

Caracterización Florística y Diversidad de Especies del Bosque Alto Andino en el
Municipio de San Miguel, Santander, Colombia.

Fabián Leonardo Becerra Zarate, Edwin Fabián Jaimes Cárdenas

Trabajo de Grado para Optar el título de Ingeniero Forestal

Director

Jorge Andrés Rodríguez Toro

PhD en Cs. Forestales

Universidad Industrial de Santander

Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia

Programa de Ingeniería Forestal

Málaga

2018

Dedicatoria

Este trabajo es dedicado a Dios por permitirnos la realización de este proyecto.

A mis padres y familiares más cercanos por su apoyo incondicional en cada una de estas etapas. A mis compañeros quienes me compartieron su conocimiento que me ayudaron a cumplir con los objetivos necesarios para lograr tan anhelada meta.

Edwin Fabián Jaimes cárdenas

A Dios siempre por permitirme vivir y llevar a cabo esta investigación, guía y artífice de nuestra existencia.

A mi madre Encarnación Zarate Díaz por el apoyo incondicional, los consejos y por la lucha de sacarme adelante siempre, mi padre Henry Alberto Becerra que desde lejos está pendiente de las cosas y de lo que pasa.

A mis amistades por los consejos y los buenos momentos vividos.

A esta tierra que me permitió crecer y desarrollarme como persona íntegra y disfrutar de la misma.

Fabián Leonardo Becerra Zarate

“La naturaleza no disculpa errores humanos.”

ZEYTIÑOGLU

Agradecimientos

Agradecemos a todas las personas que pusieron un granito de arena para poder desarrollar y
llevar a cabo este proyecto principalmente:

A los profesores de la Universidad Industrial de Santander por los conocimientos compartidos
quienes con su sabiduría nos ayudaron a creer ética y profesionalmente

A la comunidad San Miguel por la ayuda que nos brindaron y por acogernos en sus casas el
tiempo que estuvimos en este sitio.

Al Dr. Andrés Rodríguez Toro por su dirección, seguimiento y acompañamiento en la
ejecución de la investigación.

Tabla de Contenido

Introducción	16
1. Justificación	17
2. Objetivos	18
2.1 Objetivo general	18
2.2 Objetivos específicos	18
3. Hipótesis	19
4. Marco referencial	19
4.1 Marco teórico	19
4.1.1 Factores externos.	19
4.1.2 Inventario forestal..	22
4.1.3 Bosque altoandino.....	23
4.1.4 Sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge.	23
4.1.5 Falso color RGB 432.	24
4.1.6 Falso color RGB 564.	24
4.1.7 Índice de Vegetación Normalizado (NDVI).....	24
4.1.8 Índice de Vegetación Mejorado (EVI).....	25
4.1.9 Índice Tasseled Cap Greeness (TCG).....	25
4.1.10 Regeneración Natural.....	26
4.1.11 Evaluación estructural del bosque.	26
4.2 Marco histórico	27
4.3 Marco conceptual.....	28

4.4 Marco jurídico.....	30
5. Metodología	31
5.1 Ubicación	31
5.2 Delimitación.....	33
5.3 Muestreo	34
5.3.1 Establecimiento de los conglomerados.....	34
5.3.2 Tamaño de la muestra.	37
5.3.3 Clasificación de especies.	37
5.4 Evaluación estructural y caracterización florística.	38
5.4.1 Índice de Valor de Importancia (IVI).	38
5.4.2 Índice de Importancia Ampliado (IIA).	41
5.4.3 Cociente de mezcla.	41
5.4.4 Índice de Predominio Fisionómico (IPF).....	41
5.4.5 Índice de Posición Sociológica (IPS).....	42
5.4.6 Índices de diversidad.....	43
5.5 Estados de conservación de las especies.....	45
6. Resultados	46
6.1 Ubicación y delimitación del área de estudio.	46
6.2 Muestreo	53
6.2.1 Establecimiento de los conglomerados.....	53
6.2.2 Tamaño de la muestra y ubicación de los conglomerados.....	53
6.3 Evaluación estructural y caracterización florística.	56
6.3.1 Lista de especies.	56

6.3.2 Índice de Valor de Importancia (IVI).	57
6.3.3 Índice de Importancia Ampliada (IIA).	59
6.3.4 Cociente de mezcla.	61
6.3.5 Índice de Predominio Fisionómico para el estrato fustal grande.	61
6.3.6 Índice de Predominio Fisionómico para el estrato fustal.	64
6.3.7 Índice de Predominio Fisionómico para el estrato latizal.	66
6.3.8 Índice de Posición Sociológica.	67
6.3.9 Regeneración natural.	69
6.3.10 Medidas de diversidad de especies.	71
6.4 Estado de conservación de las especies.	73
7. Discusión.....	75
8. Conclusiones	78
9. Recomendaciones	79
Referencias bibliográficas.....	81
Apéndices.....	85

Lista de Tablas

Tabla 1. Estadígrafos usados para calcular el tamaño de la muestra (latizales).	53
Tabla 2. Estadígrafos usados para calcular el tamaño de la muestra (fustales).	54
Tabla 3. Estadígrafos usados para calcular el tamaño de la muestra (fustales grandes).	54
Tabla 4. Lista de especies encontradas en el bosque altoandino en el municipio de San Miguel.	56
Tabla 5. Índices de diversidad de los estratos de fustal grande y fustal.	71
Tabla 6. Índices de diversidad de los estratos de latizal	72
Tabla 7. Estado de conservación de las especies encontradas en el bosque	74
Tabla 8. Especies en común de ambos estudios	76
Tabla 9. Especies en común entre ambos estudios.	77

