmento:** Se define como una superficie no lineal, su tamaño variable difiere fisionómicamente sus alrededores, y posee un grado de homogeneidad (Etter, 1991). Los Parches varían de acuerdo con su tamaño, forma, tipo, heterogeneidad y sus características de borde.

**Paisaje geográfico:** Se define paisaje como una parte de la superficie terrestre, que representa una unidad del espacio, su imagen exterior y la actuación conjunta de sus fenómenos, tiene un carácter específico, y se distingue de otros por sus fronteras geográficas y naturales (Troll, 2003).

### Resumen

**Título:** Caracterización de la estructura del paisaje y estado actual de fragmentación en el Municipio de Málaga, Santander, Colombia.\*

**Autor:** Monica Johana Niño Rodríguez\*\*

**Palabras Clave:** Modificación de hábitats, Conectividad, Matriz, Parche, Ecología de paisajes.

**Descripción:** En el presente estudio se realizó la caracterización de la estructura del paisaje que tuvo como objetivo evaluar la fragmentación del bosque presente en el Municipio de Málaga. La propuesta del diseño metodológico, en la primera fase se realizó la delimitación del área de estudio y la consulta de fuentes de información secundaria, continuo a esto se realizó la interpretación y mapificación de las unidades de cobertura. A partir del análisis de imágenes satelitales, se determinaron las coberturas vegetales para conocer el estado actual de fragmentación de los bosques andinos en el Municipio de Málaga, Santander. La aplicación de métricas de paisaje que interpretaron la conectividad ecológica en el área de estudio, los datos fueron analizados desde una matriz compuesta principalmente por pastos limpios con la mayor área de cobertura terrestre. Las variables evaluadas muestran la transformación de hábitat de los ecosistemas, indicando una alta alteración en el paisaje. Los fragmentos boscosos que se han conservado son de menor tamaño comparando el área total. El modelo ecológico conecta 20 áreas fragmentadas, se destacó la importancia de los corredores para iniciar el estudio del bosque a largo plazo.

---

\*Trabajo de grado

\*\*Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia (IPRED). Programa Ingeniería Forestal. Directora: Sandra Milena Díaz López. Ingeniera Forestal Msc. Manejo uso y conservación del bosque.

# CARACTERIZACIÓN DEL PAISAJE Y FRAGMENTACIÓN EN EL MUNICIPIO DE MÁLAGA, SANTANDER.

10

## **Abstract**

**Title:** Characterization of the landscape structure and current state of fragmentation in the Municipality of Málaga, Santander, Colombia.

**Author:** Monica Johana Niño Rodríguez

**Keywords:** Habitat Modification, Connectivity, Matrix, Patch, Landscape Ecology.

**Description:** In the present study, the characterization of the landscape structure was carried out, which aimed to evaluate the fragmentation of the forest present in the Municipality of Malaga. The proposal of the methodological design, in the first phase the delimitation of the study area and the consultation of sources of secondary information was carried out, followed by the interpretation and mapping of the coverage units. From the analysis of satellite images, the vegetation covers were determined to know the current state of fragmentation of the Andean forests in the Municipality of Málaga, Santander. Applying landscape metrics that interpreted ecological connectivity in the study area, data were analyzed from a matrix composed primarily of clean pastures with the largest land cover area. The evaluated variables show the transformation of ecosystem habitat, indicating a high alteration in the landscape. The forest fragments that have been preserved are smaller compared to the total area. The ecological model connects 20 fragmented areas, the importance of the corridors was highlighted to begin the long-term study of the forest.

### **Introducción**

El Municipio de Málaga, Santander, Colombia, enfrenta desafíos en la conservación de su paisaje debido a la fragmentación y transformación de la vegetación. Estos procesos, fueron asociados a dinámicas territoriales, han llevado a la expansión de áreas agrícolas y urbanas, lo que ha impactado la estructura del paisaje y la conectividad ecológica (Velásquez, 2017). Este proyecto de investigación tuvo como objetivo principal evaluar la caracterización de la estructura del paisaje y su estado actual de fragmentación.

El análisis que hace parte del presente estudio permitió interpretar el estado actual de fragmentación del bosque, que trae como consecuencia la alteración o disminución de los ecosistemas (Correa et al., 2014), el estudio se basó en el análisis de la fragmentación del bosque andino con un enfoque hacía la conservación y protección de los bosques en el municipio de Málaga, Santander. En el área de influencia delimitada; mediante el uso de imágenes satelitales obtenidas desde la plataforma PlanetScope, se realizó la clasificación de coberturas vegetales con las categorías de la metodología Corine Land Cover usando el Sistema de Información Geográfica de software libre y de código abierto Qgis versión 3.28, esta clasificación permitió caracterizar la estructura del paisaje, la fragmentación actual del bosque y análisis espaciales.

Existen atributos que permitieron visualizar las características distintivas del paisaje y ofrecieron información crucial sobre sus funciones, contribuyendo así a la eficacia del ecosistema. La fragmentación, según señalan (Sanabria & Vera, 2023) está vinculada a procesos ecológicos internos y tiene efectos que van desde la disminución de la retención de nutrientes hasta

## CARACTERIZACIÓN DEL PAISAJE Y FRAGMENTACIÓN EN EL MUNICIPIO DE MÁLAGA, SANTANDER.

12

alteraciones en la dinámica trófica en fragmentos más aislados, afectando el movimiento de animales y llevando a la destrucción de hábitats, se asocia con el concepto de continuidad de hábitat. El estudio de la fragmentación de los bosques andinos que hacen parte del municipio de Málaga Santander se realizó con énfasis en el análisis del comportamiento de la cobertura boscosa en el área de estudio, haciendo referencia a la conectividad del paisaje y la matriz, los cuales permiten observar las características del ecosistema fundamental para comprender el impacto de las dinámicas (Verano, 2019) que fueron procesos asociados a dinámicas territoriales han llevado a la fragmentación del paisaje y a la pérdida de hábitats naturales (Duarte, 2018).

Uno de los problemas fue identificar los principales factores que conllevan a la fragmentación de los bosques andinos del Municipio de Málaga al ser una región caracterizada por el acondicionamiento de las tierras y uso de los suelos aptos para el sector agrícola y la ganadería (IDEAM, 2010), los campesinos dueños de los predios han intervenido áreas de potreros con la deforestación, adecuación de terrenos, sumado a la inclusión y supervivencia de especies invasoras, que traen como consecuencias la reducción de la cobertura vegetal a pequeños relictos de bosque. Al comprender la estructura del paisaje y su nivel de fragmentación, se pudieron proponer estrategias de conservación y manejo sostenible que contribuyan a la protección de la biodiversidad y al bienestar de la población.

Actualmente no se ha realizado una caracterización de este tipo en el Municipio de Málaga. Por lo tanto, el presente estudio es un aporte al conocimiento de la estructura del paisaje, su estado actual de modificación con la ejecución de proyectos socioeconómicos agrícolas, ganaderos,

viales, entre otros, también servirá como base para la toma de decisiones informadas en la planificación territorial y la gestión ambiental del Municipio de Málaga.

## **1. Objetivos**

### **1.1 Objetivo General**

Evaluar la fragmentación del bosque presente en el Municipio de Málaga, para proponer alternativas que mejoren la conectividad entre relictos boscosos.

### **1.2 Objetivos Específicos**

1. Caracterizar la estructura y fragmentación del paisaje, con imágenes de sensores remotos.
2. Identificar los principales factores que conducen a la fragmentación de los bosques del Municipio de Málaga.
3. Proponer áreas de conectividad ecológica que asocien relictos de bosque para la conservación de la biodiversidad en el área de estudio.

## **2. Marco Referencial**

### **2.1 Bosque Andino**

Los bosques andinos son reconocidos por representar uno de los grandes centros de biodiversidad en el mundo. Presentaron altos niveles de riqueza y endemismo de especies unidos a una de las más altas tasas de deforestación en bosques tropicales, que han hecho que la cordillera de los Andes sea una región de interés y prioridad nacional e internacional para su conservación. Su cobertura natural transformada en la región de los Andes se presentó más de un tercio de la pérdida global de cobertura boscosa, es decir, han perdido más del 70% de los hábitats boscosos naturales (Garcés & Saavedra, 2013) en Colombia.

### **2.2 ¿Qué es la conectividad y porqué es importante mejorarla?**

Las condiciones, estructuras y procesos del paisaje que facilitan estos movimientos son un objetivo de conservación que se logra mejor a través de estudios que integran los procesos internos y externos (La Point et al., 2015) que afectaron el movimiento a múltiples escalas temporales y espaciales en un tiempo determinado. El éxito de la movilidad ecológica de las especies ocurre en todas las escalas temporales y espaciales, desde los encuentros de alimentación, hasta las migraciones anuales y los eventos de dispersión únicos en la vida, influyó en la supervivencia de

organismos, en consecuencia, en la transferencia de genes, lo que en última instancia afectó la dinámica de las poblaciones, la distribución de las especies y el funcionamiento del ecosistema.

### **2.3 La conectividad en la interpretación del territorio**

Un recorrido por casi cualquier territorio permite entender que las infraestructuras humanas son causantes de las principales afecciones de la conectividad ecológica (Díaz et al., 2010). Estas infraestructuras fueron elementos decisivos de la ordenación del territorio que se debieron incorporar en su diseño y desarrollo. La idea de conectividad ecológica para no producir interferencias espaciales graves fue determinar las características geóticas, biológicas y rurales que interesan a los conservacionistas que dependen realmente del mantenimiento de esos fenómenos y procesos (Díaz et al., 2010). La conectividad se estudió por separado para fenómenos físicos, asimetrías generadas por fronteras ecológicas.

### **2.4 Fragmentación**

Colombia es un país que se caracteriza por tener una gran diversidad de ecosistemas. Entre sus biomas más afectados se encuentran los bosques andinos, los cuales han sido deforestados en gran medida en algunas zonas del país, según el Boletín alertas tempranas por deforestación at-d para la región de los Andes se ha visto afectada en un 35.2% reduciéndose la vegetación natural a pequeños relictos de bosque (IDEAM, 2023). La fragmentación de los bosques reduce en gran medida la riqueza de especies, de acuerdo con (Rojas & Sabbagh, 2017) disminuyeron la retención de nutrientes, afecta a la dinámica trófica y, en fragmentos más aislados, altera el movimiento de animales. Se demostró que la reducción del tamaño del fragmento forestal, afecta a funciones ecológicas tales como la dispersión de semillas y, por tanto, la estructura de los bosques y, al

mismo tiempo, puede reducir los servicios ecosistémicos, tales como la captura o almacenamiento de carbono, el control de la erosión, la polinización y el ciclo de nutrientes (Sanabria & Vera, 2023). La estructura del paisaje es definida mediante la presencia de tres elementos clave conocidos como matriz, corredores y parches. La disposición de estos elementos determinan la dominancia y heterogeneidad del paisaje (Morláns, 2013).

### **2.5 Factores que conducen a la fragmentación**

Los factores que conducen a la fragmentación ecológica de la cobertura boscosa del municipio de Málaga, Santander, se identificaron con base en la implementación de recursos bibliográficos, artículos, entre estos del Censo Nacional Agropecuario, e IDEAM, fueron importantes resaltarlos y destacarlos para mostrar los resultados obtenidos. Se requieren elementos básicos mediante la observación de las categorías cartográficas, según (Censo Nacional Agropecuario, 2014), para conocer los factores mencionados a continuación:

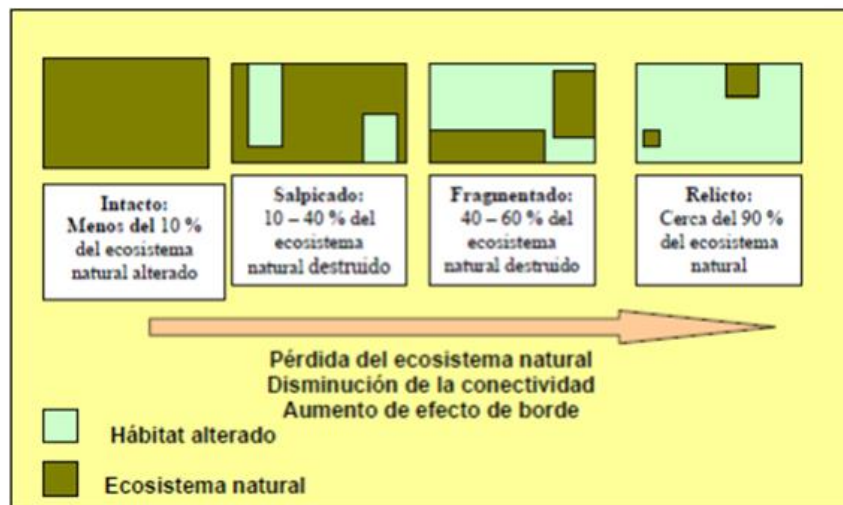
- Construcción de carreteras, expansión de la frontera agrícola y ganadera, mineras, construcción de proyectos.
- Red de drenaje, crecimiento de población, movilidad de los animales.
- Agricultura.

### **2.6 Fragmentos**

Los fragmentos son las diferentes unidades morfológicas que se pueden diferenciar en el territorio. La matriz es el complejo formado por fragmentos y corredores. Desde un punto de vista funcional, una correcta interpretación de la matriz requiere de la determinación del elemento dominante siendo el que ocupa una mayor superficie y está mejor conectado y acaba

desempeñando un papel fundamental en la dinámica del paisaje (Subirós, 2006). Las características del ecosistema (Pintó, 2007) afirmó que la heterogeneidad indicará la diversidad a nivel de estructura de paisaje y los cambios ocasionados a través de la fragmentación de estos hábitats. A escala de paisaje, incluye distintos ecosistemas naturales e intervenidos en una matriz inmersa de sistemas productivos (cultivos, pastizales y ganadería), que contribuyen a mantener la biodiversidad regional (Figura 1).

**Figura 1. Procesos de fragmentación de los ecosistemas naturales.**



Tomado de: (Pintó, 2007) Resultado de un mosaico de fragmentos en pequeñas dimensiones de un paisaje.

La fragmentación actualmente resulta de la degradación del hábitat o en el aislamiento de relictos, y los procesos ecosistémicos a largo plazo, especialmente en hábitats boscosos. Los métodos cuantitativos en ecología del paisaje son aplicables a un triple nivel presentado a continuación:

a) A nivel de fragmento (patch level). Los cálculos se aplican a cada fragmento individualmente. Es el nivel adecuado, por ejemplo, para determinar cuál es el fragmento de mayor superficie entre todos los representados (Subirós, 2006).

b) A nivel de clase (class level). Los cálculos se aplican a cada conjunto de fragmentos de la misma clase, es decir, a aquéllos que tienen el mismo valor o que representan el mismo tipo de uso del suelo, y hábitat. Es el nivel apropiado para calcular cual es la superficie que ocupa una determinada cobertura del suelo, como podrían ser los bosques, o cual es la extensión media ocupada por los fragmentos de bosque (Subirós, 2006).

c) A nivel de paisaje (landscape level). Los cálculos se aplican al conjunto del paisaje, es decir, a todos los fragmentos y clases a la vez. El resultado informa el grado de heterogeneidad o de homogeneidad del conjunto del área que se ha cuantificado (Subirós, 2006).

