

Caracterización florística en áreas destinadas a la protección y conservación del agua para el abastecimiento del Acueducto urbano del municipio de Enciso, Santander, Colombia.

Henry Gutiérrez Cárdenas

Trabajo de Grado para Optar el título de Ingeniero Forestal

Director

Herwin Ramiro Roa Caicedo

Ingeniero Forestal Esp. Educación Ambiental

Universidad Industrial de Santander

Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia

Programa de Ingeniería Forestal

Bucaramanga

2021

Dedicatoria

A Dios mi Señor por darme la vida y tantas oportunidades para poder concluir después de tanto tiempo este proyecto de vida; a EL por darme una cuna como la que me ha otorgado.

A mis padres por todos los principios que nos han inculcado y con los cuales nos han hecho personas de bien, a ellos por su apoyo incondicional en cada una de las metas que nos hemos propuesto; a la memoria de mi padre Efraín Gutiérrez quien seguramente estaría orgulloso de mí y a mi madre Graciela Cárdenas porque sé que lo está y lo estará aún más.

A mi esposa María Teresa y a mis hijos Heimar Daniel, Sara Yuliana y Juan Esteban por ser el pilar para obtener finalmente mi título profesional.

Agradecimientos

Total agradecimiento Dios Nuestro Señor por darme la vida, y por darme la oportunidad de recibir conocimientos en una institución tan gloriosa como lo es la Universidad Industrial De Santander y poder conocer a personas y amistades tan maravillosas en el transcurso de la carrera; agradecimientos totales a los docentes que de una u otra manera, con su tiempo y su paciencia compartieron sus conocimientos, principalmente a aquellos que lo hicieron desinteresadamente para hacer de nosotros personas comprometidas en el área forestal y ambiental; quiero enaltecer la memoria del Ing. Luis Bernardo Torres Peña quien fue un ejemplo de entrega a la profesión. Sin palabras para agradecer a mis padres por su paciencia y espera. A los compañeros colegas quienes también aportaron su grano de arena en el desarrollo del proyecto y a todos quienes de una u otra manera hicieron parte de mi formación personal y profesional; y no puedo dejar de agradecer a los ingenieros Juan Guillermo Sánchez y Herwin Ramiro Roa por ser el apoyo fundamental en la etapa final de mi carrera.

Tabla de Contenido

Introducción	12
1. Justificación	13
2. Objetivos	15
2.1 Objetivo general	15
2.2 Objetivos específicos	15
3. Hipótesis	15
4. Marco Referencial	16
4.1 Marco teórico	16
4.1.1 Generalidades del municipio.....	16
4.1.2 Inventario forestal.	19
4.1.3 Evaluación estructural del bosque.	20
4.1.4 Medidas de diversidad de especies.	21
4.1.5 Índice de Vegetación Normalizado (NDVI).	22
4.1.6 Índice de Vegetación Mejorado (EVI).....	23
4.1.7 Regeneración Natural.....	23
4.1.8 Los bosques y la cantidad de agua.	23
4.2 Marco histórico	24
4.3 Marco conceptual.....	24
4.4 Marco jurídico.....	27
5. Metodología	30
5.1 Tipo de estudio.....	30
5.2 Delimitación del área de estudio.....	30
5.3 Índices espectrales de vegetación.	30
5.4 Establecimiento de parcelas.....	31
5.5 Corrección de pendiente.	32
5.6 Tamaño de la muestra.	33
5.7 Clasificación de especies.	33
5.8 Evaluación estructural y caracterización florística.	34
5.8.1 Estructura horizontal.....	34
5.8.2 Estructura vertical.	36

5.9 Medidas de diversidad de especies.	37
5.10 Formulación de estrategias o recomendaciones de conservación y manejo de áreas naturales donde se encuentran los afloramientos hídricos.	39
5.11 Estados de conservación de las especies.....	39
6. Resultados.....	40
6.1 Ubicación y delimitación del área de estudio.	40
6.8 Índices espectrales de vegetación NDVI y EVI.....	43
6.2 Tamaño de la muestra.....	46
6.3 Composición florística del área de estudio.	46
6.4 Estructura horizontal.....	49
6.4.1 Índice de Valor de Importancia (IVI) para el estrato latizal.	49
6.4.2 Índice de Valor de Importancia (IVI) para el estrato fustal.	50
6.4.3 Índice de Valor de Importancia (IVI) para el estrato fustal predio 1.....	51
6.4.4 Índice de Valor de Importancia (IVI) para el estrato Fustal predio 2.....	52
6.4.5 Índice de Importancia Ampliada (IIA).	53
6.4.6 Cociente de mezcla.	54
6.5 Estructura vertical.	54
6.5.1 Índice de Posición Sociológica del Área total.	54
6.5.2 Índice de Posición Sociológica del predio 1.	55
6.5.3 Índice de Posición Sociológica del predio 2.....	56
6.6 Regeneración natural.	57
6.7 Medida de diversidad de especies en el área de estudio.	58
6.7.1 Índices de diversidad para el estrato fustal y latizal del área en general.	58
6.7.2 Índices de biodiversidad para el estrato fustal y latizal del predio 1.	60
6.7.3 índices de diversidad para el estrato fustal y latizal del predio 2.....	61
6.9 Estrategias o recomendaciones de conservación y manejo de áreas naturales donde se encuentran los afloramientos hídricos.	62
6.10 Estado de conservación de las especies.	63
7. Discusión.....	65
8. Conclusiones.....	66
9. Recomendaciones.....	68

Referencias Bibliográficas69

Apéndices.....71

Lista de Tablas

Tabla 1. Hidrografía del municipio de Enciso, Santander.	19
Tabla 2. Estadígrafos usados para calcular el tamaño de la muestra.	46
Tabla 3. Lista de especies encontradas en el área de estudio localizada en el municipio de Enciso, Santander.....	47
Tabla 4. Regeneración Natural Área de estudio.	57
Tabla 5. Índices de diversidad de especies para el estrato fustal y latizal del área en general. ...	59
Tabla 6. Índices de diversidad de especies para el estrato fustal y latizal del predio1.	61
Tabla 7. Índices de diversidad de especies para el estrato fustal y latizal del predio 2.	62
Tabla 8. Estado de conservación de las especies encontradas en el bosque.	64

Lista de Figuras

Figura 1. Diseño de parcela para el muestreo.....	32
Figura 2. Mapa delimitación de área de trabajo municipio de Enciso, Santander.....	42
Figura 3. Mapa índice espectral de vegetación (NDVI) área de trabajo municipio de Enciso, Santander.....	44
Figura 4. Mapa índice espectral de vegetación (EVI) área de trabajo municipio de Enciso, Santander.....	45
Figura 5. Índice de valor de importancia (IVI) para el estrato latizal.....	49
Figura 6. Índice de valor de importancia (IVI) para el estrato fustal.....	50
Figura 7. Índice de valor de importancia (IVI) para el estrato fustal predio 1.	51
Figura 8. Índice de valor de importancia (IVI) para el estrato fustal predio 2.	52
Figura 9. Índice de importancia ampliado del área de estudio.	53
Figura 10. Índice de posición sociológica para el área de estudio.....	55
Figura 11. Índice de posición sociológica del predio1.	56
Figura 12. Índice de posición sociológica del predio 2.	57

Lista de Apéndices

Apéndice A. Reconocimiento de especies estrato brinzal (<i>Nectandra membranacea</i>).	71
Apéndice B. Delimitación del área de estudio.	72
Apéndice C. Fotografía área de estudio.	72
Apéndice D. Vegetación presente en el área de estudio.	73
Apéndice E. Medición de CAP.	74
Apéndice F. Marcación de árboles.	74
Apéndice G. Establecimiento de cuadrantes para la medición del estrato latizal.	75
Apéndice H. Establecimiento de cuadrantes para la medición del estrato brinzal.	75

Resumen

Título: Caracterización florística en áreas destinadas a la protección y conservación del agua para el abastecimiento del acueducto urbano del municipio de Enciso, Santander, Colombia

Autor: Henry Gutiérrez Cárdenas

Palabras Clave: Protección y Conservación, Índice de valor de importancia, Índice de importancia ampliado, Índices de diversidad, Índice de posición sociológica, Estado de conservación, Servicios ecosistémicos, Bosques naturales, Regulación hidrológica e índices espectrales.

Descripción:

Para el análisis de la estructura y composición de un bosque se requiere la elaboración de un trabajo de caracterización florística. Este estudio se realizó en áreas destinadas a la conservación y protección del agua en el municipio de Enciso, Santander, en un área de 10 hectáreas. En la cual se realizó un muestreo de la zona, midiendo en los árboles las variables dasométricas cuantitativas como altura y diámetro del fuste, en parcelas distribuías en toda la zona de estudio en las cuales se midieron fustales, latizales y brinzales. Donde se reconocieron 49 especies distribuidas en 26 familias, allí se destacaron el *Toxicodendron striatum* (Ruiz & Pav.) Kuntze, *Myrsine guianensis* (Aubl.) Kuntze y *Ficus insipida* Willd, como las especies más representativas de la zona, con valores de Índice de Valor de importancia (IVI) de 32,7%, 29,91% y 26,24% respectivamente. También se evaluó el Índice de Importancia Ampliado (IIA) donde se obtuvieron valores de 52,65 para el *Toxicodendron striatum* (Ruiz & Pav.) Kuntze y 48,51 para el *Myrsine guianensis* (Aubl.) Kuntze, siendo estas dos especies, las más importantes para este índice. En cuanto al Cociente de Mezcla se registraron un total de 992 individuos distribuidos en 49 especies, por lo tanto, el coeficiente de mezcla (CM) es equivalente a 1/20, esto significa que por cada especie muestreada se presentan 20 individuos en el bosque. Del mismo modo para el índice de Posición Sociológica (IPS) el *Toxicodendron striatum* (Ruiz & Pav.) Kuntze, *Myrsine guianensis* (Aubl.) Kuntze y *Nectandra membranacea* SW. Se muestran como las especies más sobresalientes en esta zona. También, se evaluó la diversidad obteniendo valores que varían desde media a alta diversidad florística.

*Trabajo de grado.

**Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia. Programa de Ingeniería Forestal.

Director: Herwin Ramiro Roa Caicedo, Ingeniero Forestal.

Summary

Title: Floristic characterization in areas destined for the protection and conservation of water for supplying the urban aqueduct of the municipality of Enciso, Santander, Colombia, natural forests.

Author: Henry Gutierrez Cardenas

Key Words: Protection and conservation, importance value index, expanded index of importance, diversity indices, sociological position index, state of conservation, ecosystem services, hydrological regulation and spectral indices.

Description:

For the analysis of the structure and composition of a forest, the elaboration of a floristic characterization work is required. This study was carried out in areas destined to the conservation and protection of water in the municipality of Enciso, Santander, in an area of 10 hectares. In which a sampling of the area was carried out, measuring quantitative dasometric variables such as height and diameter of the stem in the trees, in plots distributed throughout the study area in which fustales, latizales and saplings were measured. Where 49 species distributed in 26 families were recognized, there the *Toxicodendron striatum* (Ruiz & Pav.) Kuntze, *Myrsine guianensis* (Aubl.) Kuntze and *Ficus insipida* Willd, as the most representative species in the area, with Importance Value Index values (IVI) of 32,7%, 29,91% and 26,24% respectively. It was also evaluated the Expanded Importance Index (IIA) where values of 52,65 were obtained for him *Toxicodendron striatum* (Ruiz & Pav.) Kuntze y 48,51 for him *Myrsine guianensis* (Aubl.) Kuntze, being these two species, the most important for this index. Regarding the Mixture Quotient, a total of 992 individuals distributed in 49 species were registered, thus, the mixing coefficient (CM) is equivalent to 1/20, This means that for each species sampled there are 20 individuals in the forest. Similarly for the Sociological Position index (IPS) the *Toxicodendron striatum* (Ruiz & Pav.) Kuntze, *Myrsine guianensis* (Aubl.) Kuntze and *Nectandra membranacea* SW. They are shown as the most outstanding species in this zone. Biodiversity was also evaluated, obtaining values that vary from medium to high floristic diversity.

* Bachelor Thesis

** Institute of Regional Projection and Distance Education. Forest Engineering Program.
Director: Herwin Ramiro Roa Caicedo, Forestal engineer.

Introducción

Los bosques son considerados como una fuente de vida y hábitat para la fauna y la flora, aunque no solo proporcionan esta función sino que se considera como un ecosistema que brinda un aporte importante al ser humano entre ellos, energía por medio de la combustión de la madera, frutos de especies arbóreas, producción y captura de carbono, aporte de nutrientes al suelo y por supuesto lo más importante para este estudio la producción y conservación del recurso hídrico (Hamilton, L.S. et al. , 2009).

En el estudio de la diversidad de especies en el planeta es necesario tener en cuenta los niveles jerárquicos de la vida tales como: genes, especies, poblaciones y ecosistemas, de igual forma su organización y funcionalidad. En el análisis de la diversidad se deben utilizar métodos y herramientas como inventarios de la vegetación que facilitan el conocimiento de la estructura y ordenación de las diferentes asociaciones biológicas, para así contribuir al mejoramiento de los recursos naturales (Álvarez, 2004).

En el presente trabajo se realizó la caracterización florística en los predios destinados para la protección y conservación del agua y en los cuales se encuentran ubicadas las bocatomas para la captación del recurso hídrico, el cual abastece el acueducto urbano del municipio de enciso, Santander.

Este estudio fue realizado para cooperar a este municipio aportando información de gran importancia para la facilidad en la toma de decisiones por los mandatarios correspondientes y con importancia en fortalecer algunas falencias que se ven reflejadas por la falta de estudios e información de la relación tan importante que existe entre la cobertura vegetal y la calidad y cantidad del recurso agua.

La ejecución del presente trabajo se realizó en tres etapas buscando darle un orden adecuado y unos resultados óptimos. En la primera etapa se realizó un diagnóstico al área de estudio, la siguiente etapa consistió en la recopilación de información primaria y consulta de información secundaria y en la última etapa se procesaron y analizaron los datos.

1. Justificación

El municipio de Enciso, Santander cuenta con dos áreas de terreno que suman un área de alrededor de 10 hectáreas destinadas a la protección conservación del bosque, esto con el fin de abastecer de recurso hídrico al acueducto urbano municipal.

Hasta el día de hoy ninguna de estas áreas presenta estudios enfocados al análisis florístico y estructural del bosque, con el cual se pueda evaluar y tomar decisiones pertinentes a su potencialización y recuperación en el caso de que fuere necesario. Con base a lo anterior, el presente estudio busca realizar una caracterización florística de especies arbóreas en las áreas adquiridas, para la toma de decisiones en cuanto a proteger, conservar y por ende asegurar la sostenibilidad del recurso hídrico que abastece el acueducto urbano del municipio de Enciso. Con la información recopilada se realizará un análisis estructural tanto horizontal como vertical y de diversidad de especies de tal forma que se pueda exponer el estado actual presente en la zona de estudio.

Realizada esta caracterización y analizada la información se puede evaluar y describir el estado actual en que se encuentra el área, para así llegar a recomendar y proponer diferentes planes y/o alternativas en busca de conservar y proteger estas zonas, y de esta manera mejorar dichos

puntos de recarga hídrica ampliando su oferta, contribuyendo con el desarrollo sostenible de este municipio en crecimiento.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

- Realizar la caracterización florística y estructural de las áreas destinadas a la protección y conservación del agua para el abastecimiento del acueducto urbano del municipio de Enciso.