Lista de Figuras

Figura 1. Ubicación del municipio de San Miguel en la provincia de García Rovira	32
Figura 2. Establecimiento de conglomerados	35
Figura 3. Establecimiento de unidades de medición.....	36
Figura 4. Combinación de bandas 432 del satélite landsat 8 para el municipio de San Miguel, Santander.....	48
Figura 5. Combinación de bandas 564 del satélite landsat 8 para el municipio de San Miguel, Santander.....	49
Figura 6. Índice de vegetación EVI del satélite landsat 8 para el municipio de San Miguel, Santander.....	50
Figura 7. Índice de vegetación NDVI del satélite landsat 8 para el municipio de San Miguel, Santander.....	51
Figura 8. Índice de vegetación TCG del satélite landsat 8 para el municipio de San Miguel, Santander.....	52
Figura 9. Localización de los conglomerados en el área de estudio.	55
Figura 10. Índice de valor de importancia (IVI).....	58
Figura 11. Índice de Importancia ampliado (IIA).....	60
Figura 12. Índice de predominio fisionómico (IPF) para el estrato Fustal grande	62
Figura 13. Índice de predominio fisionómico (IPF) para el estrato Fustal	64
Figura 14. Índice de predominio fisionómico (IPF) para el estrato latizal.	66
Figura 15. Índice de posición sociológica. (IPS).....	68
Figura 16. Regeneración Natural del bosque altoandino en el municipio de San Miguel.....	70

Lista de Apéndices

Apéndice A. Establecimiento de subparcelas	85
Apéndice B. Medición de diámetros dap.	86
Apéndice C. Medición de alturas.	87
Apéndice D. Recoleccion de muestras botanicas.....	88
Apéndice E. Bosque altoandino en el municipio de San Miguel, Santander	89

RESUMEN

TITULO: CARACTERIZACIÓN FLORÍSTICA Y DIVERSIDAD DE ESPECIES DEL BOSQUE ALTO ANDINO EN EL MUNICIPIO DE SAN MIGUEL, SANTANDER, COLOMBIA

AUTORES: FABIÁN LEONARDO BECERRA ZARATE
EDWIN FABIÁN JAIMES CÁRDENAS

PALABRAS CLAVE: BOSQUE ALTO ANDINO, INDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA, INDICE DE IMPORTANCIA AMPLIADO, INDICES DE BIODIVERSIDAD, INDICE DE POSICION SOCIOLOGICA, INDICE DE PREDOMINIO FISIOLOGICO.

DESCRIPCIÓN:

Para analizar la estructura y composición de un bosque se requiere la elaboración de un trabajo de caracterización florística, para este estudio se realizó en el bosque alto andino en el municipio de San Miguel, Santander, en una área de 1345,6 ha aproximadamente. 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 conglomerados distribuidos al azar constituidos por 5 subparcelas circulares que se encuentran a 80 metros entre ellas. Con estas se realizó la caracterización florística en base a la metodología planteada; allí se identificaron 27 especies pertenecientes a 23 familias, donde se destaca el *Quercus Humboldtii* como la especie más representativa de la zona, seguida del *Myrcianthes Leucoxylla* con valores de IVI de 184,31% y 27.67% respectivamente. También se evaluó el IIA donde se obtuvieron valores de 203,90 para el *Quercus Humboldtii* siendo esta especie la más importante en este índice y 50,52 para el *Miconia sp.* En cuanto al CM se registraron un total de 887 individuos distribuidos en 27 especies, por lo tanto, el coeficiente de mezcla presenta un valor de 0.033 lo que es lo mismo a $1/25$, esto significa que por cada especie muestreada se presentan 25 individuos en el bosque. Del mismo modo para los índices de PF y PS el *Quercus Humboldtii* ocupa el primer lugar con valores de 251,70 y 152,20 para cada uno, seguido de las especies *Myrcianthes Leucoxylla* y *Miconia sp* en el igual orden, también se evaluó la biodiversidad obteniendo valores que muestran una baja y muy baja diversidad florística para el estrato de fustal grande y una diversidad alta y media para el estrato de fustal, reflejando así un evidente dominio del *Quercus Humboldtii* sobre esta área de estudio.

*Trabajo de grado.

**Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia. Programa de Ingeniería Forestal. Director: Jorge Andrés Rodríguez Toro, Ph-D en Cs. Forestales

ABSTRACT

TITLE: FLORISTIC CHARACTERIZATION AND DIVERSITY OF SPECIES OF THE ANDEAN HIGH FOREST IN THE MUNICIPALITY OF SAN MIGUEL, SANTANDER, COLOMBIA.

AUTHORS: FABIÁN LEONARDO BECERRA ZARATE
EDWIN FABIÁN JAIMES CÁRDENAS

KEYWORDS: HIGH ANDEAN FOREST, INDEX OF VALUE OF IMPORTANCE, INDEX OF EXTENDED IMPORTANCE, INDICES OF BIODIVERSITY, INDEX OF SOCIOLOGICAL POSITION, INDEX OF PHYSIOLOGICAL PREDOMIN.

DESCRIPTION:

To analyze the structure and composition of a forest requires the preparation of a work of floristic characterization, for this study was conducted in the high Andean forest in the municipality of San Miguel, Santander, in an area of approximately 1345.6 ha. In which a sampling of the zone was carried out, measuring in the trees the quantitative variables such as height and diameter of the shaft, in randomly distributed conglomerates constituted by 5 circular subplots that are 80 meters apart. With these, the floristic characterization was made based on the proposed methodology; there were identified 27 species belonging to 23 families, where *Quercus Humboldtii* stands out as the most representative species in the area, followed by *Myrcinantes Leucoxylla* with IVI values of 184.31% and 27.67% respectively. The IIA was also evaluated where values of 203.90 were obtained for the *Quercus Humboldtii*, this species being the most important in this index and 50.52 for the *Miconia* sp. Regarding the CM, a total of 887 individuals were recorded distributed in 27 species, therefore, the mixing coefficient has a value of 0.033 which is the same at 1/25, this means that for each species sampled 25 individuals are presented in the woods. In the same way for the PF and PS indices *Quercus Humboldtii* occupies the first place with values of 251.70 and 152.20 for each, followed by the species *Myrcinantes Leucoxylla* and *Miconia* sp in the same order, biodiversity was also evaluated obtaining values that show a low and very low floristic diversity for the stratum of large fustal and a high and medium diversity for the stratum of fustal, thus reflecting an evident domain of *Quercus Humboldtii* on this area of study.