## **2.7 Paisaje**

El paisaje es el conjunto de formas que, en un momento dado, expresa las relaciones sucesivas que se han dado y se dan entre el hombre social y la naturaleza. Situado en el espacio, es la reunión de formas o, mejor, es el conjunto de sistemas de objetos y sistemas de acciones, que generalmente desde la geología se asocia con formas del relieve en el paisaje (Figuera, 2006). Lo que es particularmente interesante, es que se hace énfasis en la estructura del paisaje, esta podrá ser medida y comparada con el fin de representar los cambios sin que las mediciones sean repetidas para el mismo paisaje o ecosistema (Ariza, 2017). El principal objetivo es obtener información y analizar los datos con los instrumentos para cuantificar el grado de cambio de los ecosistemas en

cuanto a su afectación, con base en otros estudios se corroboró el modelo de patrón espacial demostrando así resultados significativos y eficientes en el estudio.

### **2.8 Ecología del paisaje**

Es el estudio del complejo de elementos interactuantes entre la asociación de seres vivos y sus condiciones ambientales, los cuales actúan en una parte específica del paisaje. Esto se manifiesta espacialmente en una unidad de muestra específica y delimitada. En una división natural de espacio en distintos órdenes de tamaño. Estos órdenes están normalmente determinados por la estructura geológica y por el estado de desarrollo geomorfológico; la distinción de las unidades espaciales homogéneas más pequeñas (fisiotopo, biotopo, ecotopo) (Bocco, 2003) son la expresión de la relación de intercambios entre macroclima, rocas sobresalientes, relieves, mantos acuíferos, depósitos en el suelo, vegetación, mundo animal, microclima y clima del suelo.

Tres mecanismos son los que originan esta distinción de elementos: las diferencias en el substrato, la dinámica natural, con sus perturbaciones, y la actividad humana. En el mosaico del paisaje se puede diferenciar tres grandes tipos de elementos: los fragmentos (parches), los corredores (corredores) y la matriz (matriz) (Subirós, 2006).

### **2.9 Diversidad**

El principal problema encontrado en casi todos los estudios de fragmentación es comprender los impactos ecológicos causados por los diferentes niveles de fragmentación en un bosque. Aunque existe la tendencia en la literatura de ver la fragmentación de los bosques como un fenómeno negativo similar a la pérdida y degradación del hábitat, estas resultan siendo positivas, atribuyendo a una mayor conectividad funcional, diversidad de hábitats, efectos de borde

positivos, estabilidad de laderas, equilibrio entre los sistemas depredador-presa/huésped-parasitoide, competencia, propagación del riesgo (García, 2015). Por ejemplo la fragmentación de áreas pequeñas contribuye a la pérdida de especies, la investigación llevada a cabo por (Slattery & Fenner, 2021) ilustraron la "casi completa extinción de la fauna nativa de pequeños mamíferos" en una reserva natural en Tailandia a lo largo de 25 años tras la severa fragmentación del bosque. Diversos estudios indican que "el aumento de los efectos de borde en un bosque fragmentado provocaron una mayor densidad de depredadores y, específicamente parasitismo de nidos en las aves". En su investigación, (Slattery & Fenner, 2021) concluyeron que el aumento del aislamiento de los fragmentos restringe la capacidad de las diversas especies para atravesar su hábitat. Estudios sobre los movimientos de animales en paisajes fragmentados han revelado que algunas especies evitan activamente cruzar tramos de matriz no forestal debido a sus características desfavorables. Los índices de paisaje han sido ampliamente utilizados para relacionar los patrones espaciales de los procesos o funciones ecológicas, ya que su sensibilidad puede ser analizada mediante técnicas relacionadas con el análisis de imágenes de teledetección (Ariza, 2017).

### **2.10 Percepción remota o teledetección**

La percepción remota o teledetección puede definirse como el proceso de adquisición de información a distancia, sin que exista contacto físico entre la fuente de información objeto y el receptor de la misma (Marquina & Mogollon, 2017).

### **2.11 Procesamiento digital de imágenes**

El procesamiento digital de imágenes, es una disciplina que desarrolla las bases teóricas y algorítmicas mediante las cuales pueda extraerse información del mundo real, de manera

automática a partir de una imagen observada. Tal información puede relacionarse con el reconocimiento de objetos, descripciones tridimensionales, posición y orientación de los mismos o la medición de cualquier propiedad espacial tal como la distancia entre dos puntos bien definidos o la sección transversal del objeto (Marquina & Mogollon, 2017).

### **2.12 Sistemas de Información Geográfica**

Los sistemas de información geográfica SIG, son una herramienta que cuenta con la capacidad de adaptar la información de la superficie terrestre mediante la configuración de datos georreferenciados espacialmente, de manera que se pudo construir un modelo aproximado a la realidad. De acuerdo (Luque et al., 2019), permiten la verificación de la dinámica de la vegetación en espacio y tiempo, para ello se identificaron zonas en conjunto o fragmentos clave en los que se desarrolló la investigación y acciones que permitan conectar los ecosistemas.

## **3. Metodología**

### **3.1 Características generales y localización del área de estudio.**

El área de estudio se localiza en el Municipio de Málaga, Santander con un área de extensión de 5.743,29 hectáreas, cuenta con una precipitación media anual entre los 1200 y 1600 mm, temperatura media anual entre los 5.5 °C Y 24 °C, presenta clima frío semihúmedo y clima de páramo bajo súper húmedo según la clasificación bioclimática Caldas - Lang, y Thornthwaite (Medina & Aldana, 2019), relieves fuertemente ondulado y fuertemente quebrado con pendientes que oscilan entre los 12-25 %, suelos moderadamente profundos, textura franco arenosa, franco arcillo arenosa, erosión moderada. En el área municipal las pendientes más bajas están en el rango de 3-7% y las más altas son mayores a 37° (75%), no se encuentran pendientes en el rango 0- 3%,

## CARACTERIZACIÓN DEL PAISAJE Y FRAGMENTACIÓN EN EL MUNICIPIO DE MÁLAGA, SANTANDER.

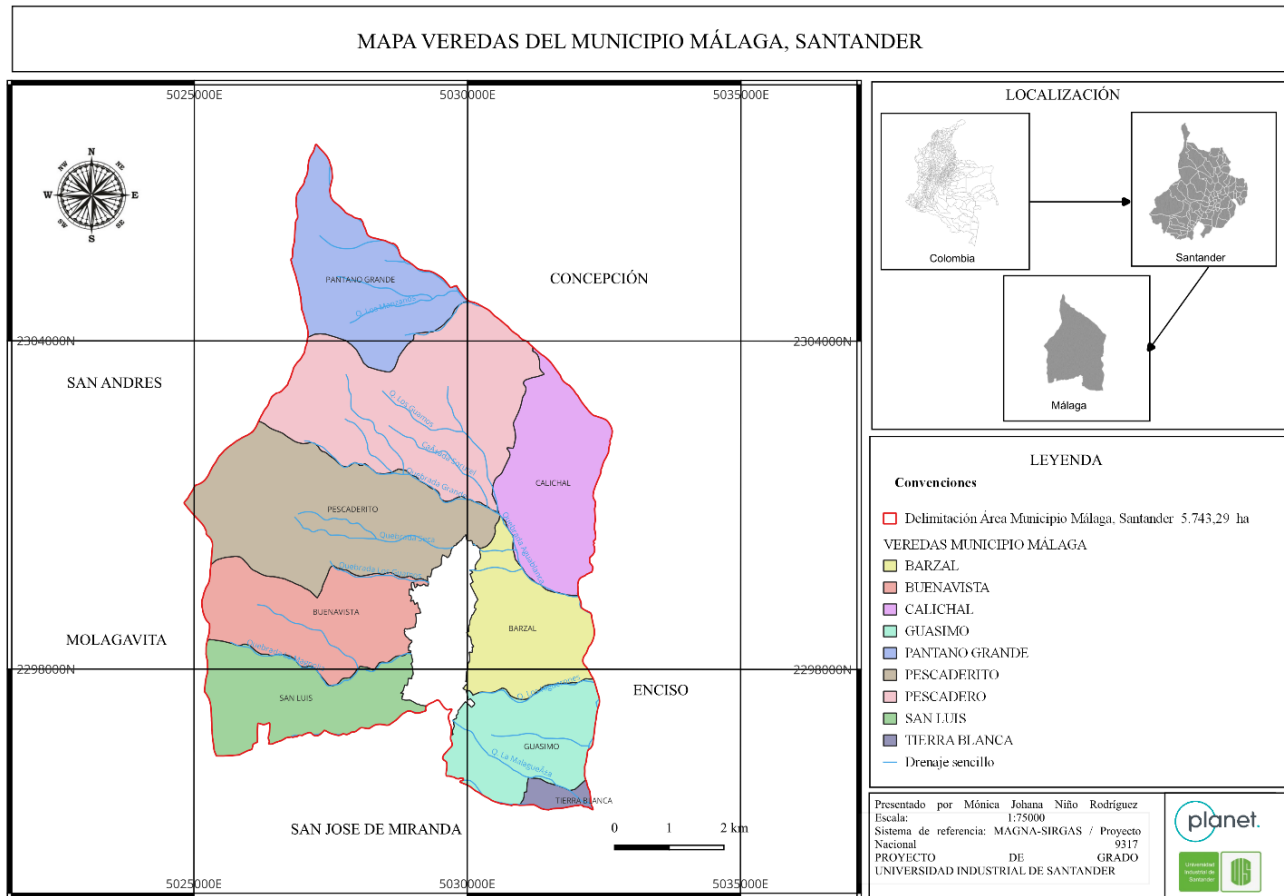
22

es decir completamente planas a ligeramente planas. Morfológicamente el territorio presenta pendientes escalonadas o en gradería con escarpes y mesas debido a la alternancia de las Rocas Duras de la formación Tablazo y las Rocas Blandas de la formación Simití (Alcaldía Municipal de Malaga, 2016).

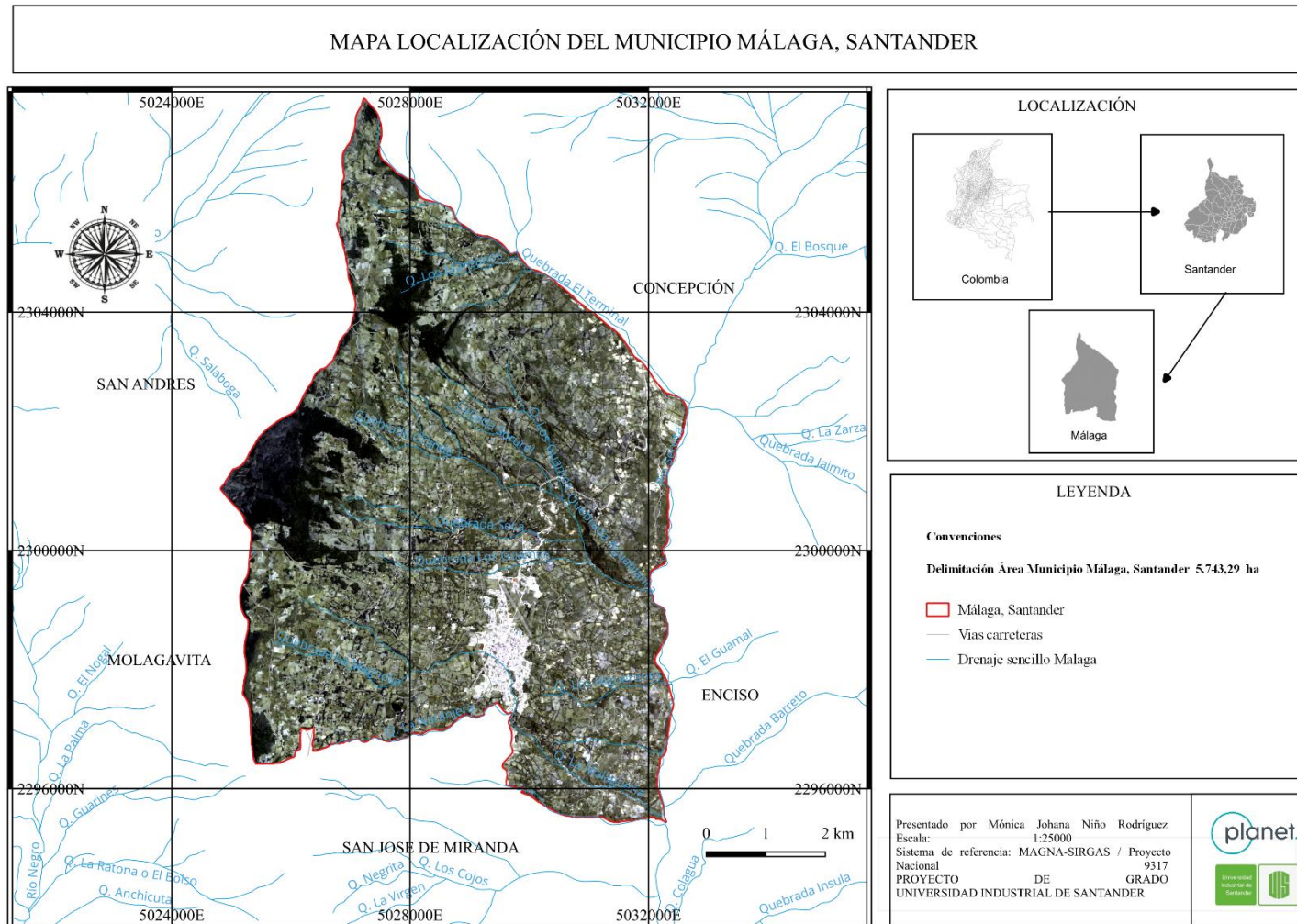
El municipio de Málaga, Santander cuenta con 10 veredas, entre estas se encuentran las veredas Alisal, Barzal, Buenavista, Calichal, Guasimo, Pescaderito, Pescadero, San Luis, y Tierra Blanca, en la (Figura 2) son observadas las veredas que conforman el municipio. Málaga se localiza sobre la cordillera oriental, geológicamente se sitúa en extremo meridional (borde oriental) del Macizo de Santander, en la parte sur del páramo el Almorzadero (Alcaldía Municipal de Malaga, 2016).

# CARACTERIZACIÓN DEL PAISAJE Y FRAGMENTACIÓN EN EL MUNICIPIO DE MÁLAGA, SANTANDER.

**Figura 2. Veredas en el Municipio de Málaga, Santander.**



**Figura 3. Área de estudio, Municipio Málaga, Santander.**



### 3.2 Diseño Metodológico

Figura 4. Diseño metodológico.