2.2 Objetivos específicos

- Definir el área natural correspondiente a la protección y conservación del recurso hídrico.
- Implementar sistemas de información geográfica para identificar zonas boscosas mediante índices de biodiversidad Normalized Difference Vegetation Index NVDI y Enhanced Vegetation Index EVI.
- Efectuar la caracterización florística y estructural de las especies arbóreas existentes en la zona de estudio.
- Formular estrategias o recomendaciones de conservación y manejo de áreas naturales donde se encuentran los afloramientos hídricos utilizados para la recarga hídrica del acueducto municipal.

3. Hipótesis

Dado que el agua es uno de los recursos más importantes y determinantes para la vida humana ya que de esta depende para su supervivencia. *Si* el agua apta para el consumo humano con el paso del tiempo se ha visto disminuida debido a factores como el cambio climático y la

contaminación provocada por el mismo ser humano y el bosque es considerado como principal conservador y protector de las fuentes hídricas. *Entonces* la importancia del estudio es brindar información del estado actual de la capa vegetal presente en las áreas dedicadas a la protección para así proponer estrategias que conlleven a la conservación de estos bosques importantes para la regulación del agua.

4. Marco referencial

4.1 Marco teórico

4.1.1 Generalidades del municipio.

Ubicación: El municipio de Enciso se encuentra situado en el departamento de Santander, forma parte de la provincia de García Rovira a 173 km de Bucaramanga, la capital del departamento y a 359 km de Bogotá. Limita al norte con el municipio de Málaga y Concepción, al sur con los municipios de Capitanejo y San Miguel, al oriente con el municipio de Carcasí y al occidente con el municipio de San José de Miranda (Alcaldía municipal de Enciso, 2003).

Clima: La temperatura promedio del municipio de Enciso oscila entre los 15°C y 24°C y la precipitación anual de 1.300 mm, según el esquema de ordenamiento territorial; se conocen dos periodos de altas lluvias los cuales están entre los meses de Abril a Mayo y Octubre a Noviembre (Alcaldía municipal de Enciso, 2003).

Suelo: Enciso cuenta con suelos jóvenes poco evolucionados, pertenecientes a los órdenes Entisoles, Inceptibles y Andisoles. Los suelos de este municipio presentan pendientes muy variadas que van desde plano a casi plano hasta terrenos extremadamente escarpado con

pendientes del 100% siendo más frecuentes las pendientes fuertes en el municipio (Alcaldía municipal de Enciso, 2003).

Unidades climáticas: Según el esquema de ordenamiento territorial propuesto por la Alcaldía municipal de Enciso (2003), en el municipio se presentan seis unidades climáticas según el mapa de Caldas y Lang, las cuales corresponden a:

Unidad de Páramo Bajo Superhúmedo (PBSH): Esta unidad climática pertenece a los biomas montanos, son determinados por su altura sobre el nivel del mar y su ubicación geográfica, así como también lo identifican las bajas temperaturas medias, alta insolación diurna, baja presión atmosférica, constantes y bruscos cambios de temperatura, humedad y de vientos moderados a fuertes. En el municipio de Enciso esta unidad climática ocupa una pequeña porción del área total del municipio localizado en la vereda Cochagá, ocupando aproximadamente 1 km² equivalente al 1.27%.

Unidad de Páramo Bajo Húmedo (PBH): Esta unidad climática se encuentra presente en la parte más alta del municipio, más exactamente al sector nororiental, ocupando un área aproximada de 6.52 km² área correspondiente al 8.25% del territorio en total. Se encuentra presente en las veredas de Robles y Cochagá ubicado entre las cotas de 2950 y 3700 m s. n. m., su temperatura media oscila entre 8 y 12°C y posee una precipitación anual de 1400 mm.

Unidad Frío Húmedo (FH): Esta unidad climática ocupa un área de 6.15 km² es decir el 7.80% del área total municipal, entre las cotas 2200 y 2850 m s.n.m., su temperatura media oscila entre 16 y 12 °C y posee una precipitación anual de 1450 mm. Está presente en las se presenta en la parte alta de las veredas Robles y Cochagá al noroeste del municipio.

Unidad Frío Semihúmedo (FSH): Esta unidad climática se presenta entre los 2050 y 2950 m s. n. m, en áreas cercanas a páramo. La precipitación varía entre 1.300 y 1.400 mm, en tanto

que la temperatura es de menos de 12 a 20°C. se encuentra presente en el municipio en las veredas de Cochagá, Robles, Carrizal, Loma del Negro, Santa Helena y Puertas ocupando un área de aproximadamente 29.38 km², correspondiente al 37.20% el territorio total.

Unidad templado semiárido (TSA). Esta unidad climática se presenta en las veredas de Insula, Loma del Negro, Carrizal, Santa Helena, Juncal, Quebrada de Vera, Puertas, Mosgua, Agua Sucia y en la zona Suburbana de Peña Colorada con una extensión de 25.27 km², que corresponden al 32% del área total municipal. Se presenta entre los 1000 y 2000 m s. n. m., en el extremo sur del municipio. La precipitación media anual varía entre 1000 a 1200 mm y una temperatura entre 18 a 24 °C.

Unidad Templado Semihúmedo (TSH): Esta unidad climática se localiza al extremo norte del municipio en las veredas Puertas, Robles, Santa Helena, Carrizal, Insula y la zona Urbana del municipio de Enciso ocupando una extensión de 10.68 km², el 13.48% del área total del municipio, Se presenta entre los 1950 y 2000 m s. n. m., la temperatura media es de 20°C y la precipitación es de 1300 mm anuales.

Coberturas y uso de suelos: La cobertura de la tierra comprende todos los elementos encontrados sobre la superficie ya sean naturales o creadas por el ser humano.

El municipio de Enciso esta predominado por las siguientes coberturas: Bosques naturales (Bn) con un 0.63% de su área total, Bosques plantados con fines de protección producción (Bp) 0.23%, Páramos (Vp) 0.7%, Pastizales en general destinados al pastoreo extensivo y semi-intensivo (Pn) 16.06%, Pastizales manejados y Ganadería estabulada (Pm) 0.6%, Cultivos y parcelas, Rastrojos (Ra) 10.05%, Vegetación xerofítica (Vx) 8.23.%, Cobertura degradada, Afloramiento rocoso y/o Roca Expuesta (Af) 4.61%, Cobertura degradada, Tierras eriales (Te)

0.69%, Cobertura construida. Todas estas constituyen las áreas de núcleos urbanizados que poseen servicios básicos 0.53% (Alcaldía municipal de Enciso, 2003).

Hidrografía: La red hidrográfica del municipio está comprendida por la cuenca del río Chicamocha y a las subcuencas de los ríos Servitá y Tunebo. La Subcuenca del río Servitá está conformada por las microcuencas de las quebradas Barruetos, Ínsula, Calagua, Puertas la Tunjo y de la Subcuenca del río Tunebo hace parte solo una microcuenca dentro del Municipio, que es la microcuenca de la quebrada Suparí (Tabla 1) (Alcaldía municipal de Enciso, 2003).

Tabla 1.

Hidrografía del municipio de Enciso, Santander.

SUBCUENCA	MICROCUENCA	PERIMETRO (km)	ÁREA (km ²)
	TUNJO	5,95	2,00
	BARRUETOS	17,50	10,16
SERVITA	CALAGUA	11,06	5,35
	INSULA	17,35	14,54
	PUERTAS	11,47	6,69
TUNEBO	SUPARI	20,71	8,91

4.1.2 Inventario forestal.

Es un instrumento muy útil para la obtención de información confiable y necesaria que se debe utilizar a la hora de realizar proyectos sobre el manejo y aprovechamiento forestal de los bosques. La información debe ser cualitativa y cuantitativa lo más precisa posible ya que esta es la base y punto de partida de diferentes estudios importantes para la toma de decisiones que involucran ecosistemas naturales.

4.1.3 Evaluación estructural del bosque.

Los bosques pueden estudiarse desde varias perspectivas tales como la forma en que están constituidos, sus arquitecturas, sus estructuras. La palabra estructura ha sido empleada en diversos contextos para describir agregados que se rigen por seguir ciertas leyes matemáticas; de la misma forma ocurre para las estructuras boscosas en las distribuciones de diámetros y alturas, la distribución espacial de los individuos arbóreos, distribución de las diferentes especies; por consiguiente puede hablarse de estructuras tanto de diámetros, alturas, copas, de estructuras espaciales, por lo que resulta que las variaciones ocurridas en el bosque expresados en formulaciones matemáticas constituye la base fundamental de los estudios estructurales (UNESCO, 1980).

Estructura horizontal: El análisis de la estructura horizontal evalúa la participación de cada una de las especies con relación a las demás y muestra cómo se distribuyen espacialmente. Esta estructura puede ser determinada por índices que cuantifican la densidad o abundancia, dominancia y frecuencia (Acosta et al. , 2006)a.

Estos índices exponen aspectos de forma individual de la composición florística, es decir expresan la importancia de cada especie en un determinado ecosistema, el Índice de valor de importancia (IVI) es la combinación en una sola expresión de la abundancia dominancia y frecuencia (Acosta et al., 2006) b.

Estructura vertical: un estudio fitosociológico es incompleto si solo se analiza su estructura horizontal, debido a esto (Finol, 1971) propuso incluir el análisis de la estructura vertical, como una forma de describir el estado sucesional en que se encuentra cada especie. De este análisis surge una proyección del estado de las especies con visión a la conformación la estructura forestal

en término dinámicos. Para la evaluación de la estructura vertical se utilizan dos parámetros Posición Sociológica (PS) y Regeneración Natural (RN) (Acosta et al., 2006) c.

4.1.4 Medidas de diversidad de especies.

La medición de la diversidad está enfocada en buscar medidas de manera que se pueda caracterizar como una propiedad procedente de las asociaciones ecológicas, las cuales no se encuentran en un ambiente neutro, ya que en cada unidad geográfica, en cada paisaje se encuentra un número variable de comunidades. Para entender los cambios de la diversidad con relación a la estructura del paisaje, es importante dividir los componentes alfa, beta gamma para así medir y monitorear los efectos antrópicos (Halffter, 1998).

Según (Whittaker, 1972) La diversidad alfa es la riqueza de especies de una comunidad particular a la que consideramos homogénea, la diversidad beta es el grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre diferentes comunidades en un paisaje, y la diversidad gamma es la riqueza de especies del conjunto de comunidades que integran un paisaje, resultante tanto de las diversidades alfa como de las diversidades beta.

Índices de riqueza específica (S): Este índice basado en la riqueza específica es la forma con menos dificultad para de medir la diversidad, ya que se basa estrictamente en el número de especies presentes, sin tener en cuenta el valor de importancia de las mismas (Moreno, 2001).

Índice de Margalef: Este índice convierte el número de especies de la muestra a una proporción, supone que hay una relación funcional entre el número de especies y el número total de individuos.

Índice de Menhinick: Este índice al igual que el índice de Margalef, se basa en la relación entre el número de especies y el número total de individuos observados.

Índices de dominancia: Los índices basados en la dominancia son parámetros inversos al concepto de uniformidad o equidad de la comunidad. Toman en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de las especies (Moreno, 2001).

Índice de Simpson (λ): este índice presenta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra coincidan con ser de la misma especie.

Índice de Berger-Parker: este índice representa en el incremento de su valor un aumento en la equidad y una disminución de la dominancia de la muestra (Magurran, 1988).

Índice de equidad: Este índice se basa específicamente en la equidad del bosque o muestra tomada, es decir en la uniformidad encontrada sus especies presentes (Moreno, 2001).

Índice de Shannon-Wiener: Este índice Expresa la uniformidad de los valores de importancia. Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 1988).

4.1.5 Índice de Vegetación Normalizado (NDVI).

Este índice permite identificar la vegetación de un área determinada y caracterizar su distribución espacial. El NDVI maneja un rango de valores que van desde -1 hasta 1; donde los números positivos muestran superficies con vegetación y los valores que tienden al -1 muestran superficies con poca o nula vegetación, del mismo modo disminuye los efectos topográficos (CONAE, 2016).

4.1.6 Índice de Vegetación Mejorado (EVI).

El EVI corrige al Índice de Vegetación Normalizado por medio de la inclusión de nuevos coeficientes, dando como resultado la reducción de diversos ruidos producidos por la interferencia entre la atmósfera y la saturación (CONAE, 2016).

4.1.7 Regeneración Natural.

Permite valorar las condiciones en las que se encuentra la regeneración natural de las especies presentes en un área de estudio. El futuro de la masa forestal dependerá de la estructura y dinámica de las plantas jóvenes. Se considera regeneración natural a todos los descendientes de plantas arbóreas que se encuentran entre 0,1 m de altura hasta el límite de diámetro establecido en el inventario, este concepto constituye la garantía de supervivencia de un ecosistema forestal (Finol, 1971).

4.1.8 Los bosques y la cantidad de agua.

El ecosistema forestal al igual que consumen agua así también, proporciona beneficios enormes a la humanidad desde hábitat para aves hasta mamíferos, producen diversos recursos como leña, medicinas entre otros, además purifican el aire y el agua. Hay todo un gran tesoro de productos proporcionados por la biodiversidad forestal. Se pueden sumar el esparcimiento y la estética del paisaje, así como también el control de la erosión y en las circunstancias apropiadas reducción del peligro de aludes (Hamilton, L. et al. , 2009)

4.2 Marco histórico

El municipio de Enciso, Santander, posee poca información acerca de las coberturas vegetales que se encuentran destinadas a la protección y conservación de áreas de recarga y captación hídrica para el abastecimiento del acueducto municipal urbano, y de la información presente la mayoría se encuentra desactualizada. El esquema de ordenamiento territorial del municipio del año 2003 (Alcaldía municipal de Enciso, 2003) presenta información de las especies vegetales que se encuentran presentes a nivel municipal, pero no hace ninguna alusión o enfoque de las coberturas vegetales presentes en las áreas dedicadas a la protección de los afloramientos hídricos que abastecen al acueducto. Estudiantes de la Universidad Industrial de Santander sede Málaga, en los últimos años han venido desarrollando trabajos de grado relacionados con el tema de coberturas vegetales, como lo es el trabajo nombrado “Análisis estructural del bosque de roble del municipio de Enciso, Santander”, realizado por Diego Humberto Leiva Suarez y Nelson Alberto Betancourt Joya (Leiva y Betancourt, 2000). Por lo tanto, se hace importante realizar un proyecto con el cual se dé a conocer el estado actual de la cubierta vegetal presente para la conservación y protección de estas áreas pertenecientes al municipio de Enciso.

4.3 Marco conceptual

Biodiversidad: La biodiversidad o diversidad biológica es la variedad de seres vivos de cualquier tipo sobre la Tierra y los patrones naturales que la conforman, resultado del inicio y de la evolución según procesos naturales. Este concepto incluye varios niveles de la organización biológica. Abarca la diversidad de especies de plantas, animales, hongos y microorganismos que viven en un espacio determinado, a su variabilidad genética, a los ecosistemas de los cuales forman parte estas especies y a los paisajes o regiones en donde se ubican los ecosistemas. También

incluye los procesos ecológicos y evolutivos que se dan a nivel de genes, especies, ecosistemas y paisajes.

Se diferencian tres niveles de biodiversidad:

Diversidad genética: incluye los componentes del código genético de cada organismo y la variedad de éstos entre individuos dentro de una población y entre poblaciones de una misma especie.

Diversidad de especies: incluye los seres vivos con características comunes.

Diversidad de espacios: Se enfoca en los ecosistemas como núcleo central. Éstos son conjuntos de plantas, hongos, animales, microorganismos y el medio en el cual se desarrollan.