*Bachelor thesis

**Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia. Programa de Ingeniería Forestal. Director: Jorge Andrés Rodríguez Toro, Ph-D en Cs. Forestales.

Introducción

Para poder conocer la variedad de biodiversidad en el planeta se deben tener en cuenta los diferentes niveles jerárquicos de la vida como lo son genes, especies, poblaciones y ecosistemas, así como también su organización y funcionalidad. Para realizar estudios y análisis de la diversidad es necesario utilizar métodos y herramienta tales como son los inventarios de vegetación, estos son de suma importancia ya que facilitan el conocimiento de la estructura y funcionalidad de las diferentes asociaciones biológicas, para de esta forma contribuir al mejoramiento de los recursos naturales (Álvarez, 2004).

Colombia ocupa el segundo puesto entre los 12 países con mayor biodiversidad, esto debido a la privilegiada ubicación geográfica, localizada en la esquina noroccidental de Sur América, sobre la faja inter-tropical del globo, además de la presencia de la cadena montañosa de los Andes y a sus costas sobre dos mares. Se debe tener en cuenta que la diversidad de especies está directamente relacionada con la diversidad eco sistémica. Según los resultados obtenidos por el programa de investigación, inventario de la biodiversidad, realizado en el año 2005, en Colombia existen alrededor de 1000 registros con información relativa a tipos de vegetación, la mayor cantidad de registros se relaciona con la región andina con 595 seguida de la amazonia con 131 (Romero, Cabrera y Ortiz, 2008).

La superficie boscosa del país cuenta aproximadamente con 63'777.519 ha, de las cuales 53'832.989 corresponden a bosques naturales y 9'908.927 ha a bosques en transición. La cobertura boscosa con mayor representatividad es el bosque andino es 9'108.474 ha, seguido del bosque andino fragmentado 3'040.711 (Ucros, 2008).

1. Justificación

La región andina debido a sus condiciones favorables para el desarrollo y bienestar de las personas presenta un alto grado de deterioro de sus zonas boscosas. El bosque altoandino ha venido perdiendo a través de los años su área, esto en gran parte por actividades ganaderas y la expansión de la frontera agrícola, dado que actualmente solo el 4% de éste se conserva intacto. El bosque altoandino cumple funciones específicas del ecosistema, tales como la regulación del flujo hídrico que descende de los páramos y la acumulación y regulación de sus nutrientes, que ayudan al desarrollo de especies arbóreas que resguardan y alimentan una amplia y muy importante variedad de especies animales y vegetales, siendo estos un lugar muy propicio para bromelias y orquídeas (Rincon, 2012), por tanto, es muy importante contar con conocimientos reales de la zona.

San Miguel es un municipio de Colombia, situado en el departamento de Santander. Allí existen los bosques altoandinos donde predominan los robledales. La presencia de la mano del hombre no ha sido tan notoria y, por ello, las buenas condiciones ecosistemáticas de estos bosques permiten establecer un alto nivel de importancia en la realización de este trabajo de caracterización. Lo anterior, para acceder a información real de las condiciones y recursos que los bosques altoandinos presentan, y determinar con el estado actual del sitio de estudio en cuanto a su flora se refiere, ya que no se cuenta con una literatura completa del sitio de estudio a la hora de consultar acerca de este tema, para la implementación de programas o proyectos relacionados con la protección y/o conservación de la flora existente en dicha franja altitudinal. Es de vital importancia llevar a cabo estudios para conocer el estado que se encuentran estos ecosistemas y de este modo facilitar y promover la gestión de proyectos que contribuyan con la protección de estas áreas boscosas.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Realizar la caracterización florística y estructural del bosque altoandino localizado en el municipio de San Miguel, Santander, Colombia.

2.2 Objetivos específicos

- Delimitar el área correspondiente al bosque altoandino ubicado en el municipio de san miguel utilizando los falsos colores e índices de vegetación a través de imágenes satelitales landsat 8
- Implementar el sistema de premuestreo, muestreo y toma de datos adaptado al inventario forestal nacional propuesto por el IDEAM 2017
- Identificar las especies obtenidas de los diferentes puntos de muestreo de la zona de estudio mediante el procedimiento y análisis adecuado
- Analizar y discutir la información obtenida en la zona de estudio

3. Hipótesis

Dado que el bosque altoandino es una zona que cuenta con una gran riqueza en cuanto a biodiversidad y recursos naturales, si estos ecosistemas son de gran importancia para la población debido a que satisfacen necesidades básicas pero a su vez presentan deterioro por el mal uso de estos recursos naturales causando impactos negativos en ellos, entonces se podría tener un amplio conocimiento en cuanto a la estructura y composición de dichos ecosistemas que permitan el desarrollo de planes de manejo y conservación con base a estos conocimientos.

4. Marco referencial

4.1 Marco teórico

4.1.1 Factores externos. *Clima:* El municipio de San Miguel tiene una altura sobre el nivel del mar que varía de 1.200 en el extremo sur sobre las riveras del Río Tunebo a 3.200 en el extremo noreste en la vereda Lajas. Cuenta con pisos térmicos templado y frío. Tiene una temperatura que va desde los 8 hasta los 24 grados centígrados, y la precipitación promedio anual es de 1.200 milímetros anuales (Alcaldía Municipal de San Miguel, 2003).

Precipitación: De acuerdo con los datos de las estaciones utilizadas, en San Miguel se presentan dos periodos de alta pluviosidad intercalados con periodos de baja pluviosidad; el primer periodo de altas lluvias se presenta en los meses de abril, mayo y junio; el segundo periodo lluvioso se encuentra entre los meses de octubre y noviembre. Los periodos secos se presentan en los meses

de enero y febrero correspondiente al primer semestre y en julio agosto y diciembre para el segundo semestre del año.