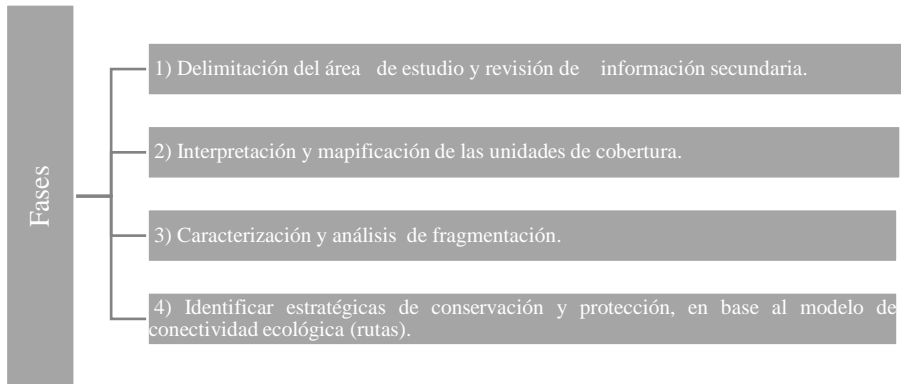
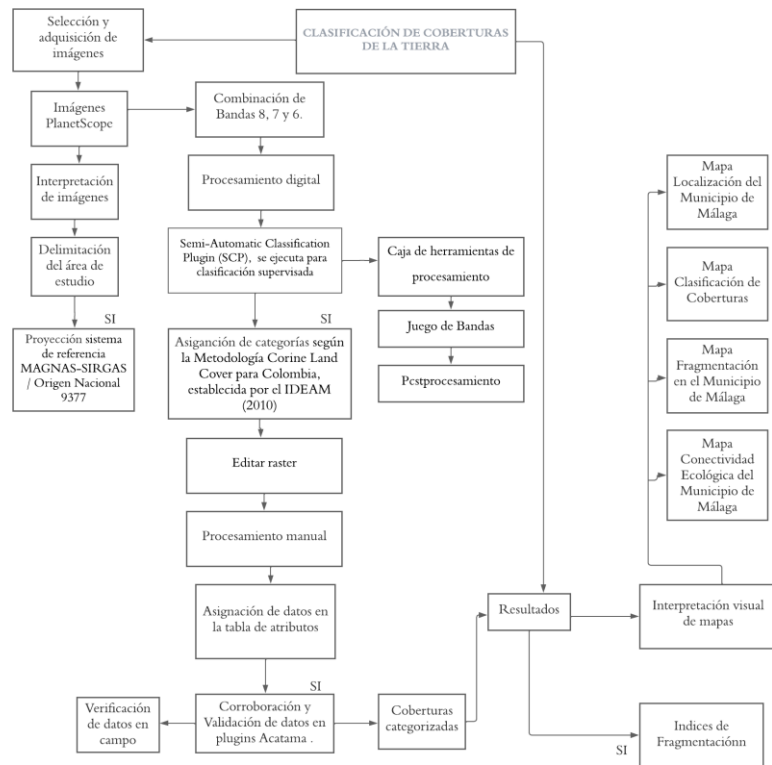


Figura 5. Diagrama de flujo de la clasificación de coberturas de la tierra.



### **3.3 Fases**

#### ***Fase 1 - Delimitación del área de estudio y revisión de información secundaria.***

Primero se estableció una descripción general de la ubicación del Municipio de Málaga, Departamento de Santander, además de coordenadas exactas. Para esto se dispuso; imágenes de sensores remotos en este caso PlanetScope, lo que permitió observaciones a nivel regional y local como apoyo a la interpretación, con la implementación de los archivos shape de Colombia, se delimitó el Municipio de Málaga, Santander y se realizó la georreferenciación a escala de paisaje 1:25000.

#### ***Fase 2 - Interpretación y Mapificación de las Unidades De Cobertura.***

##### **Preprocesamiento de imágenes satelitales**

En esta fase se presentaron los criterios utilizados para la selección de imágenes satelitales, continuando el procedimiento ejecutado. Luego se realizó la corrección a las imágenes resultantes para mejorar su visualización. Sin embargo, la comprobación de campo para la verificación de las imágenes anteriores permitió los correspondientes ajustes cartográficos para la interpretación del estado actual del ecosistema. Se procesó la imagen satelital, la cartografía base se presentó usando el sistema de referencia MAGNAS-SIRGAS / Origen Nacional 9377, establecido en la resolución Número 471 del 14 de mayo del 2020.

##### **Tratamiento de imágenes satelitales**

Se incluyó el área de estudio de la presente investigación, en este caso el Municipio de Málaga, Santander. Luego, ya descargada la imagen se cargó al programa de procesamiento espacial QGIS, se realizó la respectiva corrección atmosférica, de temperatura y de las bandas,

también se utilizó la herramienta de preprocesamiento para PlanetScope, y continuo a esto se delimitó el Municipio y el Departamento.

Para la elaboración de mapas, se basó en la cobertura forestal según la Metodología Corine Land Cover para Colombia, establecida por (IDEAM, 2010). Se descarga el archivo vectorial (Shp) de cartografía base, se realiza la interpretación del área delimitada y se procede a realizar un recorte.

Posteriormente, se calculó con la herramienta de juego de bandas la combinación 8-7-6, la combinación de color verdadero y falso color óptimas para la visualización, teniendo en cuenta la banda NIR correspondiente al uso del suelo en la imagen PlanetScope, con las diversas herramientas de QGIS, se cargó el Ráster en falso color y fue reintegrado en QGIS se realizó la clasificación de coberturas conforme a la Leyenda Corine Land Cover del año 2010.

Después de completar la clasificación de las categorías, se trasladó el mapa al área de trabajo y se empleó un complemento del programa denominado SCP. Tras cargar las bandas y el ráster en el programa, se procesó la imagen y se editó el ráster utilizando el complemento Semi-Automatic Classification Plugin (SCP). Se llevó a cabo una clasificación supervisada, ya sea como un proceso único o en varias ejecuciones del mismo algoritmo con conjuntos de entradas distintos desde la consola del programa.

Posteriormente, se procedió con la digitalización del vector, asignando nuevos campos en la tabla de atributos y verificando los datos. Surgió la necesidad de crear o proyectar una nueva capa de ráster. Finalmente, se modificó el ráster para utilizar la herramienta de polígono, seleccionando e integrando píxeles que no se habían disuelto en una matriz ecológica más amplia.

Se realizó la corroboración y validación de datos con el complemento plugins Acatama, para la verificación se asignaron 125 puntos y se establecieron configuraciones a cada categoría para la obtención de los resultados, con ayuda de técnicas se corroboraron en campo. Para referir el estado actual, fue fundamental el análisis mediante la observación del territorio.

### **Metodología Corine Land Cover**

Se clasificaron las coberturas con el fin de permitir el análisis de información relativa a tipo y uso de suelos. La aplicación de tecnologías y la utilización del software permitieron la obtención de información detallada en el territorio, el estudio de la capacidad de interpretación de la distribución de objetos espaciales que se encuentran aislados en parches o fragmentos en una matriz ecológica para el concepto de conectividad funcional del paisaje (San Vicente & Valencia, 2008). Con este mapa generado (Figura 7) se procedió a identificar las características de la vegetación haciendo enfoque en los bosques fragmentados, y se asignó la cobertura correspondiente, en conjunto con la tabla de atributos se realizó la verificación de la estructura de paisaje, determinación de métricas e índices de fragmentación, discernimiento de las formas, relieves u objetos en el espacio.

### ***Fase 3 - Caracterización y Análisis de Fragmentación***

Se realizó el análisis de las características estructurales que componen el territorio en un momento determinado, los cuales fueron medidos a partir de herramientas del programa de procesamiento espacial Qgis con ayuda de complementos para la obtención de métricas, como: *FragScape* y *Landscape Ecology*, fueron utilizados a partir de una entrada de capa ráster y la clasificación semi-supervisada de la cobertura de la superficie terrestre del Municipio. Por lo que se refirió a las relaciones que existen entre componentes del paisaje, se diferenciaron dos conceptos

fundamentales: la composición del paisaje (la variedad y abundancia de fragmentos en un paisaje) y la configuración del paisaje (la distribución espacial de los fragmentos en el paisaje) (Subirós, 2006).

El análisis de la variación espacial de la estructura del paisaje se realizó mediante la aplicación de los siguientes análisis:

-El **análisis de índices de paisaje**, sobre variables categóricas, relacionadas con las coberturas presentes.

Las métricas empleadas fueron índices de área, densidad, variabilidad, distancia, vecindad y conectividad. Se han empleado este tipo de índices para determinar los factores que influyen en la dinámica del bosque a escala del paisaje, estos parámetros permitieron la medición de ellos en la zona de estudio, siendo determinadas mediante la utilización del programa Qgis, además dos complementos fundamentales para su obtención.

Las métricas correspondientes son:

### 1) **Índices de área**

$TA = (1 / 10.000) \times \text{Área}$  – Se calculó el área total (TA) expresada en hectáreas, correspondiente a cada uno de los fragmentos, es un índice básico para la determinación de muchos otros. La fórmula refleja la conversión de m<sup>2</sup> a hectáreas (Ariza, 2017).

**Tamaño promedio de fragmentos:** Se calculó el área promedio de los fragmentos de un mismo tipo contenidos presentes en el paisaje (Ariza, 2017).

**Número de fragmentos:** Se observó la cantidad de parches correspondientes a un tipo de cobertura específico (Ariza, 2017).

**Número de parches (NUMP):** Se calculó el número de parches totales. Fue indicador de varios procesos ecológicos (Ariza, 2017), adicionalmente empleó como índice de heterogeneidad del paisaje y como base para el cálculo de otras métricas.

**Tamaño Medio de Parche (MPS):** Fue empleado como indicador de fragmentación, solo si se evalúa el tamaño del tipo de parche de interés (Ariza, 2017).

## 2) Índices de densidad (Patch Density)

$PD = N A (10.000) (100)$  Se obtuvo el número de fragmentos (PD) de cada clase por unidad de superficie en hectáreas (Ariza, 2017) éste índice involucró las condiciones ambientales favorables puesto que influyeron en cambios específicamente en los ecosistemas, hábitats, etc.

**Índice Densidad de Borde:** Índice que se obtuvo dividiendo el número total de fragmentos por cada 100 hectáreas (Bizama, et al., 2011). La densidad de borde fue medida de la siguiente manera (longitud de borde / unidad de área) (Mas et al., 2000). La suma de las longitudes (m) de todos los segmentos de borde que implican el tipo de parche correspondiente, dividida por la superficie total del paisaje (m<sup>2</sup>), multiplicada por 10.000 para convertirla en hectáreas (Taveira et al., 2022).

**Índice Longitud de Borde:** Calculó la longitud de los bordes por unidad de superficie, fue igual a la suma de las longitudes de todos los segmentos de borde que involucraron el tipo de parche correspondiente (Rodríguez et al., 2021).

## 3) Índices de variabilidad

**Índice de parche más grande:**  $MPS = A N (1 10.000)$  Mean Patch Size – Se obtuvo de la relación entre el área ocupada por una clase y el número de fragmentos correspondientes a aquella clase en hectáreas: Patch Size Standard Deviation - Medida de la variabilidad de tamaños de los fragmentos (Ariza, 2017). Las formas de los parches que fueron muy variadas y junto con la superficie,

afectaron los procesos ecológicos (Matteucci, 1998). Entre parches con la misma superficie, aquel que tenga formas más irregulares, con más salientes, presentará un mayor efecto de borde, favorecen los flujos transversales y perjudicando la persistencia de las especies de interior. Entre estos, la dispersión de los organismos, la migración entre parches, las interacciones entre especies, la colonización, fueron afectadas por la forma de parche, en la mayoría de los casos por el efecto de borde (Ariza, 2017).

**Índice de Dimensión Fractal:** En términos simples, los fragmentos fueron definidos como aquellas estructuras, de tipo natural o artificial, cuya geometría tiende a replicarse a distintas escalas de observación. Este índice es la dimensión fractal (DF), originalmente ésta describió una relación invariable en la escala de observación, entre el perímetro y la superficie de un objeto como lo indica la ecuación 1  $DF = \frac{2 \ln(p)}{\ln(S)}$ , siendo  $p = K \times S^{DF/2}$  ecuación 2, donde DF = dimensión fractal; p = perímetro. S = superficie y K es una constante que depende del objeto (Mas et al., 2000).

**Índice de Proporción Media de Forma de Parche:** Se calculó la proporción media de forma de parche de cada cubierta del suelo o la superficie, y la forma de los elementos del paisaje (Vaca, 2018). Éste índice permite una útil e interesante comparación entre distintas configuraciones espaciales del paisaje.

#### 4) Índices de distancia, vecindad y conectividad

$NND = \bar{D}_o \bar{D}_e$  Nearest Neighbor Distance – Se obtuvo de la distancia al fragmento de la misma clase observada ( $\bar{D}_o$ ), a la clase más próxima esperada ( $\bar{D}_e$ ). (Ariza, 2017).

$MD = \bar{D}_o \bar{D}_{max}$  Maximum Distance – Se obtuvo de la distancia al fragmento observado de la misma clase ( $\bar{D}_o$ ), al más alejado ( $\bar{D}_{max}$ ). (Ariza, 2017).

**Índice de Distancia Euclidiana Más Cercana – Vecina:** A medida que los ecosistemas se fragmentan y los parches se volvieron más distantes entre sí, el grado de aislamiento de los parches cambió, se interpretaron como medida de grado de conversión. El estudio se enfocó en describir la estructura, para esto se midió la distancia al vecino más cercano, este índice describió el comportamiento de los ecosistemas. Se obtuvo la distancia al vecino más cercano, se consideraron que los tipos de parche se encuentren inmersos en una matriz ecológica con otros parches, la medición se hizo de borde a borde, entre los puntos centrales de los píxeles del borde. El valor del índice según (Matteucci, 1998) expresó que se aproxima a cero a medida que disminuye la distancia al vecino más cercano, no llega a cero porque el valor mínimo depende del tamaño del píxel y del criterio de conteo de contacto entre píxeles. El valor máximo depende del área del paisaje y es definido si el parche a estudiar no tiene vecinos.

**Índice de Adyacencias Similares:** Este índice pudo calcular tanto el nivel de clase como de paisaje (Matteucci, 1998), midió el grado de agregación del tipo de parche focal, contó solo las adyacencias entre píxeles de la clase entre sí y con las demás categorías. En el caso paisaje, midió el grado de agregación de todas las clases. El valor se multiplica por 100 para expresarlo en porcentaje. El valor mínimo, 0, indica desagregación máxima; significa, cada píxel es un parche de tipo diferente y no existen adyacencias similares. El valor tiende al máximo, 100, si predominan las adyacencias entre píxeles del mismo tipo, esto es, hay un solo parche grande y compacto de cada tipo.