Especie: El término especie proviene del latín *species*, que significa clase, tipo, categoría o aspecto característico. En biología y en taxonomía, la especie biológica es el conjunto de individuos (seres humanos, animales, plantas, minerales) que tienen características semejantes o en común y son capaces de reproducirse entre sí, creando descendencia fértil.

Hablando en términos generales los individuos de una especie se reconocen porque son similares en su fenotipo y su genotipo. Sin embargo, muchas veces los individuos de una especie son muy diferentes.

Diámetro a la altura del pecho (dap): Es la medición del diámetro del tallo del árbol medido con corteza a una altura de 1,30 m. Esta medición se realiza con la ayuda de una cinta diamétrica o con el uso de una forcípula. Con la finalidad de que la medición sea más exacta se mide el diámetro en centímetros y se ajusta en sentido decreciente.

Conservación: Se refiere a preservar algún recurso, y todos sus componentes tanto de fauna como de flora. Este término apunta a la garantizar la subsistencia de los seres humanos, la fauna y la flora, evitando la contaminación y la depredación de recursos.

Ecosistema: El ecosistema es el conjunto de especies de un área determinada que interactúan y generan relaciones entre ellas y con su ambiente; mediante procesos como la depredación, el parasitismo, la competencia y la simbiosis, y con su ambiente al desintegrarse y volver a ser parte del ciclo de energía y de nutrientes. Las especies del ecosistema, incluyendo bacterias, hongos, plantas y animales dependen unas de otras.

Sistema de información geográfica (SIG): Conjunto de hardware, software y procedimientos, los cuales están diseñados para la captura, administración, manipulación, análisis, modelamiento y graficación de datos u objetos referenciados en el espacio (Carmona y Monsalve, 2004).

Caracterización florística: La caracterización florística, persigue la definición de unidades de vegetación o patrones de comunidades reales, según las especies características exclusivas o diferenciales indicadoras de condiciones ecológicas.

Índices de diversidad: Los índices son expresiones matemáticas usadas para realizar la medición de la diversidad de especies (alfa y beta) de una comunidad o muestra vegetal.

Sucesión ecológica o sucesión natural: Es un proceso evolutivo natural por el que unas especies ocupan paulatinamente el lugar de otras las cuales no llegan a adaptarse por algunas razones, Este proceso ocurre sin intervenciones humanas y se da debido a las dinámicas de competencia entre las especies de un ecosistema. La sucesión en términos más sencillos es reemplazo de una especie por otra que logra adaptada mejor en el medio y las dinámicas de su entorno, este proceso puede llegar a tardarse periodos extensos hasta el poder hablar de se produce a lo largo de miles de años.

4.4 Marco jurídico

En este marco se enseñará la legislación actual vigente presente en la constitución política, decretos y resoluciones que rigen en el territorio nacional colombiano la cual está relacionada con la biodiversidad y el medio ambiente.

La constitución política se estipula como deberes y obligaciones del estado “proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines” (Art. 79), Además, “el estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación restauración o sustitución. Deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de daños causados” (Art. 80).

Ley 99 de 1993. Crea el Ministerio del Medio Ambiente y Organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y exige la planificación de la gestión ambiental de proyectos. Las autoridades territoriales ejercerán a través del alcalde, como primera autoridad de policía, y el apoyo de la policía nacional, funciones de control y vigilancia del medio ambiente y los recursos naturales para prevenir, contener y reprimir cualquier atentado contra los mismos o contravención a las normas sobre 44 la defensa, conservación preservación y utilización, en coordinación con la asesoría de las Corporaciones Autónomas Regionales.

Decreto de Ley 2811 de 1974. Denominado Código Nacional de Recursos Naturales y de Protección al Medio Ambiente. El gobierno nacional expidió este decreto que constituye el estatuto general y básico que establece la preservación y restauración del ambiente, la conservación y utilización adecuada de los recursos naturales renovables y con el objeto de regular la conducta humana y la actividad de la administración pública en relación con esos recursos y el ambiente.

Decreto 1753 de 1994. Define la licencia ambiental LA: naturaleza, modalidad y efectos; contenido, procedimientos, requisitos y competencias para el otorgamiento de LA. Ley 2 de 1959: Reserva forestal y protección de suelos y agua.

Decreto 2820 de 2010. Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales.

Ley 1021 de 2006. Por la cual se expide la ley general forestal.

Documento CONPES 2834 de 1996. Propone lograr un uso sostenible de los bosques con el fin de conservarlos, consolidar la incorporación del sector forestal en la economía nacional y mejorar la calidad de vida de la población.

Ley 2da de 1959. Por la cual se dictan normas sobre economía forestal de la nación y conservación de los recursos naturales renovables.

Ley 1021 de 2006. Por la cual se establece el Régimen Forestal Nacional, conformado por un conjunto coherente de normas legales y coordinaciones institucionales, con el fin de promover el desarrollo sostenible del sector forestal colombiano en el marco del Plan Nacional de Desarrollo Forestal. A tal efecto, la ley establece la organización administrativa necesaria del Estado y regula las actividades relacionadas con los bosques naturales y las plantaciones forestales.

Ley 629 de 2000. Por medio de la cual se aprueba el Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático", hecho en Kyoto el 11 de diciembre de 1997.

Decreto 1715 de 1978. Por el cual se establecen las reglamentaciones para que la comunidad tenga derecho a disfrutar de un paisaje urbano y rural que contribuya al bienestar físico y espiritual y se prohíbe alterar o deformar los elementos naturales.

Ley 373 de 1997. Se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.

Decreto 155 de 2004. Reglamenta el artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas y se adoptan otras disposiciones.

Resolución 1907 de 2013. Por la cual se expide la Guía técnica para la formulación de los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas.

Resolución 509 de 2013. Por la cual se definen los lineamientos para la conformación de los Consejos de Cuenca y su participación en las fases del plan de ordenación y manejo de la cuenca y se dictan otras disposiciones.

Decreto 2667 de 2012. Por el cual se reglamenta la tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales, y se toman otras determinaciones.

Decreto 1640 de 2012. Reglamenta los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones.

Resolución 0769 de 5 de agosto de 2002. Por la cual se dictan disposiciones para contribuir a la protección, conservación y sostenibilidad de los páramos.

Decreto 1076 de 2015. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Decreto 2245 de 2017. "Por el cual se reglamenta el artículo 206 de la Ley 1450 de 2011 y se adiciona una sección al Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con el acotamiento de rondas hídrica.

5. Metodología

5.1 Tipo de estudio.

La investigación implementada en el desarrollo del presente trabajo es de tipo analítico descriptiva por lo cual se basa en la recolección de información primaria y consulta de información secundaria, y análisis de los datos, entre otros que permitan el desarrollo exitoso del proyecto buscando el cumplimiento de objetivos propuestos.

5.2 Delimitación del área de estudio.

Para la delimitación del área de estudio se procedió de la siguiente forma:

- Selección del equipo de sistema de posición geográfica GPS (Garmin 64s).
- Reconocimiento del área.
- Consulta de información de linderos (alcaldía, presidentes de junta, habitantes de la zona).
- Recorrido del área según la información ya antes recolectada.
- Selección de punto de partida o punto de referencia inicial.
- Realización de Track desde el comienzo hasta el final del desplazamiento.
- Marcación de Waypoints de referencia para delimitación y poligonización.
- Exportación de información recolectada a software Basecamp y Arcgis.
- Digitalización de información y creación de mapa del área de estudio delimitada.

5.3 Índices espectrales de vegetación.

Los índices espectrales de vegetación son operaciones entre bandas espectrales las cuales son útiles para extraer información de la vegetación. Para el cálculo de estos índices se basó en las

formulas propuestas en el libro llamado Semi-Automatic Classification Plugin Documentation (Congedo, 2016).

Estos índices toman valores de entre -1 y 1 lo cual hace fácil su interpretación, Cuando este valor tiende a -1 quiere decir que existe poca o nula vegetación, y cuando este valor se aproxima a 1 representa el aumento de la vegetación en estas áreas.

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

$$NDVI = \frac{(NIR - R)}{(NIR + R)}$$

En donde NIR: infrarrojo cercano, R: Banda rojo.

EVI (Enhanced Vegetation Index)

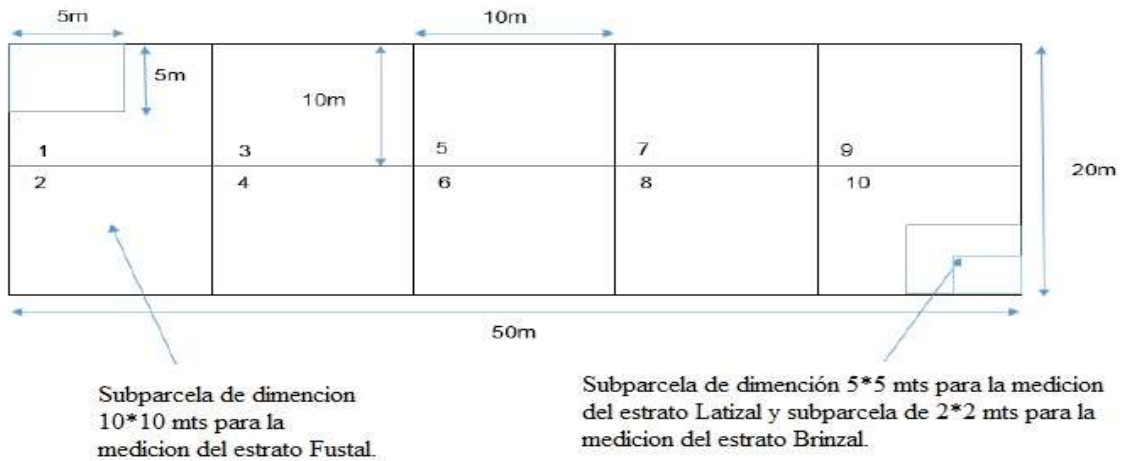
$$EVI = \frac{G * (NIR - R)}{(NIR + C1R - C2B + L1)}$$

En donde NIR: infrarrojo cercano, R: Banda rojo, B: Banda Azul, y valores constantes G: 2.5, L: 1, C1:6 y C2:7.5

5.4 Establecimiento de parcelas.

Una vez teniendo delimitada el área de estudio se procedió a la recolección de información con base a la metodología de parcelas temporales utilizada en los estudios de evaluación florística (Melo y Vargas, 2003).

Dimensión de parcelas. Se establecieron parcelas de 50x20 m (1000 m²), las cuales estuvieron comprendidas cada una de ellas por 10 cuadrantes de 10x10 m para la medición de fustales. Algunos cuadrantes se dividieron en subcuadrantes de 5x5 m (25 m²) para la medición de latizales y de 2x2 m (4 m²) para la medición de brinzales. Los subcuadrantes para la medición de latizales y brinzales están ubicados en el primer y último cuadrante en dirección norte a sur y de manera opuesta (Figura1).

Figura 1.*Diseño de parcela para el muestreo*

De acuerdo a lo establecido por (Lamprech, 1990) se realizaron las mediciones con las siguientes especificaciones:

- Unidad de levantamiento I: en los subcuadrantes de 2x2 m, en las cuales se registró el brinzal, es decir los árboles con un (diámetro <2.5 cm y altura $\geq 0,3$ m).
- Unidad de levantamiento II: en los subcuadrantes de 5x5 m, se midieron árboles con diámetros entre (2.5 cm $\geq \varnothing < 10$ cm) estrato llamado latizal.
- Unidad de levantamiento III: en cada una de los 10 cuadrantes de 10x10 m, se midieron árboles con diámetros a la altura de pecho dap ≥ 10 cm llamado fustal.

5.5 Corrección de pendiente.

Ya que los terrenos poseen variaciones altitudinales, fue necesario hacer correcciones de distancias la cual se realiza mediante siguiente expresión propuesta por Condit (1995).

$$d = \frac{D}{\cos\theta}$$

Donde, d = Valor corregido de la distancia, D = Distancia entre los dos puntos de abscisado, $\cos \theta$ = Valor del coseno del ángulo de la pendiente.

5.6 Tamaño de la muestra.

Luego de obtener los resultados del muestreo se determinó la cantidad de parcelas necesarias para estandarizar el tamaño de la muestra requerida en el estudio, para ello se tuvo en cuenta el coeficiente de variación (CV), error de muestreo (E) y probabilidad (Rojas, Suárez , 2002). Para esto se utilizó la siguiente expresión:

$$n = \frac{t^2 * cv^2}{E^2}$$

Dónde; n = tamaño de la muestra; t = valor tabla t student; CV = coeficiente de variación; E = error de muestreo.

5.7 Clasificación de especies.

Para el reconocimiento de las especies se consultó el nombre regional o nombre común con habitantes de la zona, luego para obtener nombre científico y familia de cada individuo se consultó información de fuentes secundaria de bibliografía existente entre ellos el Manto de la Tierra (Bartholomaeus et al. , 1990) y sitios web como: el herbario virtual de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, la plataforma de nombres comunes de las plantas de Colombia de la Universidad Nacional de Colombia, el Catálogo de Plantas y Líquenes de Colombia de la Universidad Nacional de Colombia y el herbario del Jardín Botánico de Bogotá - José Celestino Mutis. Para aquellas especies que no se lograron reconocer en campo, se realizó un registro fotográfico y anotación de características morfológicas de cada una de ellas para luego buscar ayuda para su reconocimiento.

5.8 Evaluación estructural y caracterización florística.

Con la información recolectada en campo se realizó el análisis estadístico correspondiente a composición florística con base en la metodología planteada por (Melo y Vargas, 2003).

5.8.1 Estructura horizontal

Índice de Valor de Importancia (IVI). Para el cálculo del índice de valor de importancia (IVI) se implementó la siguiente expresión:

$$IVI=Ar+Fr+Dr$$

Dónde: Ar: abundancia relativa, define el porcentaje de cada especie con relación al número total de individuos de todas las especies encontradas en la muestra, Fr: frecuencia relativa, calculada como la frecuencia absoluta de una especie con relación a la suma de frecuencias absolutas de todas las especies presentes en la muestra, Dr: dominancia relativa. Es el porcentaje de la dominancia absoluta de una especie con respecto a la suma de las dominancias absolutas de todas las especies presentes en la muestra

Abundancia Absoluta (Aa): hace referencia al número total de individuos de una especie que se encuentra en cada una de las unidades de muestreo con relación al número total de los individuos encontrados en el inventario (Melo y Vargas, 2003).

Se determina con la siguiente ecuación.

$$Aa = NAi$$

Donde; Aa = Abundancia absoluta; NAi = Número total de individuos de una especie; Na = Número total de individuos de una especie.

Frecuencia: Indica la presencia o ausencia de una especie en determinado cuadrante, al igual que da una aproximación acerca de la homogeneidad o heterogeneidad del bosque (Melo y Vargas, 2003).

Frecuencia absoluta (Fa): Hace referencia al número de cuadrantes en las que la que se encuentra una especie con relación al número total de sub parcelas inventariadas expresadas en porcentaje (Melo y Vargas, 2003).

$$Fa = \frac{N_{pi}}{N_p} \times 100$$

Donde; Fa = Frecuencia absoluta; N_{pi} = Número total de parcelas donde se encuentra una especie;

N_p = Número total de subparcelas.

Dominancia: Muestra el grado de cobertura en donde se encuentra una especie dentro del espacio que ocupa en el bosque en el cual se realizó el muestreo (Melo y Vargas, 2003).

Dominancia absoluta (Dab): se refiere a la sumatoria de las áreas basales de cada individuo perteneciente a una especie expresada en m^2 (Melo y Vargas, 2003).