En las veredas San Pedro (parte baja), San Ignacio (parte baja) y Cenacuta se da un promedio de lluvias anuales menores a 1.000 mm. Por otra parte, las mayores precipitaciones se encuentran en las partes altas de las veredas Pamplonita, Tablón y Lajas con un promedio anual de 1.300 mm. En el centro del municipio, en el casco urbano y en parte de las veredas Arenal, Zaragoza, Llano Grande, Santa Helena, San Ignacio, Lajas y San Pedro se presentan precipitaciones medias anuales que oscilan entre 1.100 y 1.200 mm (Alcaldía Municipal de San Miguel, 2003)

Temperatura: La temperatura del municipio de San Miguel va desde los 8 hasta los 24 grados centígrados, se encuentra en una zona baja o de cima medio, las temperaturas más altas se presentan en los meses de enero, febrero y diciembre, y las más bajas se dan en los meses de abril, agosto y octubre. La temperatura promedio de este municipio corresponde a 16 grados centígrados (Alcaldía Municipal de San Miguel, 2003)

Suelo: San Miguel cuenta con suelos relativamente jóvenes o poco evolucionados los cuales pertenecen a los órdenes de los entisoles, inceptisoles, andisoles y alfisoles. Estos suelos presentan gran variedad de pendientes de van desde planos hasta terrenos muy abruptos con pendientes del 50% (Alcaldía Municipal de San Miguel, 2003)

Unidades climáticas: Según la Alcaldía Municipal de San Miguel (2003), el municipio de San Miguel presenta de manera general seis unidades climáticas, que corresponden a:

Unidad de Páramo Superhúmedo: El páramo es un piso bioclimático, determinado por la altura sobre el nivel del mar, por la ubicación geográfica, además por bajas temperaturas, alta insolación diurna, baja presión atmosférica, constantes cambios de temperatura, humedad y predominancia

de vientos moderados a fuertes. Esta unidad se presenta por encima de la cota 3200, ocupa un área de 4,72 Km² que equivalen al 6% del total del área municipal.

Unidad de Páramo Bajo Húmedo: El páramo es un piso bioclimático, determinado por la altura sobre el nivel del mar, por la ubicación geográfica, además por bajas temperaturas, alta insolación diurna, baja presión atmosférica, constantes cambios de temperatura, humedad y predominancia de vientos moderados a fuertes. Esta unidad ocupa un área de 6.3 Km² que equivalen al 8.78% del área total del municipio.

Unidad Frio Semiárido: Se presenta entre los 1.800 y los 2.450 m.s.n.m., La precipitación oscila entre 900 y 1.000 mm, la temperatura promedio esta entre 16°C y 17°C, se distribuye en una extensión de 8,3 Km² que corresponde al 11,7% del área total del municipio.

Unidad Frío Semihúmedo: Se presenta entre los 2.000 y los 3.000 m.s.n.m., La precipitación oscila entre 900 mm y 1.300mm, por tanto, que la temperatura promedio oscila entre 12°C y 18°C, se distribuye en una extensión de 38,36 Km², que corresponde al 54,03% del área total del municipio.

Unidad Templada Semihúmedo: Se da entre los 1.550 y 2.000 m.s.n.m., la temperatura oscila entre los 20°C a los 24°C y la precipitación está a más de 1.300 mm anuales y presenta una extensión de 4,21 Km², que corresponden al 6% del área municipal.

Coberturas y uso de suelos: El municipio de san miguel esta predominado por las siguientes coberturas: cultivos y parcelas, esta práctica se da en todas las veredas donde predominan los cultivos de tabaco, tomate, maíz y fríjol principalmente. Cobertura boscosa, donde se encuentran los bosques muy húmedos nativos. Tierras de pastizales, conformada por pastizales naturales o manejados que generan diferentes grados de producción en la actividad ganadera. Tierras eriales, corresponde a las áreas donde la cobertura vegetal original y suelo que lo sostiene, han sido

minimizados de tal forma que en gran parte de las áreas se presenta suelo o roca completamente desnudos (Alcaldía Municipal de San Miguel, 2003)

Hidrología: El municipio de San Miguel pertenece a la hoya hidrográfica del río Magdalena que está comprendida por la cuenca del río Chicamocha y la Sub cuenca del río Tunebo. Las micro cuencas quebradas Balahula y San Pedro, son tributarias del río Chicamocha. La subcuenca del río Tunebo está conformada por el micro cuenca quebrada La Miel y algunos cauces. El sistema hidrográfico de este municipio presenta grandes caudales durante el periodo de lluvias y bajos caudales durante el periodo seco, producto de la desprotección en la que se encuentran las micro cuencas del municipio (Alcaldía Municipal de San Miguel, 2003).

4.1.2 Inventario forestal. El inventario forestal es una herramienta muy útil para adquirir información florística cualitativa y cuantitativa necesaria para conocer el estado de un bosque natural y tomar decisiones económicas, técnicas y sociales sobre el manejo y aprovechamiento de los recursos forestales (Louman, Quiros y Nilsson, 2001).

Tipos de inventario forestal: Se han definido varios tipos de inventarios forestales clasificados según el método estadístico y según su objetivo (Malleux, 1982). Los inventarios forestales según el método estadístico se pueden abreviar de la siguiente manera:

- Inventario al 100 por ciento e inventario de muestreo al azar (estratificado y sin estratificar).
- Muestreo sistemático (estratificado y sin estratificar). En este tipo se puede realizar un diseño considerando el total de la muestra o tomando una muestra al azar. También se puede efectuar mediante muestras de forma sistemática cumpliendo o no con la división de estratos.

La clasificación de inventarios según su objetivo considera los siguientes tipos: inventario exploratorio, inventario para el manejo del bosque, inventario para aprovechamiento forestal e inventario para manejo de plantaciones.

4.1.3 Bosque altoandino. Los bosques altoandinos, bosques de niebla o ecosistemas de alta montaña en Centroamérica y Suramérica se encuentran entre los 2.000 msnm y por debajo de los 3.500 msnm por debajo del límite de paramo. Debido a el amplio rango altitudinal con que cuentan estos bosques se obtiene una amplia gama de condiciones ambientales, físicas y geográficas que permiten el desarrollo natural de los bosques que conforman ecosistemas variados contribuyendo a una gran oferta de servicios ambientales que estos ecosistemas ofrecen, que van desde la regulación de fuentes hídricas, hasta escenarios compuestos de bellos paisajes naturales (Rincon, 2012).