**Índice de Cohesión:** El cálculo se obtuvo de la suma de los perímetros de cada parche, la cual se divide por la suma del producto del perímetro y la raíz cuadrada del área de cada parche. Este valor se resta de 1, y se normaliza dividiéndolo por 1 menos la inversa de la raíz cuadrada del área del fragmento. Este valor se multiplica por 100 para expresarlo en porcentaje. El valor varía entre 0 y 100. Se aproxima a 0 a medida que la proporción de la clase disminuye y se subdivide, disminuyendo la conectividad física (Matteucci, 1998) midió la unión física de un tipo de parche distinto.

**Índice de División del Paisaje:** Midió el grado de subdivisión de una clase en muchos parches, está influido por la cantidad y tamaño de los parches, se basó en la proporción de cada parche en relación con el área total, estas razones se elevan al cuadrado y se suman (Matteucci, 1998). El valor del índice es igual a 1 menos la suma. A nivel de la clase, la suma incluye todos los parches. El valor varía entre 0 y 1; es 0 cuando el mosaico está formado por un único parche. Al nivel de clase, tiende a 1 a medida que la cantidad y tamaño de los parches disminuye. A nivel de cobertura, el valor es 1 cuando cada píxel es un parche diferente; esto es cuando la subdivisión es máxima. La división del paisaje se interpretó como la probabilidad de que dos píxeles seleccionados al azar no estén ubicados en el mismo parche.

**Índice de Tamaño Efectivo de Malla:** Este índice correlaciona perfecta e inversamente, el tamaño de malla efectivo porque es un área, el área de cada parche se eleva al cuadrado y la suma de estos valores se divide por el área total del paisaje. A nivel de clase, la suma incluye todos los parches de la clase. El valor varía entre un mínimo que depende del tamaño del píxel (tamaño píxel / área total). El valor mínimo se alcanza cuando la clase tiene un solo parche de un píxel. El valor máximo se alcanza cuando todo el mosaico es un solo parche (Matteucci, 1998).

### **Índices de Diversidad**

**Índice de Shanon (H')**: Este índice es igual a cero cuando solo hay un parche en el área de estudio, este valor crece a medida que aumentan los parches (Velásquez, 2017), es medida de diversidad relativa a los parches.

**Índice de Equitatividad (J')**: La equitatividad se acerca a cero cuando una categoría domina sobre todas las demás en la comunidad y se acerca a 1 cuando todas las categorías comparten abundancias similares (Cárdenas et al, 2004).

**Índice de Simpson (d)**: Es un índice de dominancia, formula  $1/\lambda = \sum p_i^2$  Donde:  $p_i$  = abundancia proporcional de una clase ( $n_i/N$ ). A medida que la dominancia se incrementa, la diversidad decrece entonces éste índice se presenta a la inversa:  $1/\lambda = 1/\sum p_i^2$  (Hernández, 2008).

### ***Fase 4 - Identificar Estrategias de Conservación y Protección, en base al modelo de conectividad ecológica (rutas).***

Con este estudio y con la información detallada obtenida, se pretendió identificar un modelo de conectividad ecológica como una alternativa de estrategia sostenible fue orientada hacia el desarrollo socioeconómico y la conservación. Se establecieron puntos específicos ubicados en cada categoría, que rigieron con algunos de los factores que guían hacia los caminos, carreteras, y se verificó la georreferenciación de estos; se obtuvieron las métricas e índices de paisaje, integrando los elementos destacados de la caracterización, se trazaron rutas en base a las características morfológicas, estructurales y la composición del paisaje (García, 2015), con el fin de conectar la complejidad de las interacciones biológicas con la vegetación en conjunto con las consecuencias en término de la regeneración natural de bosque a largo plazo.

### **Selección de fragmentos**

Para la selección de fragmentos se dio prioridad a aquellos fragmentos más densos. Su ubicación fue digitalizada mediante la interpretación de la imagen multiespectral, integrando una escala regional para mantener equilibrio entre las variables, en donde se usó el tamaño, forma y densidad, como principales elementos de interpretación del municipio.

En este criterio se pretende incluir el espacio físico que ocupa el Municipio e incorporar los tipos de vegetación presentes y que fueron transformados en un tiempo determinado. También se determinaron áreas mayores que favorecen la diversidad; estas permiten tener mayor funcionalidad a nivel de ecosistema para las comunidades y poblaciones de fauna y flora con requerimientos en el interior de bosque según (Colorado, Vásquez, & Mazo, 2017), así como el sostenimiento a largo plazo de procesos biológicos.

Para el modelo de conectividad ecológica se planteó seguir los lineamientos establecidos en conjunto con la red hídrica y las vías o carreteras del Municipio, se les dio prioridad para localizar rutas que tuvieran un criterio en la selección de los fragmentos de bosque. En esta propuesta se identificó que la red permaneciera conectada hacía los fragmentos de bosque, fundamental para facilitar la movilidad ecológica en corredores biológicos teniendo en cuenta el flujo de la red hídrica y así potenciar su mantenimiento a futuro.

### **Lineamientos del Modelo de Conectividad**

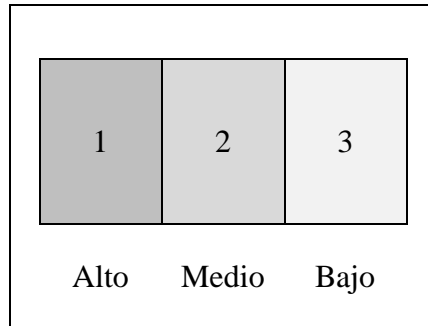
Para la construcción de este modelo de conectividad ecológica entre fragmentos, se empleó Qgis versión 3.28.3. Se utilizó el mapa de fragmentación, se establecieron criterios de acuerdo a las coberturas vegetales, entre estas se hizo referencia al bosque fragmentado, bosque de galería y

ripario, mosaico de cultivos y pastos, vegetación secundaria en transición y arbustal denso, con la utilización de la herramienta seleccionar distancia adentro, se establecieron criterios a los drenajes principales, y a las vías o carreteras con distancias de 0 a 100m para cada uno de los fragmentos, favoreció el desplazamiento entre especies (Colorado et al, 2017). En general, se consideró fundamental asociarlas a la red hídrica y a las vías, por lo que favorecieron la comunicación entre fragmentos con el fin de implementar estrategias de conservación y protección de los bosques, que rigieron el modelo de conectividad para el desarrollo de la región.

Por último, se seleccionaron aquellos fragmentos con formas alargadas, con algunos brazos de vegetación puesto que facilitaron su conectividad, la forma en general determina el grado de relación o interacción del fragmento con los hábitats o la matriz que está alrededor (Colorado et al., 2017).

En el proyecto se propuso conectores de 10 m de ancho, además de conocerlos como corredores biológicos que cumplieron una función muy importante en la comunicación de fragmentos y movilidad de especies (Colorado et al., 2017), cumplieron función de ruta y, además, la obtención de los mejores fragmentos conectados a la distancia más cercana de vías y de la red de drenaje (Tabla 1), en general áreas de mayor tamaño favorecieron la diversidad. Para la evaluación de la fragmentación del bosque se propuso agregar como prioridad evaluar mediante una valoración a los criterios establecidos, de acuerdo a un rango de 1 a 3 como se observó en la (Figura 6), siendo el valor más alto 1 y el valor más bajo 3, de acuerdo con (Zuluaga, 2017), se realizó a escala de valores de importancia para cada categoría presentada en forma de tablas en escala de grises.

**Figura 6. Escala de valores e importancia.**



**Tabla 1. Criterios empleados para establecer la dificultad en el modelo de conectividad ecológica para la obtención de las rutas para el municipio de Málaga, Santander.**

Variable	Criterio	Rangos de la variable	Valoración
Cobertura Vegetal	Paisaje boscoso, hábitats con cobertura boscosa, presentan mejor movilidad ecológica.	Bosques fragmentados, arbustal denso, vegetación secundaria en transición, bosque de galería y ripario, mosaico de cultivos y pastos.	1
		Pastos arbolados, pastos limpios, mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales.	2
		Zona urbana, zonas de extracción minera y escombreras, afloramientos rocosos.	3
Distancia a vías	Las vías limitan el desplazamiento de las especies. A mayor distancia a vías, menor dificultad en el desplazamiento.	Distancia a vías entre 0 y 100 m	1
Tamaño de fragmentos	Entre más grandes sean los fragmentos, menor dificultad en el desplazamiento y facilitan el desarrollo de las estrategias de conservación.	Cobertura vegetal menores a 10 ha	3
		Cobertura vegetal 10 ha	2
		Cobertura vegetal mayores a 10 ha	1
Distancia a red de drenaje	La red de drenaje es positiva para la movilidad de las especies. A menor distancia a la red hídrica, menor conectividad.	Distancia a la red de drenaje entre 10 y 100 m	1

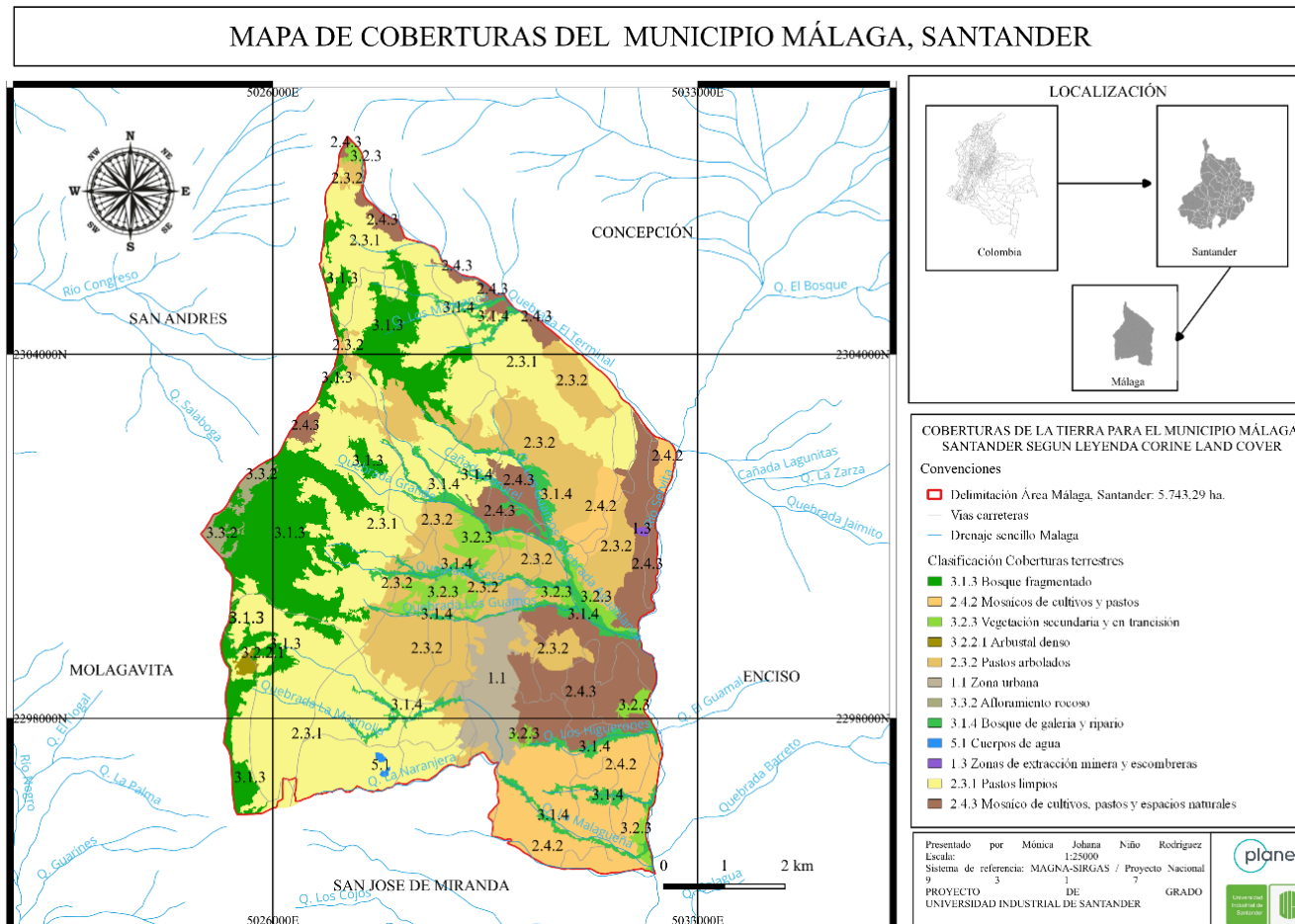
## **4. Resultados**

### **4.1 Caracterización área de estudio**

#### ***6.1.1 Área de estudio***

La clasificación de coberturas vegetales del municipio de Málaga, Santander cuenta con una extensión de 5.743,29 hectáreas. En este trabajo la caracterización se clasificó doce (12) clases de cobertura de suelo, usando imágenes multiespectrales de PlanetScope, se realizó la identificación y clasificación de las distintas coberturas que existen en la superficie terrestre mediante el mapa de coberturas del municipio (Figura 7). Se realizó a una escala de 1:25000 para poder lograr su observación, con esta medida de escala se trabajó para obtener en detalle las categorías del municipio como una herramienta implementada en la proyección de las coberturas vegetales. Lo que es particularmente interesante, es que se hizo énfasis en la estructura del paisaje.

**Figura 7. Mapa de Coberturas, Municipio Málaga, Santander.**



El municipio de Málaga, Santander fue relacionado directamente con las características de la estructura del paisaje que este presentó, se obtuvieron en los resultados 8 categorías con los usos del terreno (IDEAM, 2010) representadas en la (Tabla 2), para el territorio en el año 2022. Este comprendió áreas que integraron en el desarrollo de la región para el sector forestal.

**Tabla 2. Categorías y uso del terreno.**

<b>Categoría</b>	<b>Usos del terreno</b>
<b>3.1.3 Bosque fragmentado</b>	Comprende los territorios cubiertos por bosques naturales densos o abiertos cuya continuidad horizontal está afectada por la inclusión de otros tipos de coberturas
<b>3.1.4 Bosque de galería y ripario</b>	Se refiere a las coberturas constituidas por vegetación arbórea ubicada en las márgenes de cursos de agua permanentes o temporales. Este tipo de cobertura está limitada por su amplitud, ya que bordea los cursos de agua y los drenajes naturales.
<b>2.4.2 Mosaico de pastos y cultivos</b>	Comprende las superficies del territorio ocupadas principalmente por coberturas de cultivos y pastos en combinación con espacios naturales.
<b>3.2.3 Vegetación secundaria o en transición</b>	Comprende aquella cobertura vegetal originada por el proceso de sucesión de la vegetación natural que se presenta luego de la intervención o por la destrucción de la vegetación primaria, que puede encontrarse en recuperación tendiendo al estado original.
<b>3.2.2.1 Arbustal denso</b>	Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbustivos, los cuales forman un dosel irregular, el cual representa más de 70% del área total de la unidad.
<b>2.3.2 Pastos arbolados</b>	Cobertura que incluye las tierras cubiertas con pastos, en las cuales se han estructurado potreros con presencia de árboles de altura superior a cinco metros, distribuidos en forma dispersa.
<b>2.3.1 Pastos limpios</b>	Esta cobertura comprende las tierras ocupadas por pastos limpios con un porcentaje de cubrimiento mayor a 70%
<b>2.4.3 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales</b>	Comprende las superficies del territorio ocupadas principalmente por coberturas de cultivos y pastos en combinación con espacios naturales.