Se determina como:

$$Dab = \sum Ai$$

Donde; Da = dominancia absoluta de una especie; $\sum Ai$ = sumatoria de las áreas basales de una especie.

Índice de Importancia Ampliado (IIA).

Este índice se usa para el análisis y evaluación de formas de vida de especies arbóreas y que de alguna manera requería de una simplificación en donde se tengan en cuenta especies herbáceas y trepadoras (Lozada et al. , 2008). Para esto se utiliza la siguiente expresión:

$$IIA = Ar + Fr + Dr + As + Fs$$

Donde; Ar = Abundancia de individuos de la categoría fustal; Fr = Frecuencia de individuos de categoría fustal; Dr = Dominancia de la categoría de fustal; As = Abundancia

relativa de la categoría de latizal y brinzal; F_s = Frecuencia relativa de la categoría de latizal y brinzal.

Cociente de mezcla.

Indica la heterogeneidad de un bosque, cuando el coeficiente de mezcla tiende a uno, indica que es más heterogéneo, y cuando tiende a cero, es más homogéneo (Lamprecht, 1990). Este índice se expresa de la siguiente manera:

$$CM = \frac{S}{N}$$

Dónde: CM = Coeficiente de mezcla, S = Número total de especies en el muestreo, N = Número total de individuos en el muestreo.

5.8.2 Estructura vertical.

El análisis de la estructura horizontal de un bosque es insuficiente para deducirlo como un estudio completo de su estructura, por esta razón Finol (1971) propuso realizar el análisis de la estructura vertical como una forma de analizar el bosque en conjunto para de esta manera conformar la estructura forestal en términos dinámicos.

Índice de Posición Sociológica (IPS). Según el autor (Hosokawa, 1986), se puede definir posición sociológica como un índice que da a conocer la composición florística de los substratos de la vegetación y de la función que cumplen las especies en cada uno de ellos.

Este índice se fundamentó en el análisis fisionómico de la estructura vertical (Finol, 1971), la cual se determinó en la representatividad de cada especie, con base a su presencia o ausencia en los diferentes estratos verticales del bosque.

Los rangos de altura establecidos para la estratificación según los autores (Castro y Cain, 1959) fueron los siguientes: Dominante ($\geq 15\text{m}$), Codominante ($\geq 8\text{m}$ y $< 15\text{m}$), Suprimidos ($\geq 5\text{m}$ y $< 8\text{m}$),

Índice de posición sociológica. Para el cálculo de este índice se usó la siguiente expresión:

$$PS = \text{DOMr} + \text{CODr} + \text{SUPRr}$$

$$\text{DOMr: Especies dominantes} = \frac{\text{DOM}}{\Sigma \text{DOM totales}} * 100$$

$$\text{CODr: Especies codominantes} = \frac{\text{COD}}{\Sigma \text{COD totales}} * 100$$

$$\text{SUPRr: Especies suprimidas} = \frac{\text{SUPR}}{\Sigma \text{SUPR totales}} * 100$$

5.9 Medidas de diversidad de especies.

Índices de diversidad. Para la obtención de los resultados en cuanto a índices de biodiversidad fue necesario utilizar la información obtenida en campo para de esta forma aplicar fórmulas con el fin de hallar cada uno de ellos. Para la el cálculo de estos índices se tomó como base (Moreno, 2001).

Índices de dominancia

Estos índices están basados en la dominancia del bosque, es decir en las especies con mayor valor de importancia despreciando la contribución de las demás. Para la obtención de la dominancia de las especies vegetales presentes en el área de estudio se emplearon los siguientes índices:

Índice de Simpson (λ)

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Donde p_i representa la abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Índice de Berger-Parker

$$d = N_{\max}/N$$

Donde N_{\max} , es el número de individuos en la especie más abundante y N , el número total de individuos.

Riqueza específica (S). Estos índices se basan únicamente en el número de especies presentes en el área de muestreo. Para la obtención de riqueza específica de las especies vegetales presentes en el área de estudio se emplearon los siguientes índices:

Índice de Margalef

$$DMg = (S-1)/N$$

Donde S , es el número de especies y N , el número total de individuos.

Índice de Menhinick

$$DMn = S/\sqrt{N}$$

Donde S , es el número de especies y N , el número total de individuos.

Índices de equidad. Para el estudio de la equidad de las de las especies vegetales presentes en el área de estudio se empleó el siguiente índice:

Índice de Shannon-Wiener

$$H' = -\sum p_i \cdot \ln p_i$$

Donde p_i representa la abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra y \ln es el logaritmo natural.

5.10 Formulación de estrategias o recomendaciones de conservación y manejo de áreas naturales donde se encuentran los afloramientos hídricos.

Para realizar la formulación de estrategias o recomendaciones de estas áreas dedicadas a la conservación de los afloramientos hídricos se tuvo en cuenta principalmente la información obtenida mediante el trabajo de campo, los resultados obtenidos en cuanto a caracterización florística y la legislación actual vigente.

Se identificaron las falencias que se han venido presentando con afectaciones notorias en la reducción del recurso hídrico, afecciones que a largo plazo repercuten en el crecimiento demográfico y económico del municipio.

5.11 Estados de conservación de las especies

A continuación, se revisó a nivel mundial y nacional el estado de conservación actual en el que se encuentran cada una de las especies encontradas en el área de estudio. Para ello, se consultaron las listas de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas

de Fauna y Flora Silvestre (CITES), esta lista es una revisión a nivel mundial y tiene las siguientes categorías: apéndice I; especies en peligro de extinción, apéndice II; no necesariamente en peligro de extinción, apéndice III; especies protegidas en al menos un país (Inskipp y Gillett, 2003).

Para la revisión a nivel nacional se consultó el libro Rojo de plantas de Colombia especies maderables amenazadas, (Lopez y Salinas, 2007) donde se categorizan 34 especies, las cuales comparten la característica de estar amenazadas por la tala y explotación de la madera. Este libro adoptó las categorías propuestas por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UINC), la cual cuenta con las siguientes categorías: Extinto (EX), Extinto en estado silvestre (EW), Extinto a nivel regional (RE), Peligro crítico (CR), Peligro (EN), Vulnerable (VU), Casi amenazados (NT), Preocupación menor (LC), Datos insuficientes (DD), No aplicable (NA), No evaluado (NE) (Lopez y Salinas, 2007).

6. Resultados

6.1 Ubicación y delimitación del área de estudio.

El área de estudio se encuentra ubicada en predios de propiedad de la Alcaldía del municipio de Enciso, Santander, en la vereda de Mosgua a 20 minutos en vehículo y 40 minutos caminando por la vía que conduce a las veredas de Robles y Cochaga aproximadamente a 3 km del casco urbano del municipio.

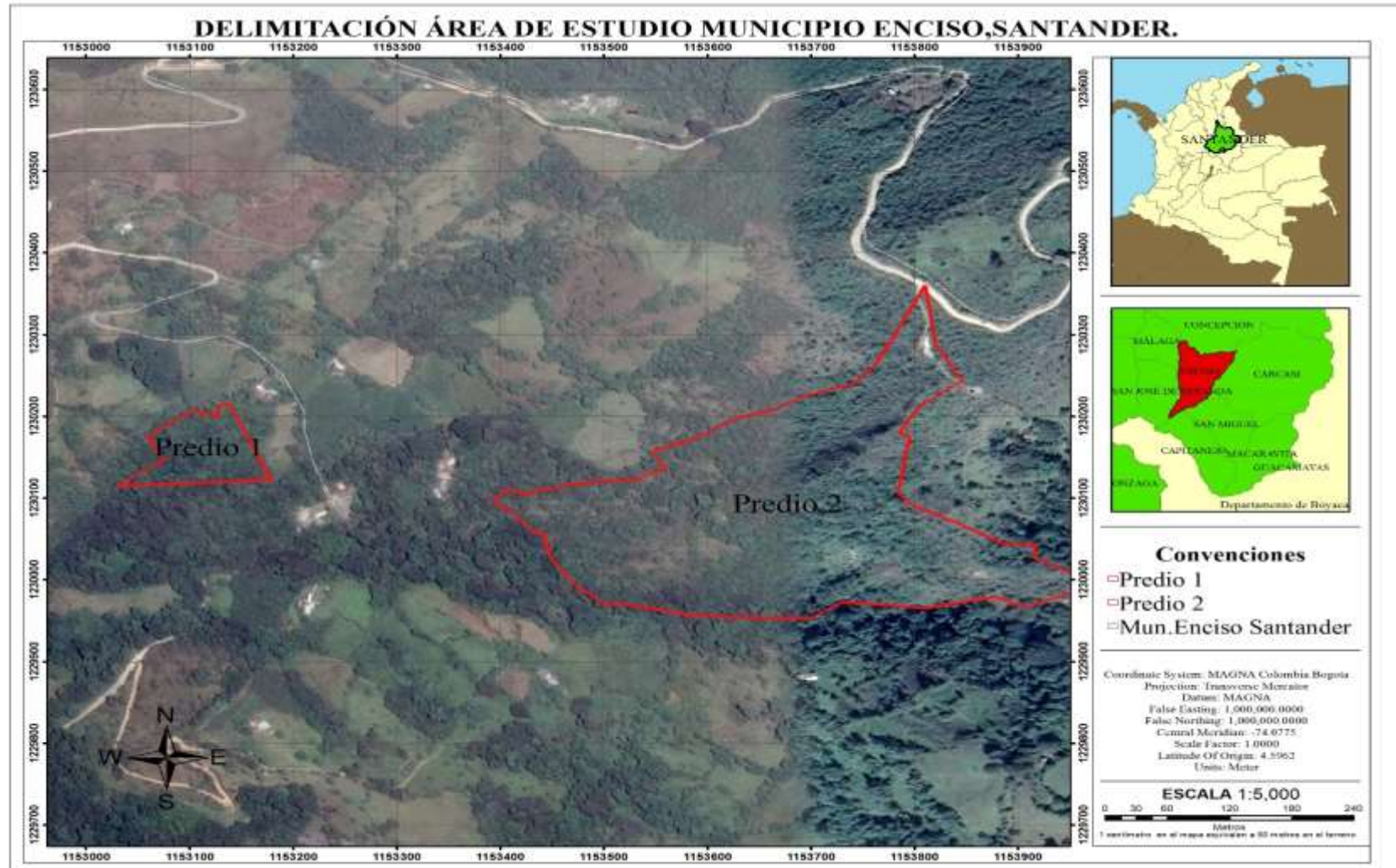
El área de estudio está dividida por dos predios. El primero de ellos ubicado aproximadamente a 156 m hacia el oriente desde la carretera y con un área de 9,08 hectáreas. El segundo se encuentra en sentido opuesto a unos 65 m desde el primer predio y con un área de 0,95

hectáreas donde se encuentra la bocatoma para el suministro de agua que abastece el acueducto urbano municipal (Figura 2.)

Los linderos con los cuales limitan los predios son al norte con predios Rodolfo Joya, delimitado por cimiento de piedra, al oriente con predios de Víctor Hormiga delimitado por cimiento de piedra y cerca de alambre, al sur con el predio de José Sierra lo delimita la quebrada Calagua, y al occidente con predios de Rodolfo Joya.

Figura 2.

Mapa delimitación de área de trabajo municipio de Enciso, Santander.



6.8 Índices espectrales de vegetación NDVI y EVI.

El predio nombrado como 1 como se observa en la figura 3 y figura 4, los valores de los índices NDVI y EVI tienden a 1, lo que representa una mayor cubierta vegetal a diferencia del predio nombrado como 2 que los valores de los índices espectrales tienden a 0 y -1 lo que indica poca a nula cubierta vegetal.

Figura 3.

Mapa índice espectral de vegetación (NDVI) área de trabajo municipio de Enciso, Santander.

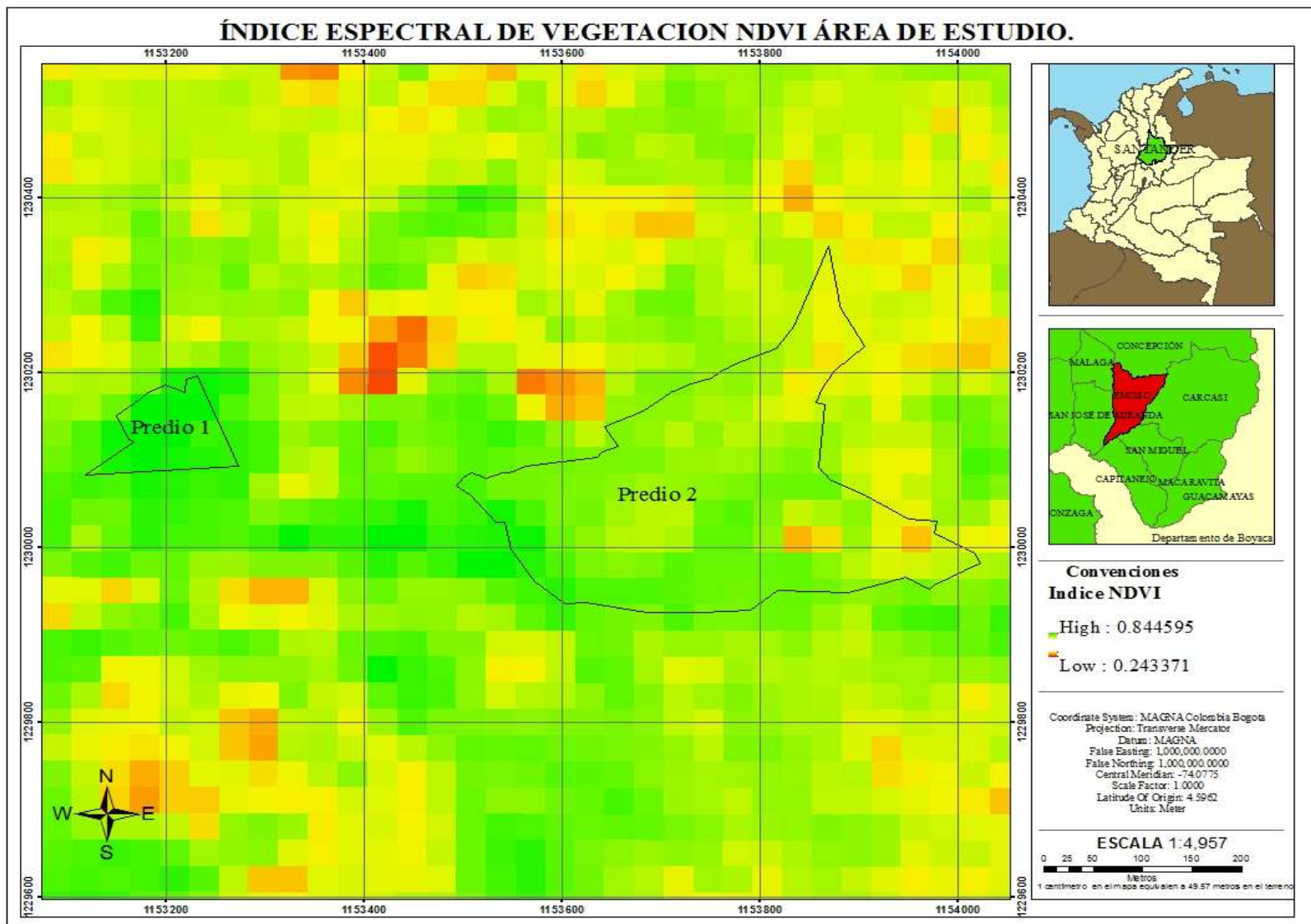
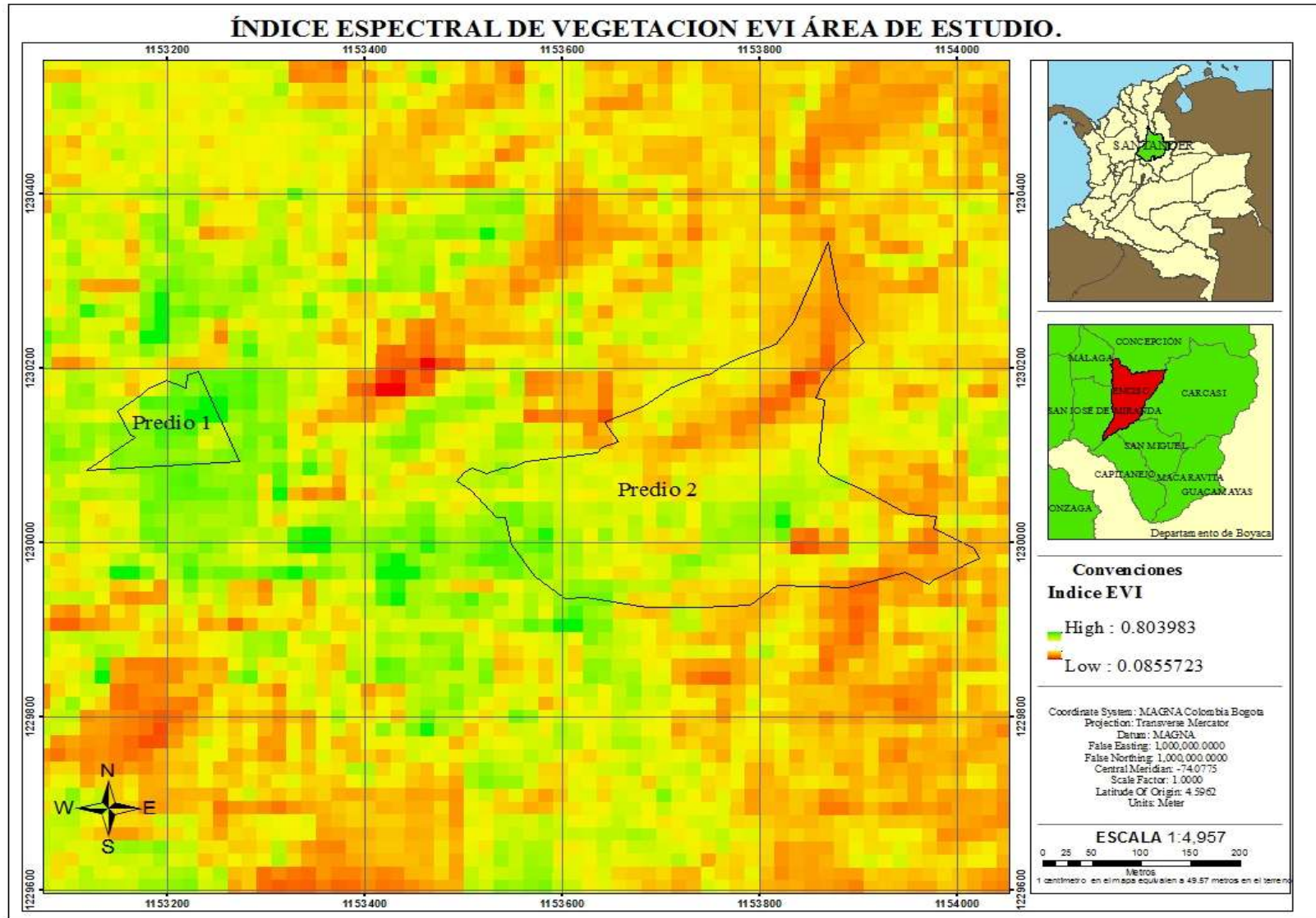