4.1.4 Sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge. Permite la clasificación de zona o áreas terrestres según su comportamiento bioclimático. Definido el concepto de zona de vida como un conjunto de asociaciones vegetales dentro de un determinado clima, se tiene también en cuenta las condiciones edáficas y su sucesión, y las comparaciones de estos ítems similares en cualquier parte del mundo.

Son muchas las asociaciones que se pueden analizar, pero se agrupan en cuatro clases básicas: climáticas, edáficas, atmosféricas e hídricas. El sistema se basa en fisionomía o apariencia de la vegetación y no en la composición florística (Holdridge, 1987).

4.1.5 Falso color RGB 432. La combinación de las bandas RGB 432 es el denominado color verdadero, por la percepción que tiene nuestros ojos con la tierra en el espacio y sirve para distinguir las corrientes de agua, profundidad y aguas turbias. Al igual que la vegetación se presenta en tonalidades verdes, los suelos desnudos presentan colores amarillentos y plateados (Melo y Camacho, 2005).

4.1.6 Falso color RGB 564. La combinación de las bandas RGB 564 resalta los límites de la tierra y el agua y por esto recibe el nombre de falso color tierra y agua. Este falso color resalta la humedad en el suelo, las tonalidades marrones, naranjas y verdes representan los diferentes tipos de vegetación, los cultivos y las zonas de pastos y las tonalidades cambian según el nivel de humedad que presenten las zonas, al igual que los suelos desnudos se observan de tonalidades azul clara, la vegetación de paramo con tonalidades verde oliva y las zonas urbanas color azul (Melo y Camacho, 2005).

4.1.7 Índice de Vegetación Normalizado (NDVI). Permite precisar la vegetación de un área determinada y caracterizar su distribución espacial. Este índice va de -1 a 1; donde los valores positivos presentan superficies con vegetación y viceversa, el NDVI minimiza efectos topográficos (Comisión Nacional de Actividades Espaciales, 2016). Para hallar el Índice de Vegetación Normalizado se utiliza la fórmula:

$$NDVI = \frac{NRI - R}{NRI + R}$$

Donde; *NDVI* = Índice de Vegetación Normalizado; *NRI* = banda espectral número cinco – infrarrojo cercano; *R* = banda espectral número cuatro – rojo.

4.1.8 Índice de Vegetación Mejorado (EVI). Este índice corrige al índice normalizado mediante la incorporación de nuevos coeficientes. Esta corrección permite la reducción de diversos ruidos producto de la interferencia entre la atmosfera, el canopeo y la saturación (Comision Nacional de Actividades Espaciales, 2016). Se calcula de la siguiente manera:

$$EVI = G * \frac{NRI - R}{NRI + C1 * R - C2 * B + L}$$

Donde; *EVI* = Índice de Vegetación Mejorado; *B* = Banda espectral número tres- verde; *NRI* = Banda espectral número cinco – infrarrojo cercano; *R* = Banda espectral número cuatro – rojo; *B* = Banda espectral numero dos - azul; *L* = Valor para realizar un ajuste relacionado al canopeo, el cual es de uno; *C1* = Coeficiente de resistencia de la atmosfera, con un valor de seis; *C2* = coeficiente de resistencia de la atmosfera, con un valor de siete punto cinco.

4.1.9 Índice Tasseled Cap Greeness (TCG). Este índice presenta dos tipos de cálculo para este estudio: computación geométrica de bandas y transformación de bandas. Se utiliza el segundo método con la siguiente formula:

$$TCG = -0.2939 * B - 0.2491 * G - 0.5482 * R + 0.7185 * NIR + 0.0707 * SWIR1 \\ - 0.1729 * SWIR2$$

Donde; *TCG* = Índice Tasseled Cap Greeness; *B* = Banda espectral número cuatro – rojo; *NIR* = Banda espectral número cinco – infrarrojo cercano; *SWIR1* = Banda espectral seis; *SWIR2* = Banda espectral número siete.

4.1.10 Regeneración Natural. Este estudio permite evaluar las condiciones en las cuales se encuentra la regeneración natural de las especies presentes en un ecosistema. El futuro de la masa forestal dependerá de la estructura y dinámica de las plántulas jóvenes. Para ello, es necesario cuantificar los individuos existentes por unidad de superficie, clasificar los renovables por categorías de altura, determinar la distribución espacial de los individuos y evaluar el vigor y el estado sanitario de las principales especies. Como regeneración natural se consideran todos los descendientes de plantas arbóreas que se encuentran entre 0,1m de altura hasta el límite de diámetro establecido en el inventario, constituye la garantía de supervivencia de un ecosistema forestal (Finol, 1971).

4.1.11 Evaluación Estructural del Bosque. La estructura de un bosque hace referencia a la organización espacial de los individuos que forman un bosque o un rodal, por extensión, un tipo de asociación vegetal. Los elementos principales de esta estructura son la forma de crecimiento, la estratificación y la cobertura. La estructura y tamaño de las diferentes poblaciones es el resultado de las especies y de las peculiaridades del ambiente. Las estructuras de cada situación particular es la mejor respuesta del ecosistema a sus características propias (Valerio, 1998).

Estructura Horizontal del Bosque: La estructura horizontal cuantifica la participación de cada especie con relación a las demás y muestra cómo es su distribución en el espacio. Este factor puede determinarse por los índices de densidad o abundancia, frecuencia y dominancia. Estos índices expresan la ocurrencia de las especies, al igual que su importancia ecológica dentro de un ecosistema, cuya suma relativa da como resultado el índice de valor de importancia (IVI) (Melo y Vargas, 2003).

Estructura Vertical del Bosque: La estructura vertical fue propuesta por Finol (1971), como una manera de representar el estado sucesional en la cual se encuentra cada especie. Este análisis da como resultado una aproximación para saber cuáles son las especies más prominentes que conformaran la estructura forestal en términos dinámicos. Se pueden analizar simultáneamente los estratos arbóreos y arbustivos, dividiéndolos en substratos superior, medio e inferior y se utilizan dos parámetros: Posición Sociológica (PS) y Regeneración Natural (RN).