Fuente: Elaboración Propia con base en la Leyenda Corine Land Cover.

Una forma de cuantificar la variación en la estructura del paisaje para el año 2022 en el municipio de Málaga, es mediante la caracterización, se integraron las variables que permitieron obtener áreas llamadas fragmentos (Tabla 3) y conocer la relación con las áreas definidas en

ecosistemas, e índices que describen las características del paisaje. Entre estas las áreas con mayor ocupación de espacio se destacó pastos limpios, pastos arbolados y bosque fragmentado.

**Tabla 3. Categorías y cobertura terrestre en hectáreas.**

Nº	Clasificación:	Cobertura terrestre (ha)
1	3.1.3 Bosque fragmentado	746,84
2	2.4.2 Mosaicos de cultivos y pastos	541,06
3	3.2.3 Vegetación secundaria y en transición	170,12
4	3.2.2.1 Arbustal denso	10,29
5	2.3.2 Pastos arbolados	1015,48
6	3.1.4 Bosque de galería y ripario	287,11
7	2.3.1 Pastos limpios	2053,44
8	2.4.3 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	671,11

Fuente: Elaboración Propia

### Corroboración y Validación de datos

Arrojó un valor de 0,977 para la precisión general, lo que permitió medir la confiabilidad de la precisión de clasificación para el Municipio de Málaga, Santander. (Ver apéndice a)

A continuación, también se evidenció que el Mapa de Fragmentación del Municipio de Málaga, Santander en la (Figura 9), fue esencial para comprender la estructura del paisaje y evaluar cómo la presencia de fragmentación pudo afectar la conectividad entre diferentes hábitats. Al proporcionar información detallada sobre la ubicación y extensión de las áreas fragmentadas, este facilitó el análisis espacial. Se pudieron incluir la identificación de patrones espaciales (Altamirano, 2012), la cuantificación de la cantidad de fragmentación en diferentes partes del municipio y la evaluación, la relación entre la fragmentación y otros elementos del paisaje.



### 6.1.2 Factores que conducen a la fragmentación

Mediante la verificación en campo se realizó la observación del territorio, se identificaron los factores que actúan de forma antrópica y natural contribuyendo información al estudio de la fragmentación (Tabla 4). Entre estos participaron algunos procesos relacionados con la actividad humana, puesto que son el resultado de los factores que conducen a la configuración espacial del territorio. El Censo Nacional Agropecuario en su base de datos recolectó información acerca de los territorios en general, Santander, según la metodología empleada, de las características de las producciones agropecuarias del Municipio, se investigó si ellas eran predominantemente agrícolas, ganaderas, avícolas, apícolas, si se realizaban diversas actividades, o si eran mixtas (Censo Nacional Agropecuario, 2014). Se tuvo en cuenta las características y componentes del paisaje, lo que generó la dificultad en el desarrollo de actividades en la zona de estudio.

**Tabla 4. Factores que conducen a la fragmentación.**

<b>Factores que conducen a la fragmentación.</b>	<b>Proceso</b>
<b>Construcción de proyectos, construcción de carreteras, Extracciones mineras.</b>	Expansión del territorio, la frontera agrícola y ganadera.
<b>Red de drenaje.</b>	Crecimiento poblacional, movilidad de los animales.
<b>Agricultura.</b>	Transformación del hábitat.

Fuente: Elaboración Propia

En cuanto a la composición del paisaje se estudia la variedad y abundancia de fragmentos en un paisaje, como resultado se verificó aquellos cambios en el ecosistema que hicieron referencia a las funciones y procesos ecosistémicos que se resaltaron debido a la transformación del hábitat, y la configuración del paisaje que permitieron conocer la distribución espacial de los fragmentos en el paisaje y que tan conectados se encontraron uno del otro. Actualmente existen tierras

destinadas para la expansión, la agricultura, la ganadería u otros usos que generan empleo, aún con la posibilidad de perder nuestros bosques.

**Resultados de índices de Paisaje**

Las tablas a continuación muestran la variedad cuantitativa en las métricas de fragmentación ecológica de los fragmentos respectivamente.

**1) Índices de área**

El área del municipio de Málaga, Santander cuenta con 5.743,29 hectáreas. En la (Tabla 5), se muestran las diferentes coberturas que se diferenciaron por presentar tamaños diferentes, contaron en total con una extensión de 1.195,67 ha. Las posibles variaciones que se generaron en estos ecosistemas alterados indicaron que se encuentran expuestos a las condiciones externas de una matriz (Ariza, 2017) compuesta principalmente por pastos limpios es por ello que ocurre la disminución en la vegetación, este presentó la mayor área de cobertura terrestre que demostraron la proporción del paisaje con mayor resultado pastos limpios y pastos arbolados.

**Tabla 5. Métricas de Paisaje, índices de área.**

Nº	Clasificación:	Cobertura terrestre (ha)	Proporción del paisaje (m2)
1	3.1.3 Bosque fragmentado	746,84	0.13
2	2.4.2 Mosaicos de cultivos y pastos	541,06	0.09
3	3.2.3 Vegetación secundaria y en transición	170,12	0.03
4	3.2.2.1 Arbustal denso	10,29	0.002
5	2.3.2 Pastos arbolados	1015,48	0.17
6	3.1.4 Bosque de galería y ripario	287,11	0.05
7	2.3.1 Pastos limpios	2053,44	0.36
8	2.4.3 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	671,11	0.12

Nota: Incluye métricas utilizadas únicamente para índices de área. Esta tabla muestra cómo cambia la cantidad de variables de acuerdo con la cobertura asignada y por lo tanto, del paisaje.

**Número de parches o fragmentos (NUMP).**

Se destacó en las categorías tenemos bosque fragmentado, y pastos limpios que presentaron mayor número de parches por cobertura vegetal, en este orden mosaico de cultivos y pastos, y arbustal denso con menor número de parches por cobertura vegetal (Tabla 6) en el municipio, indicando que los procesos ecológicos se presentan principalmente en los bosques.

**Tabla 6. Número de parches (NUMP) por cobertura vegetal.**

Nº	Clasificación:	Índice número de parches (Nº)
1	3.1.3 Bosque fragmentado	24
2	2,3,1 Pastos limpios	24
3	2.3.2 Pastos arbolados	23
4	2.4.3 Mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales	13
5	3.2.3 Vegetación secundaria y en transición	11
6	3.1.4 Bosque de galería y ripario	9
7	2.4.2 Mosaicos de cultivos y pastos	8
8	3.2.2.1 Arbustal denso	1

**Tamaño Medio de Parche (MPS).**

Es un indicador de fragmentación. Se destacó en la (Tabla 7) las categorías de pastos limpios y mosaico de cultivos y pastos que presentaron mayor número de área media de parche por cobertura vegetal, además vegetación secundaria y en transición, y arbustal denso presentaron una menor área de parches de cobertura vegetal en el municipio. Cuando visualizamos, es notable el efecto en conjunto y se demostró resultados espaciales reconociendo el valor obtenido puesto

que ayudó a identificar la posición de los objetos en el espacio permiten reconocer el aislamiento entre ellos.

**Tabla 7. Tamaño Medio de Parche (MPS) por cobertura vegetal.**

Nº	Clasificación:	Índice área media del parche (m <sup>2</sup> )
1	2,3,1 Pastos limpios	855603
2	2,4,2 Mosaicos de cultivos y pastos	676327,5
3	2,4,3 Mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales	516245,53
4	2,3,2 Pastos arbolados	441516,52
5	3,1,4 Bosque de galería y ripario	319012
6	3,1,3 Bosque fragmentado	311184
7	3,2,3 Vegetación secundaria y en transición	154659,27
8	3,2,2,1 Arbustal denso	102924

## 2) Índices de densidad (Patch Density)

Principalmente se observó en la (Tabla 7) que se destacaron las categorías para el caso densidad del parche los valores más altos se produjeron para bosque fragmentado, y pastos limpios, en este orden mosaico de cultivos y pastos, y arbustal denso presentaron menor densidad de parche lo que hace diferencia en la influencia de los ecosistemas, este índice favoreció las condiciones de la fragmentación en la estructura del paisaje.

**Tabla 8. Densidad del parche por cobertura vegetal.**

Nº	Clasificación:	índice densidad del parche (cm <sup>3</sup> )
1	3,1,3 Bosque fragmentado	0,42
2	2,3,1 Pastos limpios	0,41
3	2,3,2 Pastos arbolados	0,4
4	2,4,3 Mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales	0,22
5	3,2,3 Vegetación secundaria y en transición	0,19

6	3,1,4 Bosque de galería y ripario	0,15
7	2,4,2 Mosaicos de cultivos y pastos	0,13
8	3,2,2,1 Arbustal denso	0,017

### Índice Densidad de Borde

Para el caso densidad del borde demostró en la (Tabla 9) que los valores más altos se produjeron en pastos limpios y bosque fragmentado, y los valores más bajos para mosaico de cultivos y pastos, y arbustal denso lo que en medida es confluente de la fragmentación en la estructura del paisaje lo que representaría alta influencia en la matriz ecológica del paisaje.

**Tabla 9. Densidad del borde por cobertura vegetal.**

Nº	Clasificación:	índice densidad de borde (m <sup>3</sup> )
1	2.3.1 Pastos limpios	0,0037
2	3.1.3 Bosque fragmentado	0,0022
3	2.3.2 Pastos arbolados	0,0022
4	3.1.4 Bosque de galería y ripario	0,0022
5	2.4.3 Mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales	0,0012
6	3.2.3 Vegetación secundaria y en transición	0,00079
7	2.4.2 Mosaicos de cultivos y pastos	0,00073
8	3.2.2.1 Arbustal denso	0,000043

### Índice Longitud de Borde

Para el caso longitud de borde se demostró en la (Tabla 10) los valores más altos se producen para pastos limpios y bosque de galería y ripario, y los más bajos para mosaico de cultivos y pastos y arbustal denso. Este índice correlaciona la matriz inmersa de pastos limpios y los recursos naturales favoreciendo en medida al bosque de galería y ripario, ya que influye en las variaciones espaciales.

**Tabla 10. Densidad del borde por cobertura vegetal.**

Nº	Clasificación	índice longitud de borde (m <sup>3</sup> )
1	2,3,1 Pastos limpios	212916
2	3,1,4 Bosque de galería y ripario	131568
3	2,3,2 Pastos arbolados	127296
4	3,1,3 Bosque fragmentado	126960
5	2,4,3 Mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales	71052
6	3,2,3 Vegetación secundaria y en transición	45372
7	2,4,2 Mosaicos de cultivos y pastos	42204
8	3,2,2,1 Arbustal denso	2460

### 3) Índices de variabilidad

#### Índice de parche más grande

Para el índice de parche más grande en la (Tabla 11) los valores más altos se produjeron en pastos limpios, mosaico de cultivos y pastos, y los más bajos para vegetación secundaria en transición y arbustal denso, indicando variabilidad en la superficie vegetal así se favorecerían las transiciones de los parches e interconexiones entre estos lo que determinaría la fragmentación de los bosques.

**Tabla 11. Índice de parche más grande.**

Nº	Clasificación:	Índice de parche más grande (m <sup>2</sup> )
1	2.3.1 Pastos limpios	13,92
2	2.4.2 Mosaicos de cultivos y pastos	7,75
3	3.1.3 Bosque fragmentado	6,7
4	2.4.3 Mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales	6,06
5	2.3.2 Pastos arbolados	3,99
6	3.1.4 Bosque de galería y ripario	2,77

7	3.2.3 Vegetación secundaria y en transición	0,85
8	3.2.2.1 Arbustal denso	0,18

### Índice de Dimensión Fractal

Se destacó el índice de dimensión fractal, porque cumple satisfactoriamente en la visualización del comportamiento en las formas estructurales que adoptan los fragmentos en el paisaje, para esto se realizó la comparación de varianza en un análisis de los métodos cuantitativos en las coberturas, una vez verificada la vegetación de las distribuciones en campo. Lo que se confirmó en la variabilidad para establecer criterios que fueron los que se reconocieron para determinar la configuración espacial del paisaje. Para el caso del índice de dimensión fractal (Tabla 12) los valores más altos se produjeron en el bosque de galería y ripario, y para vegetación secundaria y en transición, y los valores más bajos en los pastos limpios y en mosaicos de cultivos y pastos.

**Tabla 12. Índice de dimensión fractal.**

Nº	Clasificación:	Índice de dimensión fractal (m <sup>2</sup> )
1	3.1.4 Bosque de galería y ripario	1,23
2	3.2.3 Vegetación secundaria y en transición	1,14
3	2.3.2 Pastos arbolados	1,13
4	2.4.3 Mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales	1,12
5	3.2.2.1 Arbustal denso	1,11
6	3.1.3 Bosque fragmentado	1,09
7	2.3.1 Pastos limpios	1,07
8	2.4.2 Mosaicos de cultivos y pastos	1,05

### Índice de Proporción Media de Forma de Parche

Para el índice de proporción media de forma de parche (Tabla 13) los valores más altos se producen en el bosque fragmentado y en mosaicos de cultivos y pastos, y los más bajos en los mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales y arbustal denso. Lo que hace referencia a la superficie estudiada, y la forma del bosque destacado en el paisaje.

**Tabla 13. Índice de proporción media de forma de parche.**

Nº	Clasificación:	Proporción media de forma de parche (m <sup>2</sup> )
1	3,1,3 Bosque fragmentado	2,32
2	2,4,2 Mosaicos de cultivos y pastos	1,17
3	3,2,3 Vegetación secundaria y en transición	0,26
4	2,3,1 Pastos limpios	0,22
5	2,3,2 Pastos arbolados	0,2
6	3,1,4 Bosque de galería y ripario	0,14
7	2,4,3 Mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales	0,05
8	3,2,2,1 Arbustal denso	0,03

#### 4) Índices de distancia, vecindad y conectividad

##### Índice de Distancia Euclidiana Más Cercana – Vecina

Para el índice de distancia euclidiana más cercana – vecina (Tabla 14) los valores más altos se presentaron para pastos arbolados y bosques fragmentados, y los más bajos para pastos limpios y arbustal denso. En la interpretación cumplió satisfactoriamente la visualización del comportamiento estructural de fragmento en los sectores de influencia para la zona de estudio.