Figura 4.

Mapa índice espectral de vegetación (EVI) área de trabajo municipio de Enciso, Santander



6.2 Tamaño de la muestra

De acuerdo a la metodología propuesta para obtener el tamaño de la muestra, la cantidad de parcelas realizadas en el premuestreo resulto siendo insuficiente, por lo que se procedio a estandarizar el tamaño de la muestra. (Tabla 2).

Tabla 2.

Estadígrafos usados para calcular el tamaño de la muestra.

Estadígrafo	Valor
Media	0.1536
Desviación estándar	0.10008031
Coficiente de variación	65.160126
Grados de libertad	31
Probabilidad	0.9
T-student	1.30946355
Error de la muestra	15
Numero de parcelas	32.3569919

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos del tamaño de la muestra en el inventario, se concluyó que las 32 parcelas son suficientes para el estudio y serán las que proporcionen la información para la composición florística, estructura y diversidad del bosque.

6.3 Composición florística del área de estudio.

En este inventario se registró un total de 992 individuos distribuidos en 49 especies y 26 familias, donde 604 corresponden a la categoría de fustal, 221 para la categoría de latizal y 167 para la categoría de brinzal (Tabla 3).

Tabla 3.

Lista de especies encontradas en el área de estudio localizada en el municipio de Enciso, Santander.

Id.	Familia	Nombre científico	Nombre común
1	Acanthaceae	<i>Trichanthera gigantea</i> (Humb & Bonpl) Nees.)	Yatago
2	Anacardiaceae	<i>Anacardium excelsum</i> (Kunth) Skeels.	Caracolí
3	Anacardiaceae	<i>Toxicodendron striatum</i> (Ruiz & Pav.) Kuntze.	Sarno
4	Araliaceae	<i>Oreopanax capitatus</i> (Jacq.) Decne. & Planch.	Candelero
5	Asteraceae	<i>Barnadesia</i> sp.	Espino negro
6	Asteraceae	<i>Barnadesia spinosa</i> L.f.	Espino santo
7	Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	Aliso
8	Bignoniaceae	<i>Tecoma stans</i> (L.) Kunth.	Florero
9	Bignoniaceae	<i>Jacaranda caucana</i> Pittier.	Gualanday
10	Casuarinaceae	<i>Casuarina equisetifolia</i> L.	Casuarina
11	Clethraceae	<i>Clethra fagifolia</i> Kunth.	Amarillon
12	Clusiaceae	<i>Clusia multiflora</i> Kunth.	Gaque
13	Cupressaceae	<i>Cupressus lusitanica</i> (Mill.) Bartel.	Ciprés
14	Escalloniaceae	<i>Escallonia paniculata</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	Tobo
15	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia cotinifolia</i> L.	Cardenal
16	Euphorbiaceae	<i>Sapium</i> sp.	Lechero
17	Euphorbiaceae	<i>Croton</i> sp.	Sangro
18	Fabaceae	<i>Enterolobium</i> sp.	Alapo
19	Fabaceae	<i>Caesalpinia pulcherrima</i> (L.) Sw.	Clavellino
20	Fabaceae	<i>Inga</i> sp.	Guamo
21	Fabaceae	<i>Bauhinia variegata</i> L.	Pate vaca
22	Fabaceae	<i>Senna alata</i> (L.) Roxb.	Pito
23	Lauraceae	<i>Persea americana</i> Mill.	Aguacate
24	Lauraceae	<i>Persea caerulea</i> (Ruiz & Pav.) Mez.	Curo macho
25	Lauraceae	<i>Nectandra membranacea</i> SW.	Guacharaco
26	Lauraceae	<i>Nectandra reticulata</i> Mez.	Lorito
27	Lythraceae	<i>Lafoensia acuminata</i> (Ruiz & Pav.) DC.	Guayacán de manizales
28	Malvaceae	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Ceiba
29	Malvaceae	<i>Heliocarpus americanus</i> L.	Falso balso
30	Melastomataceae	<i>Miconia</i> sp. 1	Miconia
31	Melastomateceae	<i>Miconia</i> sp. 2	Morcate
32	Moraceae	<i>Ficus insipida</i> Willd.	Higuerón
33	Moraceae	<i>Ficus velutina</i> Willd.	Oticon

(Continuación tabla 3)

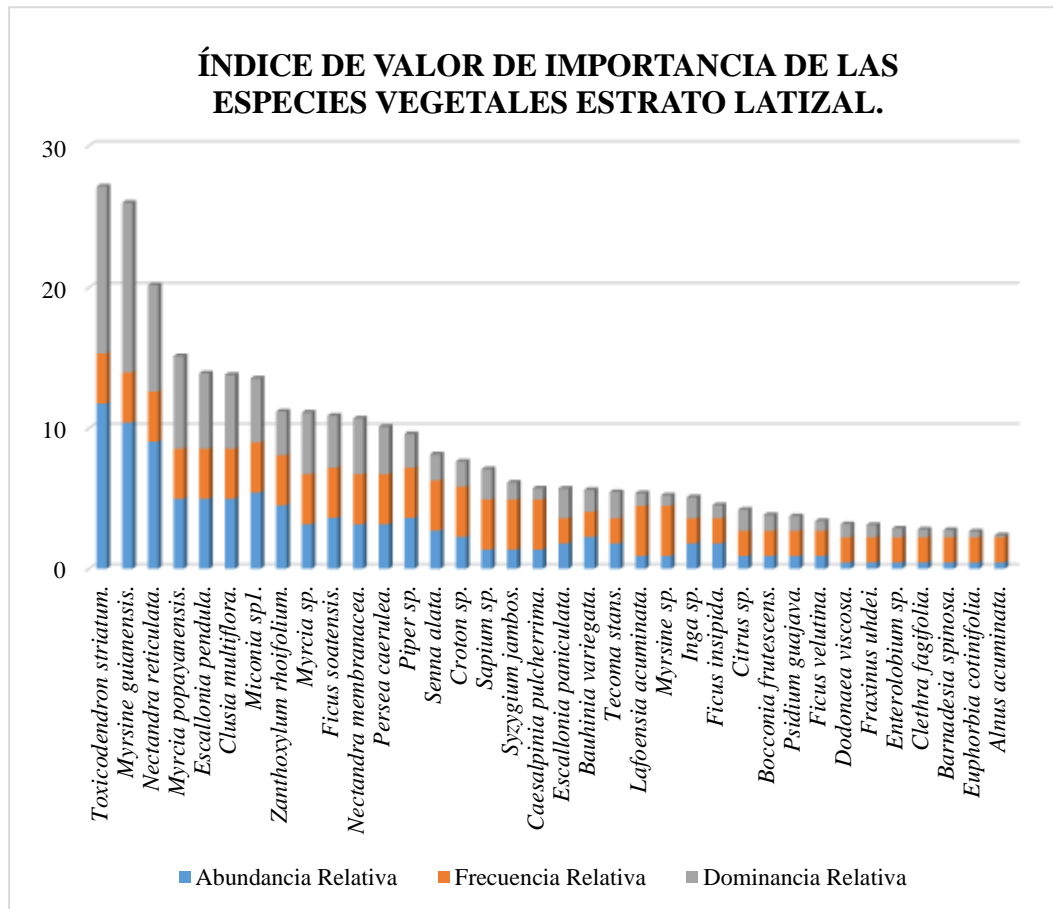
34	Moraceae	<i>Ficus soatensis</i> Dugand.	Uvo
35	Myrtaceae	<i>Myrcia popayanensis</i> Hieron.	Arrayán
36	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Eucalipto
37	Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> L.	Guayabo
38	Myrtaceae	<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston.	Pomarroso
39	Myrtaceae	<i>Myrcia</i> sp.	Sururo
40	Oleaceae	<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh.	Urapán
41	Papaveraceae	<i>Bocconia frutescens</i> L.	Trompeto
42	Piperaceae	<i>Piper</i> sp.	Cordoncillo
43	Primulaceae	<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze.	Cucharo
44	Primulaceae	<i>Myrsine</i> sp.	Cucharo blanco
45	Rutaceae	<i>Citrus</i> sp.	Naranja
46	Rutaceae	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Tachuelo
47	Sapindaceae	<i>Dodonaea viscosa</i> (L.) Jacq.	Ayuelo
48	Sapotaceae	<i>Chrysophyllum pomiferum</i> (Eyma) T.D.Penn.	Caimo
49	Urticaceae	<i>Cecropia peltata</i> L.	Yarumo

6.4 Estructura horizontal.

6.4.1 Índice de Valor de Importancia (IVI) para el estrato latizal.

Figura 5.

índice de valor de importancia (IVI) para el estrato latizal.

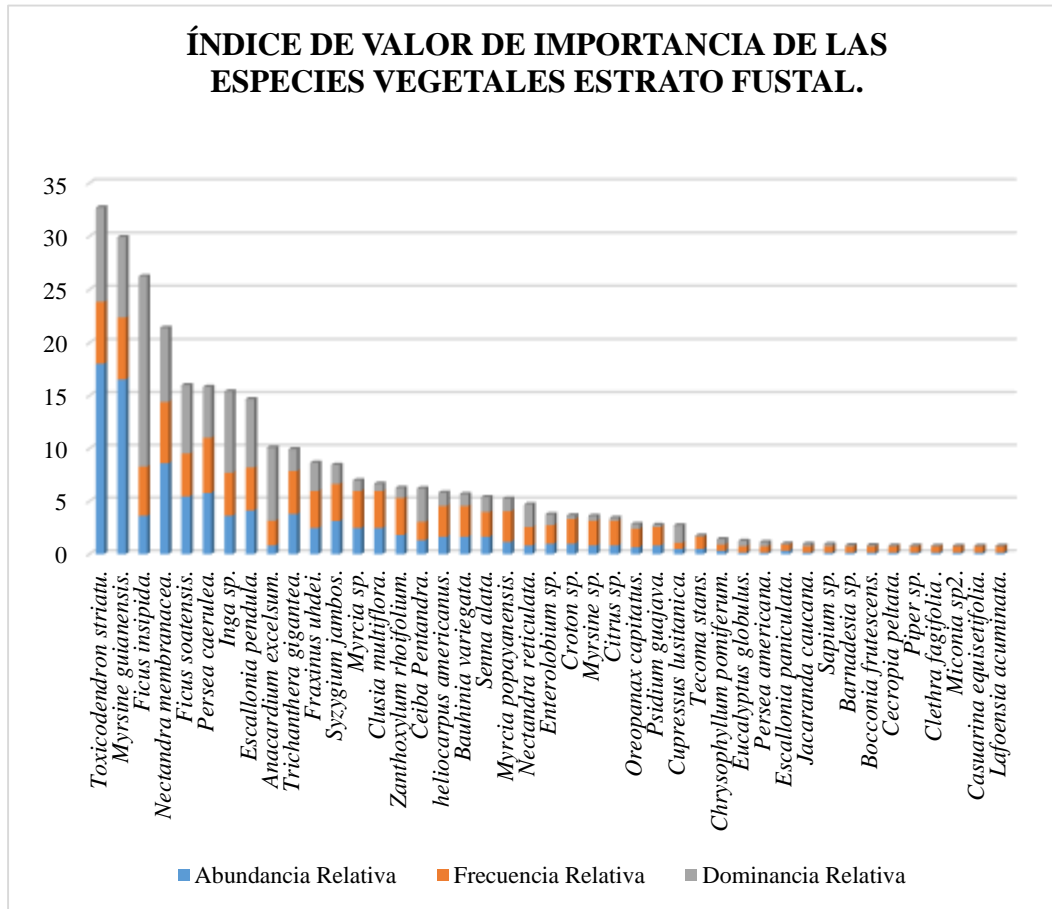


Al igual que en el anterior análisis se realizó el Índice de Valor de Importancia para el estrato de latizal a nivel general del área de estudio, donde se evidencia que la especie *Toxicodendron striatum*, sigue dominando con un 27,138%, no muy lejos se encuentra el *Myrsine guianensis* y el *Nectandra reticulata* con un 25,980% y 20,159%, respectivamente. Otras especies como *Euphorbia cotinifolia*, y *Alnus acuminata*, son las menos representativas en el área de estudio (Figura 5).