4.2 Marco histórico

En el municipio de San Miguel, Santander, la información sobre las coberturas vegetales que posee este territorio son pocas. El EOT de esta zona no presenta información actualizada ni clara de los bosques con los que cuenta, al igual que los estudios realizados en esta zona son pocos o casi inexistentes, solo se identifica una propuesta de grado desarrollada en el año 2003. Este trabajo consistió en determinar el estado en el que se encontraban en esa época los ecosistemas de alta montaña (sobre la cota 2600 m.s.n.m.). Por lo tanto, se hace importante realizar un proyecto con el cual se dé a conocer el estado actual de los bosques ricos en especies arbóreas y de alta importancia ecosistemática, y como en las zonas la presencia de las actividades antrópicas han degradado y afectado los ciclos ecosistemáticos del bosque, y lo han llevado a convertirse parches pequeños de bosques. Con este estudio se quiere dar a conocer el estado actual del bosque alto andino del municipio de San Miguel (Santander) para que a futuro se puedan hacer planes de reforestación, conservación y mejorar la estructura del mismo bosque de alta montaña de este municipio.

4.3 Marco conceptual

Biodiversidad: La biodiversidad o diversidad biológica es la variedad de la vida. que se hace referencia a la amplia variedad de seres vivos sobre la Tierra y los patrones naturales que la conforman, resultado de miles de millones de años de evolución según procesos naturales y también de la influencia creciente de las actividades del ser humano.

Este reciente concepto incluye varios niveles de la organización biológica. Abarca a 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.

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 o la población natural de individuos (seres humanos, animales, plantas, minerales) que tienen características semejantes o en común y son capaces de reproducirse entre sí, creando descendencia fértil, por tanto, proceden de antecesores comunes.

Población: Es un conjunto de seres vivos de una especie que habita en un determinado lugar remite, en general, a grupos de población estudiados por algunas de sus características previamente determinadas para ser objeto de estudio. Se utiliza también para referirse al conjunto de viviendas, de forma similar al término 'localidad'.

Ecosistema: Es el conjunto formado por los seres vivos y los elementos no vivos del ambiente y la relación vital que se establece entre ellos. La ciencia encargada de estudiar los ecosistemas y estas relaciones es la llamada ecología. Todo ecosistema se caracteriza por la presencia

de componentes vivos o bióticos (plantas, animales, bacterias, algas y hongos) y de componentes no vivos o abióticos (luz, sombra, temperatura, agua, humedad, aire, suelo, presión, viento y pH).

Asociación biológica: Se utiliza para describir los organismos vivos de un ecosistema una asociación será una descripción de parte del ecosistema, las asociaciones son el resultado del trabajo de campo y la posterior elaboración de tablas estadísticas. Como un muestreo es representativo de una asociación, cuanto mayor sea el número de inventarios realizados, mejor se definirá la asociación.

Factores antrópicos: Actividades humanas que afectan tanto negativa como positivamente los bosques, los ecosistemas y los ciclos naturales que se presentan dentro del mismo.

Reforestación: La reforestación es una operación en el ámbito de la silvicultura destinada a repoblar zonas que en el pasado histórico reciente estaban cubiertas de bosques que han sido eliminados por diversos motivos.

Parcela: Proviene del francés *parcelle* y hace referencia a una porción de terreno (proveniente de otro más grande) que puede ser utilizada para diferentes usos.

Área basal: Terminología dasonómica, se representa por G , es una de las variables de referencia de la masa forestal, cuyos valores son universalmente utilizados en la gestión de su espesura. Este parámetro resulta de expresar en m^2/ha , la relación entre las secciones normales de los árboles de un espacio forestal y la superficie de terreno que ocupan. En todos los inventarios forestales, G aparece como una de las informaciones básicas. El procedimiento habitual de su obtención está basado en el muestreo de este parámetro en parcelas circulares de radio fijo. Para su cálculo se debe medir en dichas superficies muestrales, los diámetros normales de todos los pies mayores presentes en ellas, lo que permitirá obtener la superficie de sus secciones supuestas circulares, y referir la suma de todas ellas en m^2/ha .

4.4 Marco jurídico

En este marco se presentarán las leyes y normas que rigen el territorio nacional colombiano relacionada con la biodiversidad y el medio ambiente, para la protección, restauración y aprovechamiento sostenible haciendo que el impacto ambiental negativo disminuya y que las personas o entes que incumplan esas normas, judicializadas por la ley constitucional.

Decreto ley 2811 de 1.974. Código nacional de los recursos naturales renovables RNR y no renovables y de protección al medio ambiente. El ambiente es patrimonio común, el estado y los particulares deben participar en su preservación y manejo. Regula el manejo de los RNR, la defensa del ambiente y sus elementos.

Ley 99 de 1993. Crea el Ministerio del Medio Ambiente y Organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA). Reforma el sector Público encargado de la gestión ambiental. Organiza el sistema Nacional Ambiental y exige la Planificación de la gestión ambiental de proyectos.

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.

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

Decreto 2811 de 1974 Libro II, Parte VIII. De los bosques, de las áreas de reserva forestal, de los aprovechamientos forestales, de la reforestación. Determina la legislación parámetros para la conservación de bosques y ecosistemas terrestres enfocando el principio de sostenibilidad y la conservación de los recursos naturales.

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.

5. Metodología

5.1 Ubicación

El municipio de San Miguel, Santander se encuentra localizado en el extremo sureste de la provincia de García Rovira, al oriente del departamento de Santander, a una altura de 1920 m.s.n.m. y una temperatura promedio de 18°C. Posee un área aproximada de 71 Km², de los cuales 0,09 Km² son pertenecientes al sector urbano y 70,91 Km² pertenecientes al sector rural, dividido en diez veredas: Zaragoza, Tablón, San Helena, San Pedro, San Ignacio, Pamplonita, Llano grande, Lajas, Cenacuta y Arenales. Limita al Norte con los municipios de Enciso y Carcasí, al oriente con el municipio de Carcasí, al Sur con los municipios de Macaravita y parte de Capitanejo, y al Occidente con el municipio de Capitanejo. Posee cuatro pisos térmicos que definen el clima entre los cuales están el piso térmico cálido, templado, frío y paramo, su rango altitudinal se encuentra entre los 1200 y 3350 m.s.n.m. (Alcaldía Municipal de San Miguel, 2017).