**Tabla 14. Índice de Distancia Euclidiana Más Cercana – Vecina.**

Nº	Clasificación:	Distancia Euclidiana Más Cercana – Vecina (m <sup>2</sup> )
1	2.3.2 Pastos arbolados	10235376
2	3.1.3 Bosque fragmentado	7467300

3	2.4.3 Mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales	6711588
4	2.4.2 Mosaicos de cultivos y pastos	5411304
5	3.1.4 Bosque de galería y ripario	2872476
6	3.2.3 Vegetación secundaria y en transición	1801404
7	2.3.1 Pastos limpios	37440
8	3.2.2.1 Arbustal denso	36

### Índice de Adyacencias Similares

Para el caso del índice de adyacencias similares (Tabla 15), los valores más altos se presentaron en el mosaico de cultivos y pastos y en pastos limpios, y los más bajos en la vegetación secundaria y en transición y en el bosque de galería y ripario. Descrito como índice de homogeneidad (Matteucci, 1998), este influyó en la proximidad o continuidad de los fragmentos, en relación con las otras clases.

**Tabla 15. Índice de adyacencias.**

Nº	Clasificación:	Índice de adyacencias (m <sup>2</sup> )
1	2,4,2 Mosaicos de cultivos y pastos	0,977
2	2,3,1 Pastos limpios	0,969
3	2,4,3 Mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales	0,969
4	2,3,2 Pastos arbolados	0,963
5	3,1,3 Bosque fragmentado	0,95
6	3,2,2,1 Arbustal denso	0,931
7	3,2,3 Vegetación secundaria y en transición	0,923
8	3,1,4 Bosque de galería y ripario	0,871

### Índice de Cohesión del Parche

El índice de cohesión de parche (Tabla 16) se incrementó a medida que aumenta la proporción de la clase o de los fragmentos, indican satisfactoriamente el valor del bosque

fragmentado para que este obtuviera un efecto positivo de reunirse o adherirse entre sí de un parche distinto, determinando la configuración espacial del paisaje. Para el caso los valores más altos se produjeron para pastos limpios y mosaico de cultivos y pastos, y los más bajos para vegetación secundaria en transición y arbustal denso.

**Tabla 16. Índice de Cohesión del parche.**

Nº	Clasificación:	índice de cohesión del parche (m <sup>2</sup> )
1	2,3,1 Pastos limpios	99,671
2	2,4,2 Mosaicos de cultivos y pastos	99,61
3	3,1,3 Bosque fragmentado	99,54
4	2,4,3 Mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales	99,508
5	2,3,2 Pastos arbolados	99,38
6	3,1,4 Bosque de galería y ripario	99,28
7	3,2,3 Vegetación secundaria y en transición	98,84
8	3,2,2,1 Arbustal denso	98,06

### Índice de División del Paisaje

Se obtuvo que la medida de subdivisión de una clase en muchos parches, influyó en la estructuración del paisaje, indican que sea alta la probabilidad espacial y para la aplicación de la metodología. El índice de división del paisaje (Tabla 17), los valores más altos se produjeron en bosque de galería y ripario y en la vegetación secundaria en transición, y los más bajos en los mosaicos de cultivos y pastos y pastos limpios. Se obtuvieron valores que cumplieron satisfactoriamente ya que influye en el drenaje para la continuidad de los fragmentos seleccionados que presentaron mayores áreas.

**Tabla 17. Índice de División del paisaje.**

Nº	Clasificación:	División del paisaje (m <sup>2</sup> )
1	3,1,4 Bosque de galería y ripario	0,999
2	3,2,3 Vegetación secundaria y en transición	0,999
3	3,2,2,1 Arbustal denso	0,999
4	2,3,2 Pastos arbolados	0,995
5	2,4,3 Mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales	0,995
6	3,1,3 Bosque fragmentado	0,994
7	2,4,2 Mosaicos de cultivos y pastos	0,993
8	2,3,1 Pastos limpios	0,966

### Índice de Tamaño Efectivo de Malla

Para el caso del índice de tamaño efectivo de malla (Tabla 18), los valores más altos se presentaron en pastos limpios y mosaico de cultivos y pastos, y los más bajos en vegetación secundaria en transición y arbustal denso. Este se correlacionó con aquellas áreas que son medidas para la continuidad de los fragmentos que se encontraron inmersos en la matriz. Los valores son positivos para reducir la fragmentación y permiten una aproximación de la realidad en los bosques.

**Tabla 18. Índice de Tamaño de Malla Efectivo.**

Nº	Clasificación:	Tamaño de Malla Efectivo (m <sup>2</sup> )
1	2,3,1 Pastos limpios	1900207,57
2	2,4,2 Mosaicos de cultivos y pastos	354498,86
3	3,1,3 Bosque fragmentado	332383,94
4	2,4,3 Mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales	262888,43
5	2,3,2 Pastos arbolados	238287,62
6	3,1,4 Bosque de galería y ripario	49228,57
7	3,2,3 Vegetación secundaria y en transición	9730,29
8	3,2,2,1 Arbustal denso	184,73

### Índices de Diversidad

**Índice de Shanon (H')**: Este índice demostró en la (Tabla 19) que los valores fueron altos a nivel de diversidad ecológica, en medida se relacionan con los fragmentos, lo que fue un resultado positivo para el estudio.

**Índice de Equitatividad (J')**: Este índice en la (Tabla 19) cuantifica el riesgo por el número de categorías que es capaz de soportar cada clase o fragmento. Para el caso de la equitatividad los valores fueron positivos, puesto que se interpretó que las categorías comparten abundancias similares del espacio medido en el territorio.

**Índice de Simpson (d)**: Este índice (Tabla 19) para el caso actual los valores fueron positivos. Demostrando que la probabilidad ecológica del paisaje, y la variación en la estructura del paisaje, y de sus fragmentos fue dominante con un valor alto para la zona de estudio.

**Tabla 19. Índices de Diversidad.**

Métrica	Valor
DIV_SHANON	1,83
DIV_EQUITATIVIDAD	0,73
DIV_SIMPSON	0,79

Para el bosque fragmentado, los índices de área fueron importantes para resaltar el área ocupada, contó con una extensión de 746,84 hectáreas, su proporción del paisaje es de 0,13 m<sup>2</sup>, se destaca el número de parches es 24 es utilizado como información general para la medición de índices, indicando su importancia en la transformación de la cobertura forestal, lo que a su vez indicó la división de la fragmentación, el área media de parche es de 0.031 hectáreas lo cual nos indicó la fragmentación y que tan aislados se encontraban uno del otro.

Los índices de densidad, demostraron la heterogeneidad del paisaje en el espacio dependiendo de la proporción entre los polígonos y áreas de unidad total de la cobertura terrestre, se estimaron valores de densidad de parche para el bosque fragmentado de 0,0042 cm<sup>2</sup>, la densidad de borde es de 0,0022 m<sup>2</sup>, y la longitud de borde siendo de 1.269,6 hectáreas. Presentaron un mayor efecto de borde, ya que favorecería la dispersión de los organismos, entre parches, y las interacciones entre especies, la colonización de estas. Mientras que los índices de variabilidad, se encontró el índice de parche más grande con un valor de 6,70 m<sup>2</sup>, para el índice de dimensión fractal presentan un valor de 1,09 m<sup>2</sup>, definió una geometría que tiende a replicarse a distintas escalas de observación. El índice de proporción media de forma de parche 2,32 m<sup>2</sup> el valor más alto para bosque fragmentado demostró resultado positivo para la conectividad ecológica con los demás fragmentos al estudio. Para los índices de distancia, vecindad y conectividad se destacó el índice de distancia euclidiana más cercana o vecina presentando un valor de 746,73 hectáreas, a medida que los ecosistemas se fragmentan y los parches se vuelven más distantes entre sí, el grado de aislamiento de los parches cambia, se interpretó como un reflejo de la comunicación existente.

El índice de adyacencias fue descrito como índice de homogeneidad, para los bosques fragmentados presenta un valor de 0,950 m<sup>2</sup>. El índice de cohesión del parche midió la conectividad física entre parches, midió la proporción de las clases, presenta un valor de 99,54 m<sup>2</sup>. El índice de división del paisaje midió el grado de subdivisión de una clase en muchos parches fue influido por la cantidad y tamaño de los parches, se basó en la proporción de cada parche en relación con el área total, presentaron un valor de 0,994 m<sup>2</sup>. El índice de tamaño de malla efectivo para bosques fragmentados presenta un valor de 3.323,83 hectáreas, este índice correlacionó perfecta e inversamente el área ocupada para los bosques.

### ***6.1.3 Propuesta conectividad ecológica***

En esta propuesta se identificaron áreas de conectividad ecológica principalmente aquellas que cumplen con los lineamientos, estas hacen parte de las categorías de la cobertura vegetal, entre estas se encuentra bosque fragmentado, arbustal denso, bosque de galería ripario, mosaico de cultivos y pastos, vegetación secundaria en transición. En relación con los corredores, se destacó que desempeñan un papel fundamental para permitir la interconexión entre los distintos fragmentos (Subirós, 2006), al reducir el denominado efecto distancia que determinará la presencia de un menor número de especies en los fragmentos más aislados.

Se propusieron que 20 fragmentos representados en el mapa de conectividad ecológica (Figura 10) definidos cada uno de ellos como coberturas vegetales, que oscilan entre 0,1 ha y 366,955 ha. Con base en los criterios de (tamaño, forma, y área), entre estos 24 conectores que cumplieran los lineamientos requeridos (Tabla 1). Finalmente, en su totalidad los fragmentos en conjunto cubrieron una superficie de 1.195,67 ha en el municipio, que atraviesan una matriz (Etter, 1991) de pastos limpios que influyen en la conexión permitiendo la continuidad de los fragmentos.

Para observar el comportamiento de la vegetación para el año 2022 se trató de implementar los corredores biológicos, en conjunto con los conectores propuestos que facilitan el acceso a los fragmentos. Se buscó el equilibrio entre las vías o carreteras y la red de drenaje, para así poder mejorar la conectividad de relictos boscosos o de los bosques fragmentados.

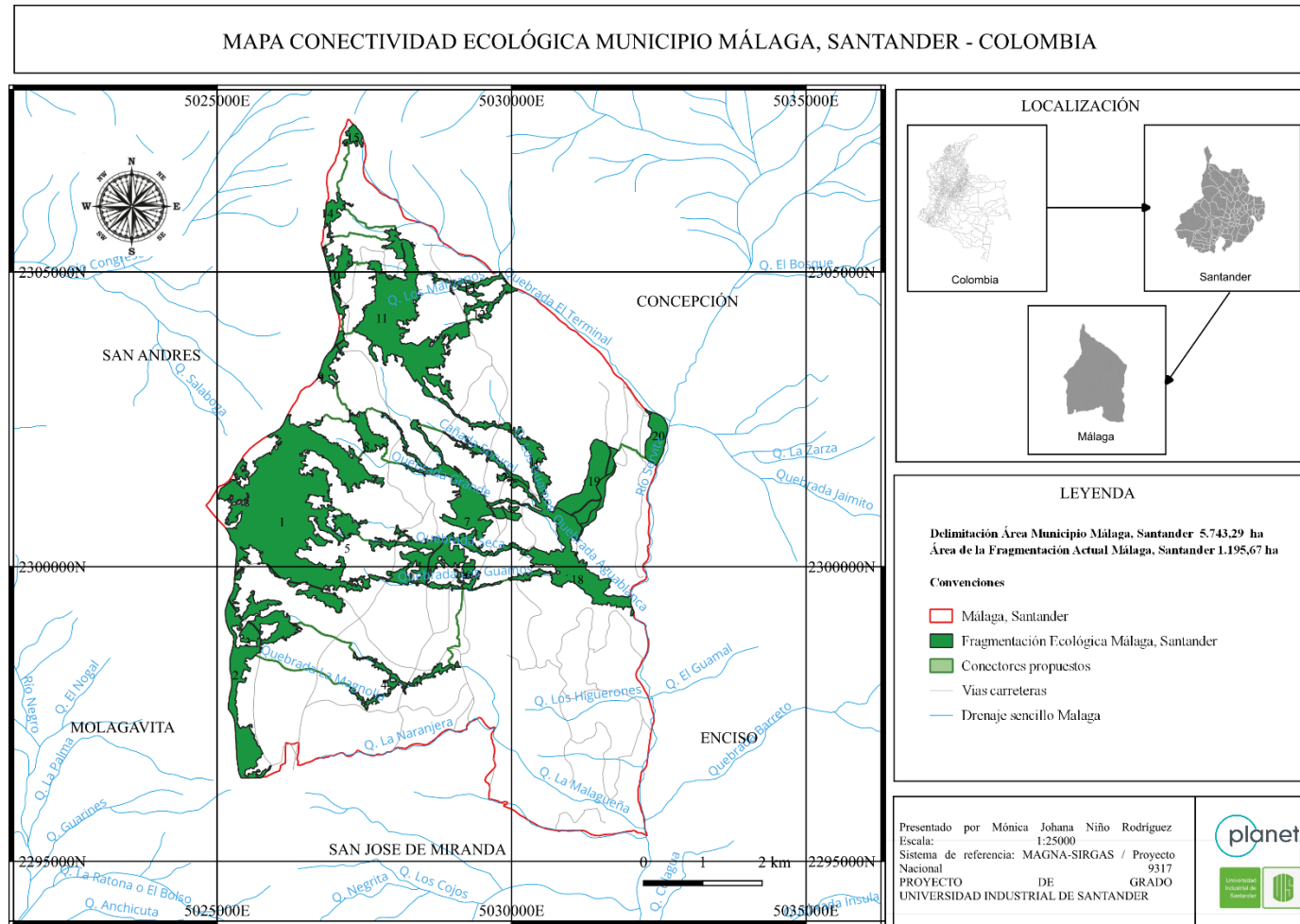
En la creación de la propuesta esta es estructurada en temas de recursos naturales, las vías son lo que nos haría avanzar al progreso y desarrollo de la región. Destacando que estas se encuentran aisladas de los fragmentos, y permitirían dirigir los recursos para modificar el recurso natural, entonces se concentraron donde hay vías y drenajes. Estos son condicionados para avanzar

el proceso de desarrollo y mitigar el problema que presenta el municipio, en este caso la comunicación asertiva requiere la parte social para coordinar y articular proyectos en espacios naturales que ayudan a enfocarnos en el tema de actualización del sector forestal.

En observación con las visitas se logra ver el bosque de galería y ripario, a sus alrededores presentó vegetación que son fuente de diversidad arbórea y fauna silvestre en el territorio.