6.4.2 Índice de Valor de Importancia (IVI) para el estrato fustal.

Figura 6.

Índice de valor de importancia (IVI) para el estrato fustal.

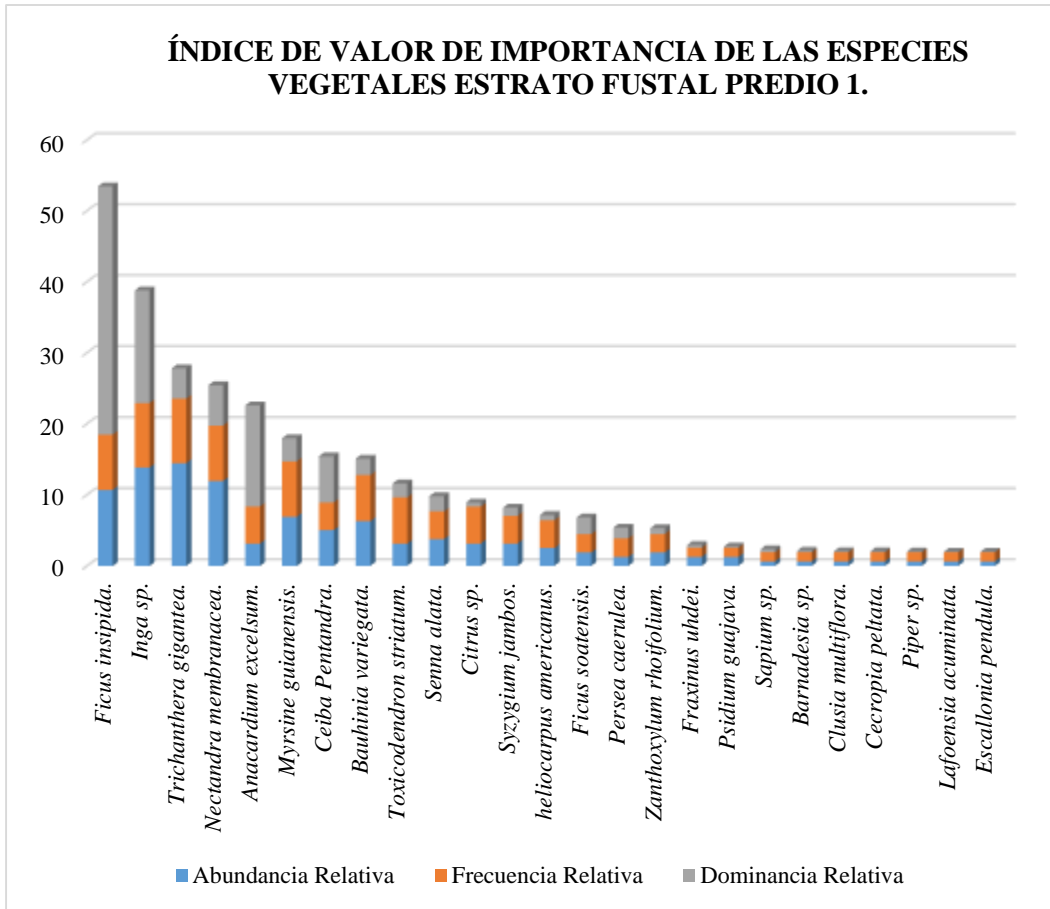


El índice de valor de importancia IVI es una representación del valor ecológico y la importancia de las especies en del bosque, se emplea para obtener una mejor visión de la jerarquía de cada especie. Con el análisis realizado se encontró que las especies con mayor importancia dentro del área de estudio son *Toxicodendron striatum* con un 32,709% seguido del *Myrsine guianensis* y *Ficus insípida* con un 29,918% y 26,245%, respectivamente. Otras especies como el *Miconia sp 2*, *Casuarina equisetifolia* y *Lafoensia acuminata*, son las especies con menor representatividad del área de estudio (ver figura 6). En cuanto a este índice se observa que ninguna especie supera el 33% debido a la variedad encontrada en esta zona.

6.4.3 Índice de Valor de Importancia (IVI) para el estrato fustal predio 1.

Figura 7.

Índice de valor de importancia (IVI) para el estrato fustal predio 1.



Con el análisis realizado se encontró que la especie con mayor importancia dentro del predio 1 fue el *Ficus insipida* con un 53,450 %, seguido del *Inga sp* y *Trichanthera gigantea* con 38,779% y 27,798%, respectivamente. Otras especies como *Lafoensia acuminata* y *Escallonia paniculata* son las menos representativas (Figura 7).

6.4.4 Índice de Valor de Importancia (IVI) para el estrato Fustal predio 2.

Figura 8.

Índice de valor de importancia (IVI) para el estrato fustal predio 2.



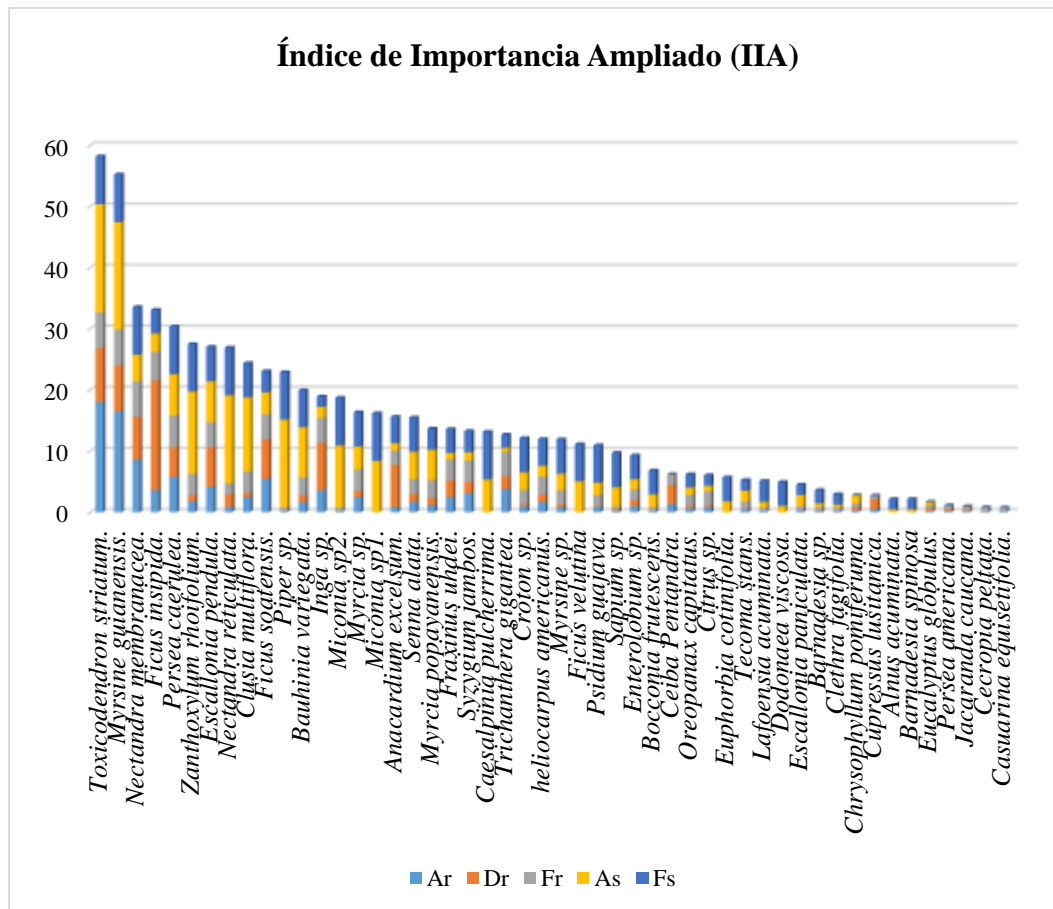
Con el análisis realizado se encontró que la especie con mayor importancia dentro del predio 2-fue *Toxicodendron striatum*, con un 46,994 %, seguido del *Myrsine guianensis* y *Escallonia paniculata*, con un 39,869% y 23,719%, respectivamente. Otras especies como *Clethra fagifolia*, *Miconia sp2* y *Casuarina equisetifolia*, son las menos representativas (Figura 8).

6.4.5 Índice de Importancia Ampliada (IIA).

La Figura 9 indica el comportamiento del bosque en el área de estudio para el Índice de Importancia Ampliado dando a conocer principalmente la tendencia de este bosque en cuanto a su composición florística.

Figura 9.

Índice de importancia ampliado del área de estudio.



Se evidencia la jerarquía de la especie *Toxicodendron striatum*, con 58,22% con muy poca ventaja sobre el *Myrsine guianensis*, con un valor de 55,26%. Estas especies son las más dominantes en el bosque ya que poseen altas cifras en cuanto a abundancia, frecuencia y

dominancia en los estratos fustal latiza y brinzal, lo que indica que tienen altas posibilidades de permanecer en el bosque a lo largo del tiempo.

Especies como: *Nectandra membranacea*, *Ficus insípida* y *Persea caerulea*, presentan altos valores de IIA, lo que indican que pueden llegar a ocupar los estratos superiores en un futuro. Las demás especies por presentar valores bajos en cuanto a este índice, indican que no pueden competir con las especies superiores y por ende será complicado llegar a ocupar los niveles superiores dentro del rodal.

6.4.6 Cociente de mezcla.

En este estudio se registraron un total de 993 individuos distribuidos en 49 especies, de este modo, el cociente de mezcla presenta un valor de 0,049. Este valor se puede expresar en 1/20, esto indica que por cada especie muestreada se presentan 20 individuos en el bosque. Teniendo en cuenta el concepto de cociente de mezcla significa que el bosque tiende a ser homogéneo, ya que existe un buen número de individuos por cada especie.

6.5 Estructura vertical.

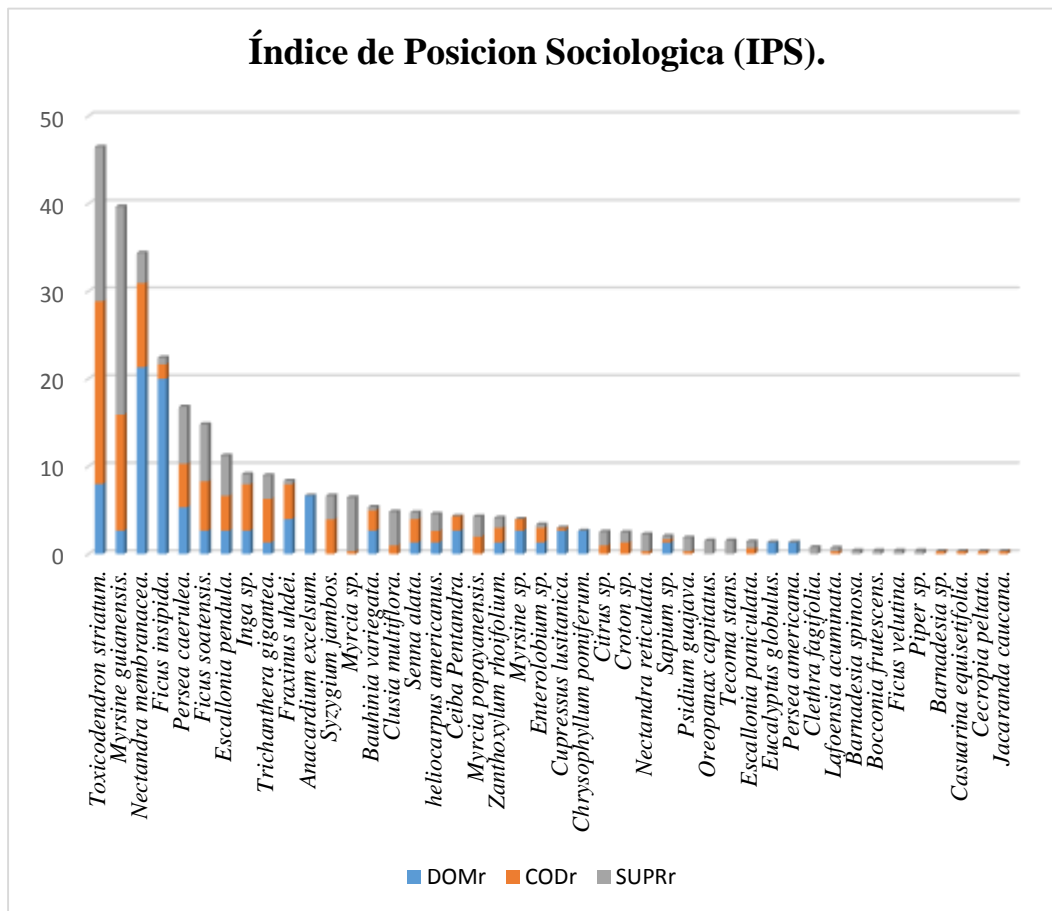
6.5.1 Índice de Posición Sociológica del Área total.

En este índice se identificaron los siguientes estratos: suprimidos, codominantes y dominantes con rangos de alturas de ($\geq 5\text{m}$ y $<8\text{m}$), ($\geq 8\text{m}$ y $<15\text{m}$) y ($\geq 15\text{m}$), respectivamente.

En la Figura 10 se representa el índice de posición sociológica. El *Toxicodendron striatum*, *Myrsine guianensis* y *Nectandra membranacea* con valores de 46,48, 39,66 y 34,38, respectivamente, se presentan como las especies con el índice más alto siendo estas tres quienes dominen esta zona.

Figura 10.

Índice de posición sociológica para el área de estudio.

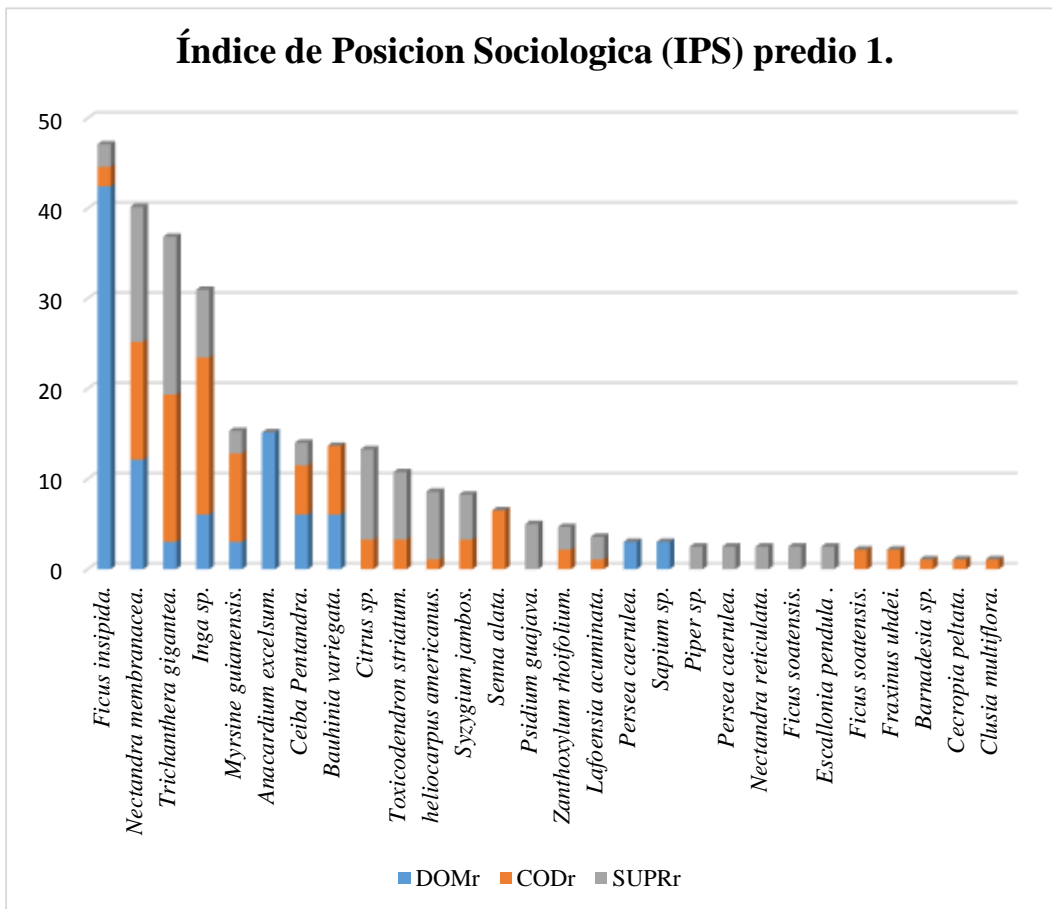


6.5.2 Índice de Posición Sociológica del predio 1.