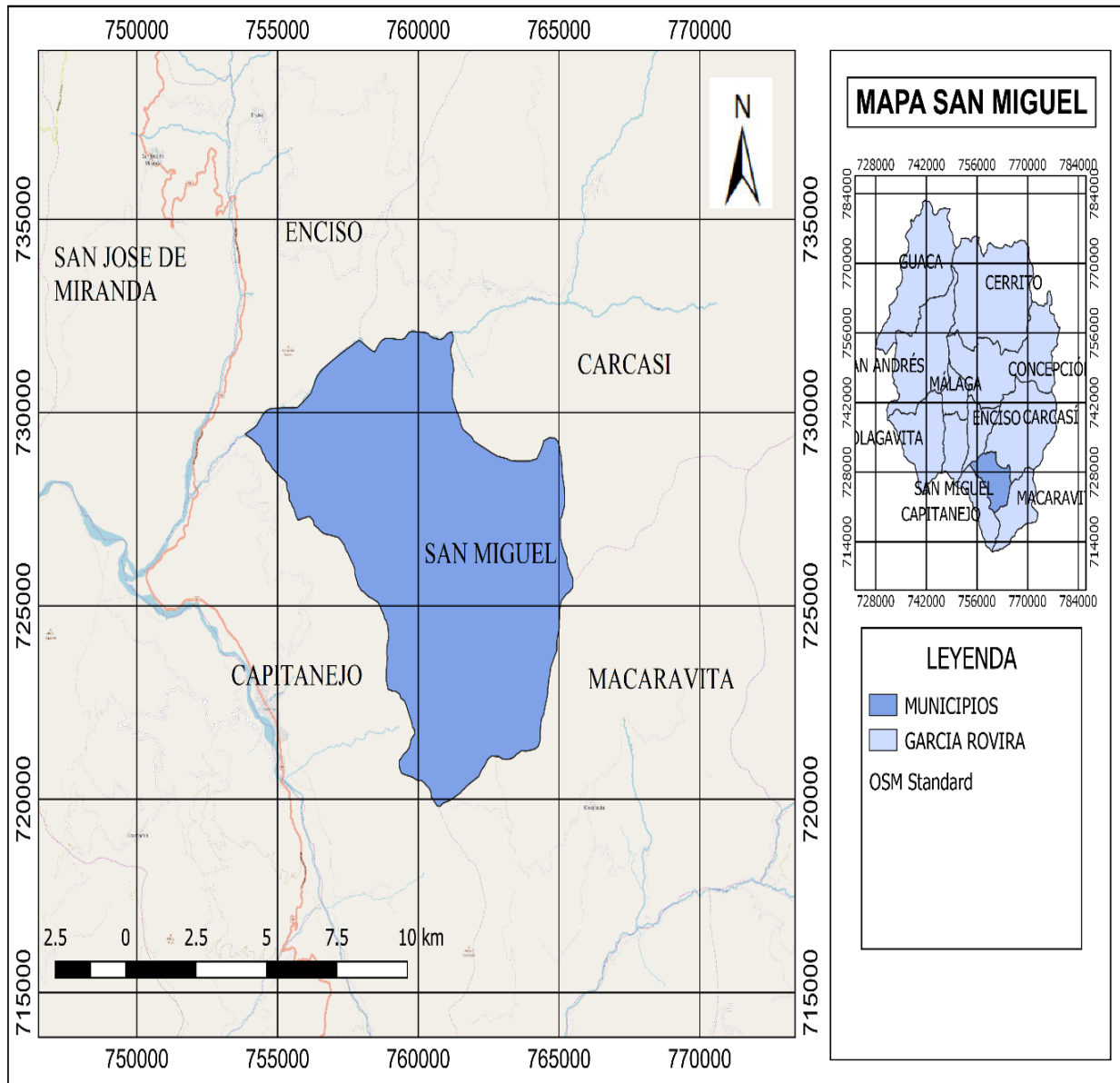


Figura 1. Ubicación del municipio de San Miguel en la Provincia de García Rovira

5.2 Delimitación

Para determinar la zona de vida del área de estudio se obtuvo el polígono de la “zonificación climática de Colombia” a través del sistema de información geográfico para la planeación y el ordenamiento territorial (SIGOT), con el cual se pudo determinar las características del sitio de estudio y teniendo en cuenta la clasificación de Holdridge se pudo corroborar que este sitio pertenece al Bosque altoandino.

La delimitación del bosque altoandino se realizó a través de la interpretación de imágenes landsat 8 OLI-TIRS tomadas por el satélite el 16 de enero de 2016, con un porcentaje de nubosidad del diez por ciento, obtenidas del servicio geológico de Estados Unidos (USGS) por sus siglas en inglés a través de la plataforma Earth Explorer. Para este análisis se utilizó el software libre de sistemas de información geográfica Quantum QGIS versión 2.18.12 “Las Palmas de Canaria”, por medio del Semi-Automatic Classification Plugin (Congedo, 2016), posteriormente se interpretaron la combinación de bandas y los diferentes índices de vegetación, empleando el índice de vegetación mejorado (EVI), ya que obtiene respuestas a las variaciones estructurales del dosel vegetal, incluyendo el de área foliar, tipo de flora del dosel y fisionomía de las plantas, el índice de vegetación normalizado (NDVI), según la Comisión Nacional de Actividades Espaciales, este índice permite identificar la presencia de vegetación en un área determinada y de cierta forma caracteriza la distribución espacial, y el índice tasseled cap greennes (TCG), aclara que existen dos tipos de mediciones o métodos de cálculo: computacional geométrica de bandas y transformación de las bandas.