Actualmente, por ejemplo, esta sección del paisaje que conectó el drenaje *la quebrada los guamos*, muy importante puesto que conectaron diferentes fragmentos de vegetación o coberturas terrestres, son en este caso la matriz de pastos limpios que conectaron con el bosque de galería y ripario y este fue asociado a la vegetación secundaria en transición, y a los pastos arbolados. Se observó la división existente por las carreteras y la vegetación, lo que fue importante para la funcionalidad de los corredores en este espacio para la conservación del paisaje, y de los bosques fragmentados; lo que tuvo un efecto positivo en la estructura del paisaje, estos fueron de forma alargada y angosta, y su dirección es encaminada hacia la red de drenaje, favoreciendo los relictos de bosque vecinos más cercanos. En el sentido susceptible que se le atribuyó a la *Quebrada grande* se ubicarían las franjas de árboles continuas por ejemplo que conforman las cercas vivas que podrían remplazar los corredores ecológicos y el aumento de los bosques en este caso para la conservación de la estructura de paisaje.

**Figura 9. Mapa de Conectividad Ecológica para el Municipio Málaga, Santander.**



Se obtuvieron 20 fragmentos que conectaron específicamente con 24 conectores propuestos que cumplieron con los lineamientos establecidos con el mapa de conectividad ecológica (Figura 10), estos fueron evaluados con un rango de 1 a 3 respectivamente como se demostró en la (Tabla 20), haciendo énfasis en el tamaño de los fragmentos, es decir, al área medida en hectáreas y la densidad, lo que representa la dificultad del desplazamiento de la vegetación, demostrando que estos mantendrían la comunicación entre fragmentos.

**Tabla 20. Resultados valoración de los lineamientos establecidos.**

Nº	Área (ha)	Valoración
1	366.955	1
2	178.27	1
3	95.575	1
4	89.685	1
5	73.84	1
6	40.825	1
7	31.597	1
8	23.454	1
9	21.801	1
10	20.801	1
11	19.128	2
12	15.382	2
13	13.486	2
14	13.034	2
15	12.706	2
16	11.473	2
17	10.424	2
18	9.443	3
19	8.327	3
20	7.189	3

Los diferentes niveles de fragmentación demostrarían a nivel de territorio una medida de intervención, y el efecto evaluado de éstas áreas, es por ello que se atribuyó a la conservación de los recursos naturales que condujeron a desarrollar técnicas o formulas a fin de abordar la

situación actual. Según corresponde a las áreas se identificaron aquellos rasgos ambientales que concuerdan con la evolución de estos. Se podrían producir patrones espaciales predecibles, y mensurables para determinar la comunicación de los fragmentos con cobertura forestal y vegetal, a través de conectores en las áreas seleccionadas que fueron evaluados con atributos ecológicos de importancia para el municipio.

En la propuesta se consideraron sectores estratégicos en el tema de ubicación de los recursos naturales, estos ayudarían para la gestión de proyectos agrícolas o proyectos de inversión social que dan respuesta a la comunidad mitigando problemas de riesgos como medida a puntos críticos como los ríos o quebradas que traen como consecuencia daños o transiciones muy difíciles. La fragmentación en la estructura del paisaje demostró que tuvo un buen potencial de la biodiversidad, de forma que las características y la configuración espacial de la matriz del paisaje fueron factores determinantes de la conectividad funcional (Gurutxaga, 2003), se estimaría el área de los fragmentos de bosque, bajo condiciones para la observación a largo plazo con los drenajes del municipio de Málaga, Santander.

Las razones por las que rasgos en la vegetación afectan la viabilidad de la conservación de los bosques, como la supervivencia entre las especies de árboles son variadas, son que influyen en la proliferación arbórea, y en el estudio de las características estructurales diseñadas, y que deberían servir como modelos ecológicos para futuras investigaciones.

## 5. Discusión

Los resultados respecto a la generación de un gradiente de exactitud de clasificación fueron consistentes con otros estudios que reportan medidas de confiabilidad de los datos satelitales (Altamirano, 2012), en este estudio la confiabilidad para la validación de los datos es de un 0.977. La clasificación de la cobertura terrestre se restringe con respecto a las diferentes categorías, fueron altamente diferentes, lo que implica el interés de las clases con exactitud.

La selección de la escala de estudio es clave en los estudios del paisaje, ya que las variaciones espaciales pudieron detectarse según la escala de observación (Palacin, 2007). En este estudio la escala seleccionada ha sido de 1:25000, se logró identificar información de la vegetación existente en el territorio gracias al detalle de las imágenes satelitales, igualmente que la agregación de los píxeles vecinos. Las imágenes satelitales se han convertido en uno de los insumos más importantes en estudios de ecología del paisaje y fragmentación del hábitat utilizando índices de paisaje (Altamirano, 2012), en el estudio fueron utilizados para evaluar la fragmentación actual del municipio.

El bosque fragmentado del área de estudio se encuentra inmerso en una matriz dominante de matorrales, este tipo de cobertura separó los bosques pudiendo actuar como barrera para los bosques asociados a estos ecosistemas (Gurutxaga, 2003), en consideración es importante la estimación del área, y los demás valores exactos en la observación de la configuración espacial para poder determinar la biodiversidad del paisaje.

En su investigación (Colorado et al., 2017), realizó la construcción de redes ecológicas de conectividad como una herramienta ampliamente usada para la planeación en ciudades y áreas perturbadas, que permitió la integración de la ecología del paisaje en la planeación del

ordenamiento territorial. En los resultados obtenidos del estudio, se evidenció una variabilidad fuertemente positiva en la estructura del paisaje, mediante el análisis de las características estructurales y las métricas de fragmentación, con este criterio se pretendió incluir el espacio físico que ocupa el Municipio e integrar los tipos de vegetación presentes y que fueron transformados a medida de lo largo del tiempo para el año 2022. Las franjas de relictos boscosos y cercas vivas en este caso podría influir en el acceso hacía los bosques, lo que en realidad son áreas que carecen de diversidad. Aunque existieron otras formas de gestionar los bosques de forma sostenible, por ejemplo, con espacios naturales forestales. Actuando así, procesos en la superficie terrestre que conducen a la fragmentación de los bosques en la zona de estudio. Para finalizar, el estudio del planteamiento del modelo de conectividad es orientada hacia la conservación y protección de los bosques, mediante conectores sencillos que se comunicaron desde sus extremos con el fin de integrar la red de drenaje, y/o carreteras a los fragmentos, favoreciendo las conexiones entre estos, y al desarrollo territorial del municipio de Málaga, Santander.

## 6. Conclusiones

Este estudio demostró las diferentes coberturas vegetales presentes en el territorio, llamados fragmentos, que constituyeron ecosistemas alterados, en conjunto se refieren a la estructura del paisaje. La investigación permitió conocer la evolución del territorio para el año 2022, e interpretar el estado actual de la fragmentación en el Municipio de Málaga, Santander. Gracias al empleo de imágenes de sensores remotos de la plataforma PlanetScope, se logró caracterizar la estructura del paisaje, encontrando que la mayor área en pastos limpios, es decir, la matriz inmersa en la vegetación, y en cuanto a la fragmentación del paisaje, se observó que tiene más incidencia en el Nororiente del municipio. Este estudio demuestra la caracterización de la estructura del paisaje, y sus fragmentos, constituyeron ecosistemas alterados.

Presentaron gran diversidad en cuanto al área, al tamaño, a la forma, al aislamiento y al tipo de matriz. Con la medición de la cobertura forestal se observó un mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales, de las diferentes coberturas vegetales en la superficie terrestre, considerando que fueron áreas fundamentales para gestionar el desarrollo sostenible de los bosques y con la aplicación de herramientas en innovación se logró interpretar en el territorio, la aparición de nuevos fragmentos reflejarían la utilidad de este, para conocer datos importantes como la pérdida de hábitat, disminución de la cobertura boscosa y heterogeneidad espacial. Los resultados obtenidos representaron la evidencia cuantitativa de la variación de los valores en las métricas de paisaje, fundamentales para conocer el comportamiento de las variables encontradas en el área de estudio. Los bosques fragmentados se ven afectados por las actividades de desarrollo socioeconómico en la región, la implementación de proyectos se integran en el campo de actividades, procesos y valoración de la fragmentación conllevan a la conservación de los bosques.

## 7. Recomendaciones

- Emplear este estudio para la valoración de la estructura del paisaje, para ampliar la información al conocimiento científico, y de los recursos naturales en el municipio de Málaga, Santander.
- Implementar estrategias tanto a escala local para conectar fragmentos aislados dentro de un paisaje, como a escala regional pretendiendo conectar grandes regiones.
- Implementar el modelo de conectividad como resultado eficaz y eficiente de una aproximación de la realidad en el Municipio de Málaga, Santander, bajo ciertas técnicas forestales como es conservar los árboles más grandes, ayudando a promover el crecimiento de los bosques para su conservación.
- Para reducir los efectos negativos, la comunidad debe emprender acciones para mejorar su territorio, por ejemplo, albergar aves nativas, fauna silvestre, vegetación nativa, y otros servicios.

## 8. Referencias Bibliográficas

- Agropecuario, C. N. (2014). *Censo Nacional Agropecuario*. Obtenido de Censo Nacional Agropecuario: <https://www.dane.gov.co/files/CensoAgropecuario/entrega-definitiva/Boletin-6-Infraestructura/6-Boletin.pdf>
- Alcaldía Municipal de Malaga, S. (26 de Febrero de 2016). *Alcaldía Municipal de Malaga, Santander*. Obtenido de Alcaldía Municipal de Malaga, Santander: <https://www.malaga-santander.gov.co/normatividad/acuerdo-eot>
- Altamirano, A., Miranda, A., & Jiménez, C. (2012). Incertidumbre de los índices de paisaje en el análisis de la estructura espacial. *Bosque (Valdivia)*, 33(2), 171-181.
- Ariza, A. (2017). Análisis de los cambios en la estructura del paisaje por incendios forestales mediante teledetección. *Dialnet*. Recuperado el 23 de Noviembre de 2023, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=252456>
- Bizama, G., Torrejón, F., Aguayo, M., Muñoz, M. D., Echeverría, C., & Urrutia, R. (2011). Pérdida y fragmentación del bosque nativo en la cuenca del río Aysén (Patagonia-Chile) durante el siglo XX. *Revista de Geografía Norte Grande*, (49), 125-138.
- Bocco, G. (2003). Carl Troll y la ecología del paisaje. (68), 69 - 70. Recuperado el 23 de Noviembre de 2023, de <https://www.redalyc.org/pdf/539/53906807.pdf>
- Cárdenas, G., Harvey, C., Ibrahim, M., & Finegan, B. (Enero de 2004). Diversidad y Riqueza de Aves en Diferentes Habitats en un Paisaje Fragmentado en Cañas, Costa Rica. Recuperado el 28 de Noviembre de 2023, de [https://www.researchgate.net/publication/238690597\\_DIVERSIDAD\\_Y\\_RIQUEZA\\_DE\\_AVES\\_EN\\_DIFERENTES\\_HABITATS\\_EN\\_UN\\_PAISAJE\\_FRAGMENTADO\\_EN\\_CANAS\\_COSTA\\_RICA](https://www.researchgate.net/publication/238690597_DIVERSIDAD_Y_RIQUEZA_DE_AVES_EN_DIFERENTES_HABITATS_EN_UN_PAISAJE_FRAGMENTADO_EN_CANAS_COSTA_RICA)
- Colorado, G., Vasquez, J., & Mazo, I. (23 de Agosto de 2017). Modelo de Conectividad Ecológica de Fragmentos de Bosque Andino en Santa Elena (Medellin - Colombia). 22(3), 379 - 393. Recuperado el 23 de Noviembre de 2023, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=319053257010>
- Colorado, G., Vásquez, J., & Mazo, I. (2017). Modelo de conectividad ecológica de fragmentos de bosque andino en Santa Elena (Medellín, Colombia). *Dialnet*, 22(3), 379 - 393. Recuperado el 27 de Noviembre de 2023, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6131087>
- Correa, C., Mendoza, M., & López, E. (Diciembre de 2014). Análisis del cambio en la conectividad estructural del paisaje (1975-2008) de la cuenca del lago Cuitzeo, Michoacán, México. *Revista de geografía Norte Grande*, 59. Recuperado el 22 de Noviembre de 2023, de [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-34022014000300002](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34022014000300002)
- Díaz, F., Schmitz, M., Aranzabal, I., Hernández, S., Bautista, C., & Aguilera, P. (2010). Conectividad ecológica horizontal y vertical. (O. A. (MARM), Ed.) Recuperado el 23 de Noviembre de 2023, de <https://docta.ucm.es/entities/publication/f912c6eb-ec4f-4ce4-84de-59ed26c83f02>
- Duarte, J. (2018). *Patrimonio Arquitectónico de Malaga Santander un Caso Obligado por Atender*. Tesis especialización. Recuperado el 28 de Noviembre de 2023, de

- <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/18596/20993955.pdf?isAllowed=y&sequence=3>
- Etter, A. (Octubre de 1991). INTRODUCCIÓN A LA ECOLOGÍA DEL PAISAJE: Un Marco de Integración para los Levantamientos Ecológicos. Recuperado el 22 de Noviembre de 2023, de [https://www.researchgate.net/publication/266391069\\_INTRODUCCION\\_A\\_LA\\_ECOLOGIA\\_DEL\\_PAISAJE\\_Un\\_Marco\\_de\\_Integracion\\_para\\_los\\_Levantamientos\\_Ecologicos](https://www.researchgate.net/publication/266391069_INTRODUCCION_A_LA_ECOLOGIA_DEL_PAISAJE_Un_Marco_de_Integracion_para_los_Levantamientos_Ecologicos)
- Figuera, T. (2006). Paisaje natural, paisaje humanizado o simplemente paisaje. *Revista Geográfica Venezolana*, 7(1), 113 - 118. Recuperado el 23 de Noviembre de 2023, de <https://www.redalyc.org/pdf/3477/347730363007.pdf>
- García, M., López, J., & Ramirez, M. (Enero de 2015). Proyecto “Dinámica de la regeneración natural de un bosque tropical como fundamento para el desarrollo de estrategias de restauración ecológica en la Reserva de Biosfera Maya”. Recuperado el 27 de Noviembre de 2023, de <https://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/cultura/INF-2014-15.pdf>
- Garcés-Restrepo, M. F., & Saavedra-Rodríguez, C. A. (2013). Densidad de ardilla roja (*Sciurus granatensis*) en hábitats con diferentes coberturas vegetales en los Andes de Colombia. *Mastozoología neotropical*, 20(2), 381-386.
- Hernández, P., Giménez, A. M., & Gerez, R. (2008). Situación actual de la biodiversidad vegetal en el interfluvio Salado-Dulce, Santiago del Estero, Argentina. *Quebracho-Revista de Ciencias Forestales*, (16), 20-31.
- IDEAM. (2010). Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover Adaptada para Colombia. Recuperado el 22 de Noviembre de 2023
- IDEAM (2023). ALERTAS TEMPRANAS POR DEFORESTACION AT-D, Boletín Reporte Regional III Trimestre 2023.
- LaPoint, S., Balkenhol, N., Hale, J., Sadler, J., & van, R. (2015). Ecological connectivity research in urban areas. 868 - 878. Recuperado el 23 de Noviembre de 2023, de <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/1365-2435.12489>
- Linares, R. (2020). Lineamientos y guía para la Ordenación Forestal en Colombia. Recuperado el 28 de Noviembre de 2023, de <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/03/Lineamientos-y-guia-para-la-ordenacion-forestal-en-Colombia.pdf>
- Lopez, F. (Enero de 2004). Estructura y función en bordes de bosques. *Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente*, 67 - 77. Recuperado el 22 de Noviembre de 2023, de <https://core.ac.uk/download/pdf/16362127.pdf>
- Luque, M., Perez, Y., Rodriguez, Y., & Jimenez, C. (2 de Septiembre de 2019). Análisis del proceso de fragmentación de bosques: metodologías orientadas en el uso de sistemas de información geográfica y métricas del paisaje. *Revista Ciencias Agropecuarias*. Recuperado el 23 de Noviembre de 2023, de [https://revistas.ucundinamarca.edu.co/index.php/Ciencias\\_agropecuarias/article/view/193](https://revistas.ucundinamarca.edu.co/index.php/Ciencias_agropecuarias/article/view/193)
- Marquina, J., & Mogollon, A. (15 de Julio de 2017). Niveles y escalas de levantamiento de información geográfica en sensores remotos. Recuperado el 23 de Noviembre de 2023, de <https://www.redalyc.org/journal/3477/347760307004/>