En cuanto al area de trabajo 1 se presentaron tres especies con la mayor cifra para este indice, estas son: *Ficus insipida* (47,09), *Nectandra membranacea* (40,16), *Trichanthera gigantea* (36,83); las demás especies muestran valores por debajo de 20 (Figura 11).

Figura 11.

Índice de posición sociológica del predio 1.

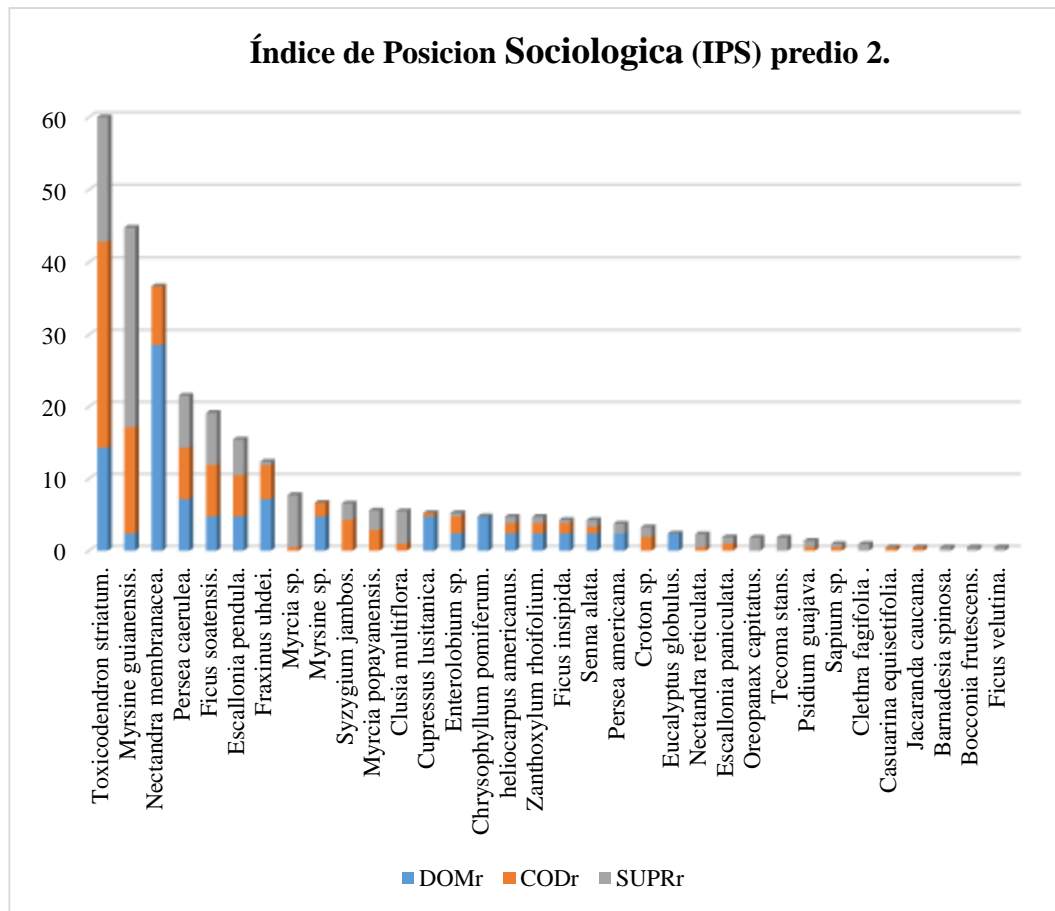


6.5.3 Índice de Posición Sociológica del predio 2.

Para la zona de estudio 2 el *Toxicodendron striatum* se muestra como la más dominante con 62,31 en esta área de bosque, las especies *Myrsine guianensis* y *Nectandra membranacea* con 44,74 y 36,66, respectivamente, también presentaron valores representativos para este índice, siendo especies competentes dentro de este rodal (figura12).

Figura 12.

Índice de posición sociológica del predio 2.



6.6 Regeneración natural.

A continuación, se presenta las especies vegetales encontradas para el estrato brinzal con su respectivo conteo (Tabla 4).

Tabla 4.

Regeneración Natural Área de estudio.

Nombre científico	Nombre común	Conteo
<i>Miconia sp.2</i>	Miconia	22
<i>Piper sp.</i>	Cordoncillo	18
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> (Ruiz & Pav.) Kuntze.	Tachuelo	15
<i>Clusia multiflora</i> Kunth.	Gaque	12
<i>Myrsine guianensis</i> Hieron.	Cucharó	12

(Continuación tabla 4)

<i>Bauhinia variegata</i> L.	Pate vaca	10
<i>Toxicodendron striatum</i> (Ruiz & Pav.) Kuntze.	Sarno	10
<i>Caesalpinia pulcherrima</i> (L.) Sw.	Clavellino	9
<i>Nectandra reticulata</i> Mez.	Lorito	9
<i>Ficus velutina</i> Willd.	Oticon	7
<i>Persea caerulea</i> (Ruiz & Pav.) Mez.	Curo macho	6
<i>Escallonia pendula</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	Loqueto	3
<i>Euphorbia cotinifolia</i> L.	Cardenal	3
<i>Heliocarpus americanus</i> L.	Falso balso	3
<i>Myrsine</i> sp.	Cucharero blanco	3
<i>Sapium</i> sp.	Lechero	3
<i>Senna alata</i> (L.) Roxb.	Pito	3
<i>Anacardium excelsum</i> (Kunth) Skeels.	Caracolí	2
<i>Bocconia frutescens</i> L.	Trompeto	2
<i>Enterolobium</i> sp.	Alapo	2
<i>Ficus insipida</i> Willd.	Higuerón	2
<i>Nectandra membranacea</i> SW.	Guacharaco	2
<i>Oreopanax capitatus</i> (Jacq.) Decne. & Planch	Candelerero	2
<i>Psidium guajava</i> L.	Guayabo	2
<i>Barnadesia</i> sp.	Espino negro	1
<i>Croton</i> sp.	Sangro	1
<i>Dodonaea viscosa</i> (L.) Jacq.	Ayuelo	1
<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh.	Urapán	1
<i>Myrcia</i> sp.	Sururo	1
<i>Trichanthera gigantea</i> (Humb & Bonpl) Nees.	Yatago	1

6.7 Medida de diversidad de especies en el área de estudio.

6.7.1 Índices de diversidad para el estrato fustal y latizal del área en general.

La Tabla 5 describe los índices de diversidad de los estratos fustal y latizal para los dos predios que conforman el área general de este estudio.

Índices de riqueza específica

Las especies vegetales muestreadas en los estratos fustal y latizal fueron 43 y 36, respectivamente. Según el índice de Margalef (6,558 fustal) y (6,484 latizal) y Menhinick (1,749

fustal) y (2,422 latizal) esto indica una alta y media diversidad florística respectivamente, para los estratos estudiados.

Índices de dominancia.

Según el índice de Simpson la categoría que presenta mayor dominancia es fustal, es decir que la probabilidad de que dos individuos tomados al azar sean de la misma especie es más alta en fustal que en latizal.

El índice de Berger Parker muestra la dominancia de las especies, el incremento en el valor de este índice se interpreta como un aumento en la equidad y una disminución de la dominancia. Como los resultados obtenidos para este índice tienden a cero se interpreta que es un bosque poco dominante y más equitativo, aunque cabe recalcar que se presenta mayor equitatividad en el estrato fustal que el estrato latizal.

Índice de equidad

El índice de Shannon-Wiener muestra una muy alta equidad tanto para lazital como fustal debido a la cantidad de especies encontradas y gran porcentaje de participación en cada estrato del bosque. El estrato latizal indica una mayor equidad que el estrato fustal con 3,181 y 2,950, respectivamente.

Tabla 5.

Índices de diversidad de especies para el estrato fustal y latizal del área en general.

ÍNDICES DE DIVERSIDAD			RIQUEZA DE ESPECIES	Fustal	Latizal
				43	36
ÍNDICES DE RIQUEZA ESPECÍFICA			ÍNDICE DE MARGALEF	6,558	6,484
			ÍNDICE DE MENHINICK	1,749	2,422
ESTRUCTURA	ÍNDICES DE ABUNDANCIA PROPORCIONAL	DOMINANCIA	ÍNDICE DE SIMPSON	0,084	0,055
			ÍNDICE DE BERGER PARKER	0,180	0,118
		EQUIDAD	ÍNDICE DE SHANNON-WIENER	2,950	3,181

6.7.2 *Índices de biodiversidad para el estrato fustal y latizal del predio 1.*

La Tabla 6 describe los índices de diversidad de estratos fustal y latizal para el predio 1.

Índices de riqueza específica

Las especies vegetales muestreadas en los estratos fustal y latizal fueron 25 y 13, respectivamente. Según el índice de Margalef (4,735 fustal) y (3,494 latizal) y Menhinick (1,983 fustal) y (2,335 latizal) este indica una media y muy alta diversidad florística, respectivamente para los estratos estudiados.

Índices de dominancia.

Según el índice de Simpson la categoría que presenta mayor dominancia es el estrato latizal, es decir que la probabilidad de que dos individuos tomados al azar sean de la misma especie es más alta en latizal que en fustal.

Según los resultados obtenidos para el índice de Berger Parker se observa que este índice tiende a cero para el estrato de fustal como para latizal. Se interpreta que es un bosque poco dominante y más equitativo, aunque cabe recalcar que se presenta mayor equitatividad en el estrato fustal que el estrato latizal.

Índice de equidad

El índice de Shannon-Wiener muestra una muy alta equidad tanto para el estrato fustal como latizal, debido a la variedad de especies encontradas y a la igualdad de participación en cada estrato del bosque. El estrato fustal indica para este predio una mayor equidad que el estrato latizal con 2,745 y 2,343, respectivamente como se observa en la Tabla 6.

Tabla 6.

Índices de diversidad de especies para el estrato fustal y latizal del predio 1.

ÍNDICES DE DIVERSIDAD			RIQUEZA DE ESPECIES	Fustal	Latizal
				25	13
ÍNDICES DE RIQUEZA ESPECÍFICA			ÍNDICE DE MARGALEF	4,735	3,494
			ÍNDICE DE MENHINICK	1,983	2,335
ESTRUCTURA	ÍNDICES DE ABUNDANCIA PROPORCIONAL	DOMINANCIA	ÍNDICE DE SIMPSON	0,084	0,118
			ÍNDICE DE BERGER PARKER	0,145	0,226
		EQUIDAD	ÍNDICE DE SHANNON-WIENER	2,745	2,343

6.7.3 índices de diversidad para el estrato fustal y latizal del predio 2.

Índices de riqueza específica

En cuanto a los índices de riqueza específica para los estratos fustal y latizal los resultados fueron 32 y 31, respectivamente. Según el índice de Margalef (5,084 fustal) y (5,718 latizal) y Menhinick (1,517 fustal) y (2,249 latizal) este nos indica una muy alta diversidad florística respectivamente, para los estratos analizados.

Índices de dominancia.

Según el índice de Simpson la categoría que presenta mayor dominancia es el estrato fustal, es decir que la probabilidad de que dos individuos tomados al azar sean de la misma especie es más alta en fustal que en latizal.

Según los resultados obtenidos para el índice de Berger Parker se observa que este índice tiende a cero para el estrato de fustal como para latizal. Se interpreta que es un bosque poco dominante y más equitativo, aunque cabe recalcar que se presenta mayor equitatividad en el estrato latizal que el estrato fustal.

Índice de equidad

El índice de Shannon-Wiener muestra una muy alta equidad tanto para el estrato fustal como latizal debido a la variedad de especies encontradas y a la igualdad de participación en cada estrato del bosque. El estrato latizal nos indica para este predio una mayor equidad que el estrato fustal con 3,030 y 2,615, respectivamente como se puede observar en la tabla 7.

Tabla 7.

Índices de diversidad de especies para el estrato fustal y latizal del predio 2.

ÍNDICES DE DIVERSIDAD			RIQUEZA DE ESPECIES	Fustal	Latizal
				32	31
ÍNDICES DE RIQUEZA ESPECÍFICA			ÍNDICE DE MARGALEF	5,084	5,718
			ÍNDICE DE MENHINICK	1,517	2,249
ESTRUCTURA	ÍNDICES DE ABUNDANCIA PROPORCIONAL	DOMINANCIA	ÍNDICE DE SIMPSON	0,119	0,064
			ÍNDICE DE BERGER PARKER	0,234	0,132
		EQUIDAD	ÍNDICE DE SHANNON-WIENER	2,615	3,030

6.9 Estrategias o recomendaciones de conservación y manejo de áreas naturales donde se encuentran los afloramientos hídricos.

Con la finalidad de darle un mejor manejo a las áreas naturales donde se encuentran los afloramientos hídricos y obtener mayores beneficios de los que actualmente aporta éstas áreas, se formularon las siguientes estrategias:

- Realizar el debido aislamiento con base a la normatividad vigente de los dos predios dedicados a la protección y conservación de los afloramientos hídricos que abastecen y abastecerán el acueducto urbano del municipio de Enciso y demás acueductos rurales que requieran y puedan beneficiarse de este servicio.
- Se recomienda realizar este aislamiento bajo un sistema de cerca viva, el cual consiste en hacer el cercamiento temporal con postes de madera delimitando el área definida para su conservación y posteriormente realizar la plantación de árboles con especies endémicas

que pasean cualidades en cuanto a la conservación del agua con la finalidad de remplazar los postes de madera.

- Elaborar programas de reforestación en las zonas definidas para la protección y conservación del recurso hídrico, estas especies forestales deben adaptarse a las condiciones biológicas del lugar y aportar beneficios a la regulación de este recurso.
- Implementar programas de educación ambiental a las comunidades beneficiarias encaminados a correcto uso doméstico de este recurso hídrico. Del mismo modo se deben implementar estos programas a las comunidades que se encuentran en contacto directo e interactúen con estas áreas.
- Formular programas y estrategias que vayan encaminados a proteger los afloramientos hídricos, los cuales busquen solucionar problemas de déficit hídrico, a los que se ven enfrentados las comunidades beneficiarias del recurso agua.
- Elaborar y ejecutar planes de seguimiento y mantenimiento con el fin de garantizar la conservación y protección de estas zonas de recarga hídrica y por ende proporcionar un buen uso servicio.