- Martín, J., Prohom, M., Bohigas, M., Peña, J., Esteban, P., & Montserrat, D. (2001). Índices de Irregularidad Temporal y Dimensión Fractal de la Precipitación Anual en España. Recuperado el 27 de Noviembre de 2023, de <https://core.ac.uk/download/pdf/217353836.pdf>
- Mas, J. F., & Correa Sandoval, J. (2000). Análisis de la fragmentación del paisaje en el área protegida " Los Petenes", Campeche, México. *Investigaciones geográficas*, (43), 42-59.
- Matteucci, S. (Enero de 1998). La Cuantificación de la Estructura del Paisaje. 271 - 291. Recuperado el 5 de Diciembre de 2023, de [https://www.researchgate.net/publication/269222407\\_LA\\_CUANTIFICACION\\_DE\\_LA\\_ESTRUCTURA\\_DEL\\_PAISAJE](https://www.researchgate.net/publication/269222407_LA_CUANTIFICACION_DE_LA_ESTRUCTURA_DEL_PAISAJE)
- Medina, E., & Aldana, O. (2019). Análisis comparativo de las zonificaciones climáticas de Caldas-Lang y Holdridge, con la zonificación del clima edáfico del estudio semidetallado de suelos, en la cuenca del río Cauca, departamento del Valle del Cauca (Doctoral dissertation).
- Morláns, M. (s.f.). Estructura del Paisaje ( Matriz, Parches, Bordes, Corredores) sus Funciones Fragmentación del Habitat y su Efecto Borde. Recuperado el 22 de Noviembre de 2023, de <http://www.editorial.unca.edu.ar/Publicacione%20on%20line/Ecologia/imagenes/pdf/004-estructuradepaisaje.pdf>
- Palacín, P. C. (2007). Actividad económica y desarrollo sustentable. *Revista de la Cátedra Unesco sobre desarrollo sostenible* enero 2007, 3.
- Pintó, J. (2007). Paisaje, Procesos De Fragmentación y Redes Ecológicas: Aproximación Conceptual. Recuperado el 23 de Noviembre de 2023, de [https://www.academia.edu/62059953/Paisaje\\_Procesos\\_De\\_Fragmentaci%C3%B3n\\_y\\_Red\\_Ecol%C3%B3gicas\\_Aproximaci%C3%B3n\\_Conceptual](https://www.academia.edu/62059953/Paisaje_Procesos_De_Fragmentaci%C3%B3n_y_Red_Ecol%C3%B3gicas_Aproximaci%C3%B3n_Conceptual)
- Ramírez, M., & Sánchez, J. (2017). Diagnóstico de la degradación de la cobertura vegetal en la variación del balance hídrico en la cuenca media del río Guatapurí.
- Rodríguez-Echeverry, J., & Leiton, M. (2021). Pérdida y fragmentación de ecosistemas boscosos nativos y su influencia en la diversidad de hábitats en el hotspot Andes tropicales. *Revista mexicana de biodiversidad*, 92.
- Vaca Sierra, M. C. (2018). Dinámicas de uso de la tierra y fragmentación ecosistémica en la cordillera oriental de la provincia del Carchi (Bachelor's thesis).
- Sanabria, M., & Vera, V. (2023). Analisis de la fragmentacion del paisaje como herramienta de conservacion del area natural denominada "reserva natural de las aves hormiguero de torcoroma" municipio de ocaña, norte de santander, colombia (doctoral dissertation). Recuperado el 22 de Noviembre de 2023, de <https://bibliotecadigital.oducal.com/Record/ir-11634-48628/Details>
- San Vicente, M. G., & Valencia, P. J. L. (2008). Ecología del Paisaje. Un marco para el estudio integrado de la dinámica territorial y su incidencia en la vida silvestre. *Estudios geográficos*, 69(265), 519-543.
- Sierra, S., & Veloza, Y. (2019). *Caracterización Florística y Georreferenciación de los Afloramientos Hidricos Comprendidos en las Veredas de la Parte Media del Municipio de Malaga, Santander, Colombia*. Tesis de Grado, Univeridad Industrial de Santander,

- Santander, Malaga. Recuperado el 28 de Noviembre de 2023, de <https://noesis.uis.edu.co/server/api/core/bitstreams/8557da1d-a2dd-4a17-b3fa-b31340931666/content>
- Slattery, Z., & Fenner, R. (16 de Marzo de 2021). Spatial Analysis of the Drivers, Characteristics, and Effects of Forest Fragmentation. Recuperado el 23 de Noviembre de 2023, de <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/6/3246>
- Subirós, J. (Noviembre de 2006). Conceptos y métodos fundamentales en ecología del paisaje (landscape ecology). Una interpretación desde la geografía1. 151 - 166. Recuperado el 22 de Noviembre de 2023, de <https://core.ac.uk/download/pdf/39020511.pdf>
- Tamayo, M. (2004). *El Proceso de la Investigación Científica*. Limusa S.A. Obtenido de [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=BhymmEqkJwC&oi=fnd&pg=PA13&dq=La+investigaci%C3%B3n+es+una+fuelle+de+vida+que+abarca+todas+las+%C3%A1reas+del+conocimiento+que+permite+estudiar+diversos+aspectos+\(social,+cultural,+tecnol%C3%B3gico,+econ%C3%B3mico](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=BhymmEqkJwC&oi=fnd&pg=PA13&dq=La+investigaci%C3%B3n+es+una+fuelle+de+vida+que+abarca+todas+las+%C3%A1reas+del+conocimiento+que+permite+estudiar+diversos+aspectos+(social,+cultural,+tecnol%C3%B3gico,+econ%C3%B3mico)
- Taveira, G., Beboulaz, R., Ramos, M., Lagos, X., Bergamino, L., & Inda, H. (2022). Evaluación de la fragmentación del paisaje en la cuenca de la laguna costera Garzón, Uruguay. *Innotec*, (23).
- Troll, C. (2003). Ecología del paisaje. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*(68), 71 - 84. Recuperado el 22 de Noviembre de 2023, de <https://www.redalyc.org/pdf/539/53906808.pdf>
- Velásquez, P. (2017). Caracterización de la Estructura del Paisaje y su Estado de Conservación en las Cuencas de Cabecera de Medellín. Recuperado el 28 de Noviembre de 2023, de <https://bibliotecadigital.usb.edu.co/server/api/core/bitstreams/e4d9d5a8-3aba-4310-98ccb28b85af422b/content>
- Verano, P. (28 de Mayo de 2019). Caracterización de huertas urbanas de Techotiva (localidad de Kennedy) : una apuesta territorial . Recuperado el 28 de noviembre de 2023, de <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/45447>

Apéndices

Apéndice a. Matriz de Acatama de errores:

	1 (Bo squ e den so)	2 o de culti vos y past os)	3 (Vege taci n n 3 saic n	4 (Ar bust al dens o)	5 (Pa sto s)	6 (Zo urb ana )	7 (Aflor o rocoso )	8 (Bo squ e de gal ería y ripa rio )	9 (Cu erp de agu a)	10 (Zona s de extra cci n 3 miner a y esco mbrer as)	11 (Mo saic o de culti vos )	Use T acc urac y al	Total class area (m <sup>2</sup> )	Wi
1	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	1737 9126. 0	0.3 030 5
2	0	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	1116 2124. 0	0.1 946 4
3	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1801 440.0	0.0 314 1
4	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3	1434 303.0	0.0 250 1
5	2	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	42	0.9 523 1096. 0	0.3 393 6
6	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	5	2096 568.0	0.0 365 6

CARACTERIZACIÓN DEL PAISAJE Y FRAGMENTACIÓN EN EL MUNICIPIO DE

MÁLAGA, SANTANDER.

70

															7803	136	0.0
7	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2	0.5	99.0	1		
															3131	546	0.0
8	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	7	1.0	595.0	1		
															3970	006	0.0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1.0	8.0	9		
															2965	005	0.0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1.0	5.0	2		
															3096	005	0.0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1.0	0.0	4		
															5734		
tota												12		6974.			
1	39	24	4	3	40	6	1	7	1	1	1	7		0			
Pro																	
duc																	
er																	
acc	0.9					0.8											
urac	493					430											
y	8	1.0	1.0	1.0	1.0	9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0					





**Apéndice D. Matriz de Acatama Productora:**

Validation											
1	2 (Mos aico de que dens o)	3 (Vegeta ciÃ³n secunda ria y en transici Ã³n)	4 (Arbu stal denso )	5 (Pas tos)	6 (Zon a urba na)	7 (Aflora miento rocoso)	8 (Bos que de galer ia y ripar io)	9 (Cuer pos de agua )	10 (Zonas de extracci Ã³n minera y escomb reras)	11 (Mos aico de cultiv os)	Wi
0.30	305	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.30
0.194	64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.19
0.03	-	0.03141	-	-	-	-	-	-	-	-	0.03
0.02	-	-	0.025	01	-	-	-	-	-	-	0.02
0.33	616	-	-	-	0.32	32	-	-	-	-	0.33
0.03	-	-	-	-	0.03	656	-	-	-	-	0.03
0.01	-	-	-	-	0.00	68	0.0068	-	-	-	0.01
0.05	-	-	-	-	-	-	-	0.05	461	-	0.05
0.00	-	-	-	-	-	-	-	0.000	69	-	0.00

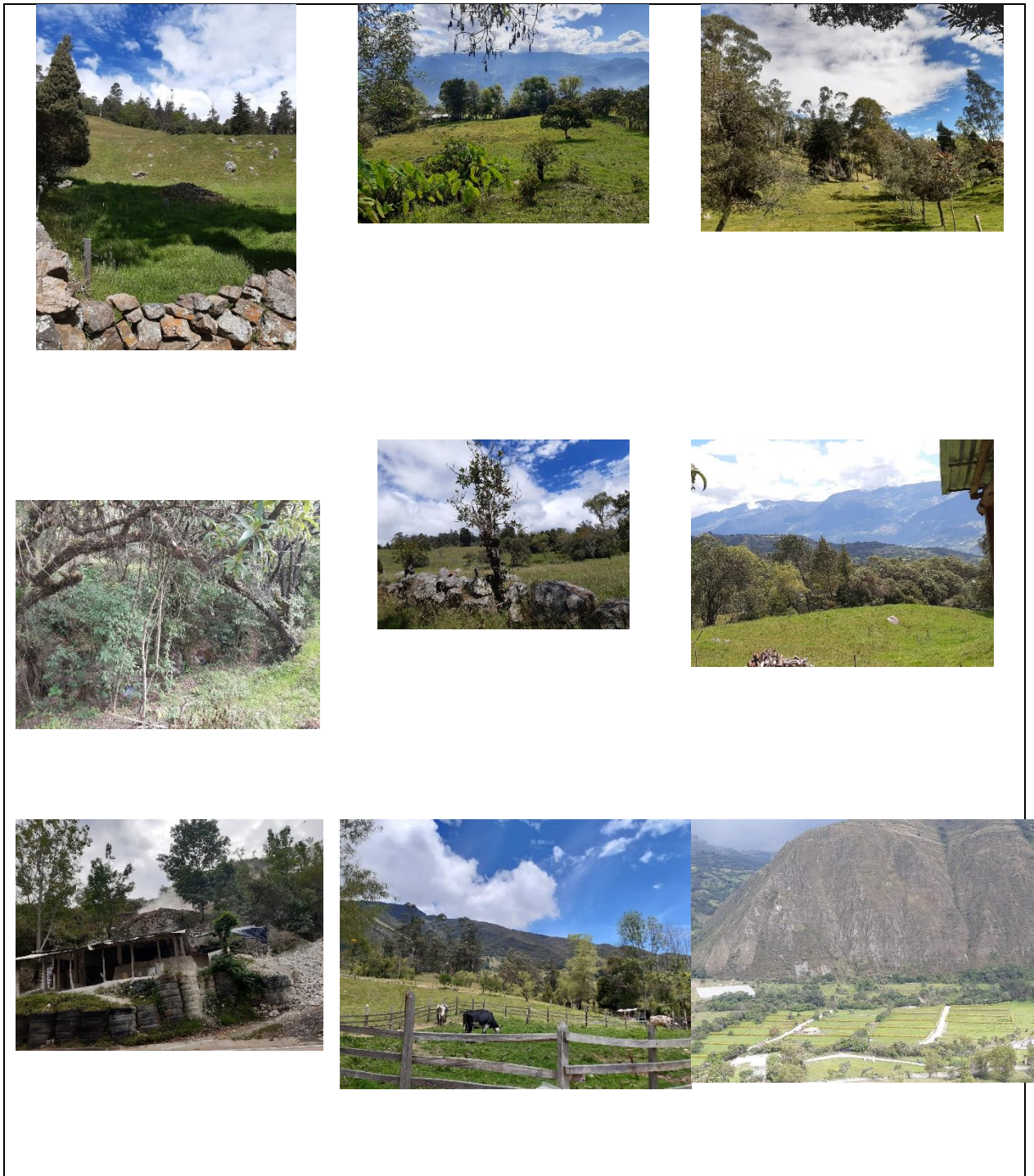


9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
tot	0.011				0.011	0.00					
al	29	0.0	0.0	0.0	29	68	0.0068	0.0	0.0	0.0	0.0

**Apéndice F.** Fotografías recorrido puntos Acatama.



CARACTERIZACIÓN DEL PAISAJE Y FRAGMENTACIÓN EN EL MUNICIPIO DE MÁLAGA, SANTANDER.



CARACTERIZACIÓN DEL PAISAJE Y FRAGMENTACIÓN EN EL MUNICIPIO DE MÁLAGA, SANTANDER.