6.10 Estado de conservación de las especies.

Para evaluar el estado de conservación de las especies encontradas en el área de estudio se realizó revisando la convención sobre el comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES) en donde ninguna especie de este estudio se encuentra dentro de las categorías establecidas por las listas de Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre.

De igual manera se revisaron los datos de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), se encontró que, de las 49 especies identificadas, 41 de estas no se encuentran evaluadas, sin embargo, ocho especies si presentan cierto grado de amenaza, de las cuales 7 se encuentran en la categoría de preocupación menor (LC) y una presenta categoría de casi amenazadas (NT) (Tabla 8). Con base a lo anterior, esta zona es de gran interés para la conservación de especies ya que se encontraron algunas especies dentro de estas categorías.

Tabla 8.

Estado de conservación de las especies encontradas en el bosque.

Id.	Familia	Nombre científico	IUCN	CITES
1	Acanthaceae	<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	NE	NA
2	Anacardiaceae	<i>Anacardium excelsum</i> (Kunth) Skeels.	NT	NA
3	Anacardiaceae	<i>Barnadesia sp.</i>	NE	NA
4	Araliaceae	<i>Barnadesia spinosa</i> L.f.	NE	NA
5	Asteraceae	<i>Bauhinia variegata</i> L.	NE	NA
6	Asteraceae	<i>Bocconia frutescens</i> L.	NE	NA
7	Betulaceae	<i>Caesalpinia pulcherrima</i> (L.) Sw.	NE	NA
8	Bignoniaceae	<i>Casuarina equisetifolia</i> L.	LC	NA
9	Bignoniaceae	<i>Cecropia peltata</i> L.	LC	NA
10	Casuarinaceae	<i>Ceiba Pentandra</i> (L.) Gaertn.	NE	NA
11	Clethraceae	<i>Chrysophyllum pomiferum</i> (Eyma) T.D.Penn.	NE	NA
12	Clusiaceae	<i>Citrus sp.</i>	----	----
13	Cupressaceae	<i>Clethra fagifolia</i> Kunth.	NE	NA
14	Escalloniaceae	<i>Clusia multiflora</i> Kunth.	NE	NA
15	Euphorbiaceae	<i>Croton sp.</i>	----	----
16	Euphorbiaceae	<i>Ficus insipida</i> Willd.	NE	NA
17	Euphorbiaceae	<i>Ficus soatensis</i> Dugand.	NE	NA
18	Fabaceae	<i>Ficus velutina</i> Willd.	NE	NA
19	Fabaceae	<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh.	LC	NA
20	Fabaceae	<i>heliocarpus americanus</i> L.	NE	NA
21	Fabaceae	<i>Inga sp.</i>	NE	NA
22	Fabaceae	<i>Jacaranda caucana</i> Pittier.	NE	NA
23	Lauraceae	<i>Lafoensia acuminata</i> (Ruiz & Pav.) DC.	NE	NA
24	Melastomataceae	<i>Miconia sp.</i>	NE	NA
25	Melastomateceae	<i>Miconia sp.</i>	NE	NA
26	Lauraceae	<i>Myrcia popayanensis</i> Hieron.	NE	NA

(Continuación tabla 8)

27	Lythraceae	<i>Myrcia sp.</i>	NE	NA
28	Malvaceae	<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze.	NE	NA
29	Malvaceae	<i>Myrsine sp.</i>	NE	NA
30	Lauraceae	<i>Nectandra membranacea</i> SW.	NE	NA
31	Lauraceae	<i>Nectandra reticulata</i> Mez.	NE	NA
32	Moraceae	<i>Oreopanax capitatus</i> (Jacq.) Decne. & Planch.	NE	NA
33	Moraceae	<i>Persea americana</i> Mill.	NE	NA
34	Moraceae	<i>Persea caerulea</i> (Ruiz & Pav.) Mez.	NE	NA
35	Myrtaceae	<i>Piper sp.</i>	NE	NA
36	Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> L.	NE	NA
37	Myrtaceae	<i>Sapium sp.</i>	NE	NA
38	Myrtaceae	<i>Senna alata</i> (L.) Roxb.	NE	NA
39	Myrtaceae	<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston.	NE	NA
40	Oleaceae	<i>Tecoma stans</i> (L.) Kunth.	NE	NA
41	Papaveraceae	<i>Toxicodendron striatum</i> (Ruiz & Pav.) Kuntze.	NE	NA
42	Piperaceae	<i>Trichanthera gigantea</i> (Humb & Bonpl) Nees.	LC	NA
43	Primulaceae	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	NE	NA
44	Primulaceae	<i>Ficus insipida</i> Willd.	NE	NA
45	Rutaceae	<i>Ficus soatensis</i> Dugand.	NE	NA
46	Rutaceae	<i>Ficus velutina</i> Willd.	NE	NA
47	Sapindaceae	<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh.	NE	NA
48	Sapotaceae	<i>heliocarpus americanus</i> L.	NE	NA
49	Fabaceae	<i>Inga sp.</i>	LC	NA

7. Discusión

Los resultados obtenidos reflejan un similitud en cuanto a algunas especies con (Herrera, 2017), como lo fueron *Trichanthera gigantea*, *Alnus acuminata*, *Anacardium excelsum*, *Barnadesia sp*, *Cupressus lusitanica*, *Senna alata*, *Ceiba pentandra*, *Miconia sp*, *Ficus insipida*, *Eucalyptus globulus*, *Psidium guajava*, *Myrcia sp*, *Fraxinus uhdei*, *Piper sp*, y *Myrsine sp*. También se encontró gran similitud de especies vegetales con el trabajo realizado por (Cardenas y Herrera, 2018), especies semejantes como *Alnus acuminata*, *Escallonia paniculata*, *Fraxinus*

uhdei, *Barnadesia sp*, *Myrsine sp*, *Miconia sp*, *Sapium sp*, *Eucalyptus globulus* y *Piper sp*. Aunque se encuentra similitud de especies cabe recalcar que para este estudio se encontró una mayor diversidad de especies vegetales en cuanto al cálculo de los índices diversidad florística, de igual forma es preciso recalcar que para el presente estudio unas de las especies con mayor valor de importancia fueron *Toxicodendron striatum*, *Ficus insípida*, *Nectandra membranacea*, *Inga sp*, entre otras. Especies que no se encontraron en ninguno de los trabajos mencionados anteriormente, a pesar de que ambos trabajos se encuentran geográficamente cerca y comparten condiciones abióticas en algunas regiones.

Estudios como los mencionados anteriormente deben considerarse de gran importancia ya que evalúan y caracterizan los diferentes afluentes hídricos que poseen los municipios y las regiones en general, que benefician no solamente a las redes de acueductos urbanos y rurales, sino que también las necesidades hídricas de los ecosistemas presentes en la zona. Desafortunadamente, estos afloramientos se han visto afectados en gran parte por actividades antrópicas dejando en evidencia las necesidades de agua en las comunidades y creando conflicto entre ellas. Por tal razón se requiere más atención y cuidado por parte de los entes encargados para la conservación de los recursos naturales apoyando e invirtiendo en este tipo de trabajos.

8. Conclusiones

- Después de aplicada la metodología para delimitación del área de estudio se logró ultimar que el predio nombrado como predio 1 cuenta un área de 0,955 hectáreas y el predio nombrado como predio 2 cuenta con un área de 9,08 hectáreas. De lo que cabe resaltar que

la información suministrada por la alcaldía del municipio de Enciso, Santander, en cuanto al área perteneciente a cada predio es mayor a la reflejada por el resultado obtenido.

- Del total inventariado la mayor cantidad de especies son codominantes, mientras que en el estrato dominante se encontró el menor número de individuos indicando así que estos bosques poseen características de dosel bajo, lo anterior se evidenció en el trabajo realizado en campo.
- Mediante la caracterización florística realizada para el área de trabajo en general, se pudo concluir que las especies con mayor valor de importancia o representatividad fueron: *Toxicodendron striatum*, *Myrsine guianensis*, *Ficus insípida*, *Nectandra membranacea*, *Ficus soatensis*, *Persea caerulea*, *e Inga sp*, *Escallonia pendula* y *Anacardium excelsum*.
- Con respecto a la variedad de especies en el área de trabajo, se logró identificar que la vegetación presente en el área nombrada como predio 1 posee una vegetación relativamente diferente al área nombrada como predio 2, esto debido a que en el predio 1 se han realizado actividades de reforestación en pro a conservación del recurso hídrico en el sitio.
- En cuanto a índices de diversidad se concluye que este bosque presenta una media y alta diversidad de acuerdo a los resultados arrojados por los índices de diversidad; cabe recalcar que el área nombrada como predio 1 aunque tenga una menor área en relación al predio 2 tiende a ser igual en términos de diversidad, esto debido a que además de las actividades antrópicas evidenciadas en el predio 2, en el predio 1 se han ejecutado programas de reforestación ,protección y conservación ya que en este predio se localiza la bocatoma que suministra el recurso hídrico al acueducto municipal.
- De acuerdo con Índices espectrales de vegetación NDVI y EVI y lo representado en sus resultados se logra concluir que el predio 1 posee una cubierta vegetal la cual cubre en

totalidad su área lo que coincide con la alta cantidad de individuos vegetales con respecto a la reducida área; a diferencia el predio 2 el cual no toda el área está cubierta por bosque, concordando con lo que se observó en las salidas al campo y lo es consecuencia de actividades antrópicas presentes en el lugar.

9. Recomendaciones

- Se considera importante la continuidad de este tipo de estudios, por medio de programas de incentivación en instituciones y entidades que por su vocación tengan la facilidad de invertir en estos programas para garantizar la conservación del bosque y brindar seguimiento a este importante lugar para las comunidades que allí habitan.
- Es de vital importancia que el gobierno municipal de Enciso ponga su atención en el lugar, para que estos sitios no entren en deterioro y no sean reducidos por la expansión ganadera y agrícola de más actividades realizadas por el hombre que afecten este ecosistema.
- Se recomienda que, al momento de realizar actividades de conservación como reforestaciones, las especies a utilizar para ello sean seleccionadas bajo concepto profesional, además de tener en cuenta la normatividad actual correspondiente para realizar acciones.
- Se evidenció que en el área denominada como predio dos dentro de este trabajo, se encuentra un afloramiento cuyas aguas son derramadas sobre la zona ya que no cuenta con un sistema de captación y distribución, por lo que se recomienda la realización de este tipo de infraestructuras para darle un uso más adecuado.

Referencias Bibliográficas

- Acosta, V, Araujo, P, y Iturre, M. (2006). Caracteres estructurales de las masas. *Serie didáctica*. Nro 22, Recuperado de <http://fcf.unse.edu.ar/archivos/series-didacticas/SD-22-Caracteres-estructurales-ACOSTA.pdf>
- Alcaldia Municipal de Enciso Santander. (2003). Esquema de ordenamiento territorial del Municipio de Enciso. Enciso, Colombia: Alcaldia de Enciso.
- Bartholomaeus, A, De la Rosa, A, Santos, J, Acero, L, y Mossbrugger, W. (1990). El manto de la tierra: flora de los Andes.
- Cardenas, J, y Herrera, Wilches, J. (2018). Caracterización florística y georreferenciación de los afloramientos hídricos comprendidos en las veredas de la parte alta del municipio de Málaga. (Trabajo de grado), Universidad Industrial de Santander, Málaga, Colombia.
- Carmona, A, y Monsalve, J. (2004). Sistemas de información geográficos. Congreso de Ingeniería de Sistemas en la Universidad San Buenaventura de Medellín Colombia., Recuperado de <https://dds.cepal.org/infancia/guia-para-estimar-la-pobreza-infantil/bibliografia/capitulo-IV/Carmona%20Alvaro%20y%20Monsalve%20Jhon%20%281999%29%20Sistemas%20de%20informacion%20geografica.pdf>
- Castro, G, y Cain, S. (1959). Manual of Vegetation Analysis.
- Comisión Nacional de Actividades Espaciales. (2016). Índices espectrales derivados de imágenes satelitales Landsat 8 Sensor OLI. Versión 1, Argentina: CONAE., Recuperado de <https://catalogos.conae.gov.ar/landsat8/Docs/IndicesEspectralesDerivadosDeLandsat8.pdf>
- Condit, R. (1995). Research in large, long-term tropical forest plots. *Trends in Ecology & Evolution*. Vol 10(1), 18-22.
- Congedo, Luca. (2016). Semi-automatic classification plugin documentation. Release, 4(0.1), 29.
- Finol, H. (1971). Nuevos parámetros a considerarse en el análisis estructural de las selvas vírgenes tropicales. *Revista Forestal Venezolana* Vol 14, Recuperado de <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=orton.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=017777>.
- Halffter, G. (1998). A strategy for measuring landscape biodiversity. *Biology International* (France).
- Hamilton, LS, Dudley, N, y Greminger, G. (2009). Los bosques y el agua (Organización de las Naciones Unidas Para la Agricultura y la Alimentación FAO).

- Herrera, L. (2017). Evaluación del estado actual y caracterización de las zonas de recarga del municipio de San José de Miranda departamento de Santander Colombia. (Trabajo de grado), Universidad Industrial de Santander, Málaga, Colombia.
- Hosokawa, R. (1986). Manejo de economía de florestas
- Inskipp, T, y Gillett, H. (2003). Checklist of CITES species. Cambridge, UK., Recuperado de <http://checklist.cites.org/#/es>
- Lamprech, H. (1990). Silvicultura en los trópicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas; posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. Alemania: Technische Zusammenarbeit (GTZ).
- Lamprecht, H. (1990). Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas- posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. Alemania: Cooperación técnica- Alemania, Eschborn.
- Leiva, D, y Betancourt, N. (2000). Análisis estructural del bosque de roble del municipio de enciso, Santander. (Trabajo de grado), Universidad Industrial de Santander, Málaga, Colombia.
- Lopez, D, y Salinas, N. (2007). Libro rojo de plantas de Colombia. Especies maderables amenazadas: Primera parte. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas "SINCHI". Vol 4, Recuperado de https://www.sinchi.org.co/files/publicaciones/publicaciones/pdf/LR_MADERABLES.pdf
- Lozada, J, Costa, M, y Soriano, P. (2008). Sucesión vegetal en bosques aprovechados de la reserva forestal Caparo y reserva forestal Imataca, Venezuela. (Tesis de disertación), Universidad de Valencia. Jardín Botánico de Valencia. España.
- Magurran, A E. (1988). Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey: EUUA, Recuperado de <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-94-015-7358-0>
- Melo, L, y Camacho, M. (2005). Interpretación visual de imágenes de sensores remotos y su aplicación en levantamientos de cobertura y uso de la tierra, Bogotá: IGAC : CIAF, Recuperado de http://documentacion.ideam.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=9657&shelfbrowse_itemnumber=10236
- Moreno, C. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. Zaragoza España: M&T–Manuales y Tesis SEA. Cooperación Iberoamericana CYTED, Recuperado de <http://entomologia.rediris.es/sea/manuales/metodos.pdf>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (1980). Ecosistemas de los Bosques Tropicales. In la Ciencia Y la Cultura: UNESCO
- Whittaker, R. (1972). Evolution and measurement of species diversity. Taxon.

Apéndices

Apéndice A.

Reconocimiento de especies estrato brinzal (Nectandra membranacea).



Apéndice B.

Delimitación del área de estudio.



Apéndice C.

Fotografía área de estudio.



Apéndice D.

Vegetación presente en el área de estudio.



Apéndice E.

Medición de CAP.



Apéndice F.

Marcación de árboles.



Apéndice G.

Establecimiento de cuadrantes para la medición del estrato latizal



Apéndice H.

Establecimiento de cuadrantes para la medición del estrato brinzal.