Una vez seleccionados los índices de vegetación más adecuados, se continúa con la ubicación de los conglomerados de forma aleatoria por medio del complemento GRASS-GIS 7.2.0 del

software libre Quantum QGIS versión 2.18.12, teniendo en cuenta que estos estén ubicados en zonas con alta vegetación.

5.3 Muestreo

La implementación del muestreo y recolección de información se realizó en base a la metodología del Inventario forestal nacional por el IDEAM (2017), la cual fue adaptada a las condiciones presentadas en el área de estudio, la que consistió en:

5.3.1 Establecimiento de los conglomerados. El establecimiento del conglomerado comienza con:

- Localización del centro de la subparcela uno (SPF-1). Se obtuvieron y registraron coordenadas de la ubicación del centro conglomerado con la mayor exactitud posible, cuando se obtuvo y registro la adecuada ubicación del conglomerado, se procedió con el establecimiento del punto central del conglomerado o centro de SPF 1, a partir del cual se trasladaron los puntos de las subparcelas restantes.
- Se ubicó la brújula en el centro de la subparcela uno SPF1 y se niveló, se alineó el norte magnético de la brújula con la dirección de la mira de tal manera que coincidiera con el valor 0° con el N del norte.
- Se trasladaron los puntos centrales de las subparcelas restantes, este traslado se realizó a partir del centro de SPF1
- Se localizaron los centros de las cuatro subparcelas restantes a una distancia de ochenta metros (80 m) horizontales utilizando la brújula, clinómetro, jalones y cinta métrica. La subparcela dos

SPF 2, se localizó al Norte (Azimut = 0° - Norte Magnético), la subparcela tres SPF 3, se localizó al Oriente (Azimut = 90°), la subparcela cuatro SPF 4, se localizó al Sur (Azimut = 180°) y finalmente, la subparcela cinco SPF 5 se localizó al Occidente (Azimut = 270°) como se observa en la figura 2.

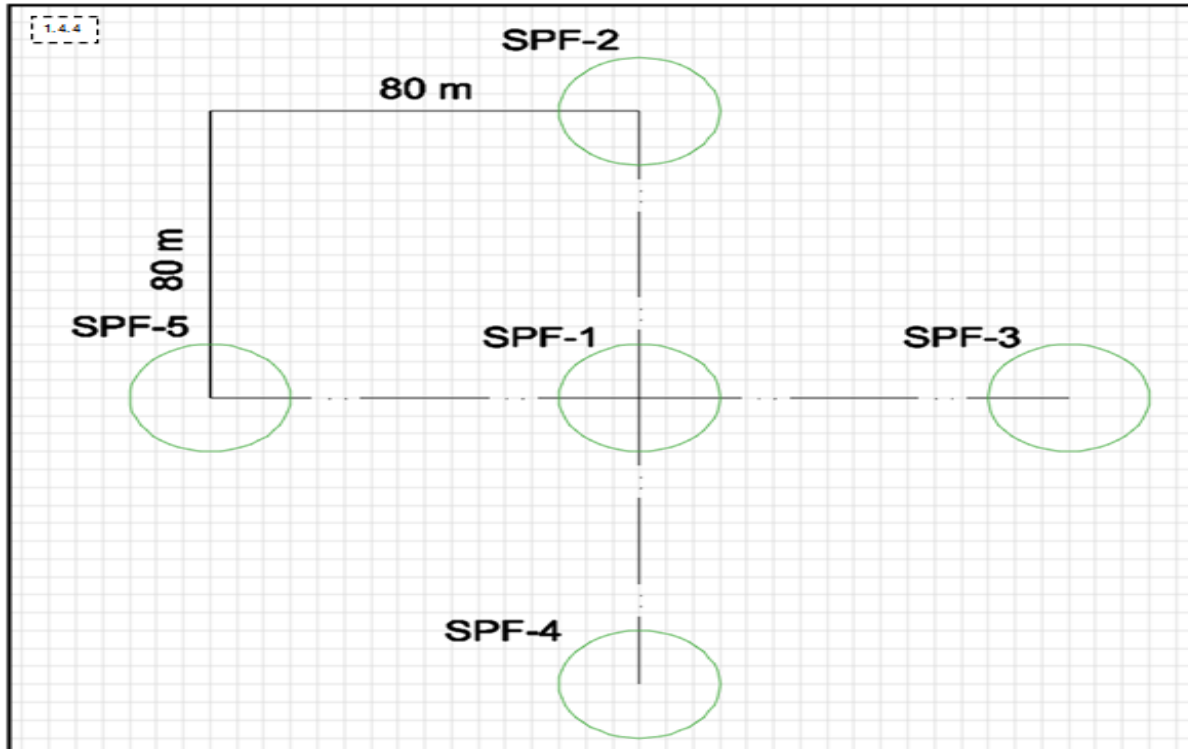


Figura 2. Establecimiento de conglomerados. Adaptado de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). *Manual de Campo Inventario Forestal Nacional Colombia Versión 3.0*. Bogotá, Colombia: IDEAM, Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/inventario-forestal-nacional>

- En cada uno de los centros de las cinco subparcelas ya establecidas fue necesario demarcar una distancia de 7,5 m con un azimut de 45° con el fin de establecer un centro para cada las subparcelas para la medición de brinzales B (DAP < 2,5 cm y altura $\geq 0,3$ m), las cuales serán de 1,5 m de radio, equivalente a $7,07 \text{ m}^2$ cada una (figura 3).

- En cada uno de los centros de las cinco subparcelas ya establecidas se realizaron subparcelas anidadas y concéntricas, con un radio de 3 m cada una para la medición de latizales L (10 cm $>$ DAP \geq 2,5 cm).
- En cada uno de los centros de las cinco subparcelas ya establecidas se realizaron subparcelas anidadas y concéntricas, con un radio de 7 m cada una para la medición de Fustales F (30 cm $>$ DAP \geq 10 cm).
- En cada uno de los centros de las cinco subparcelas ya establecidas se realizaron subparcelas anidadas y concéntricas, con un radio de 15 m cada una para la medición de Fustales grandes FG (DAP \geq 30 cm).

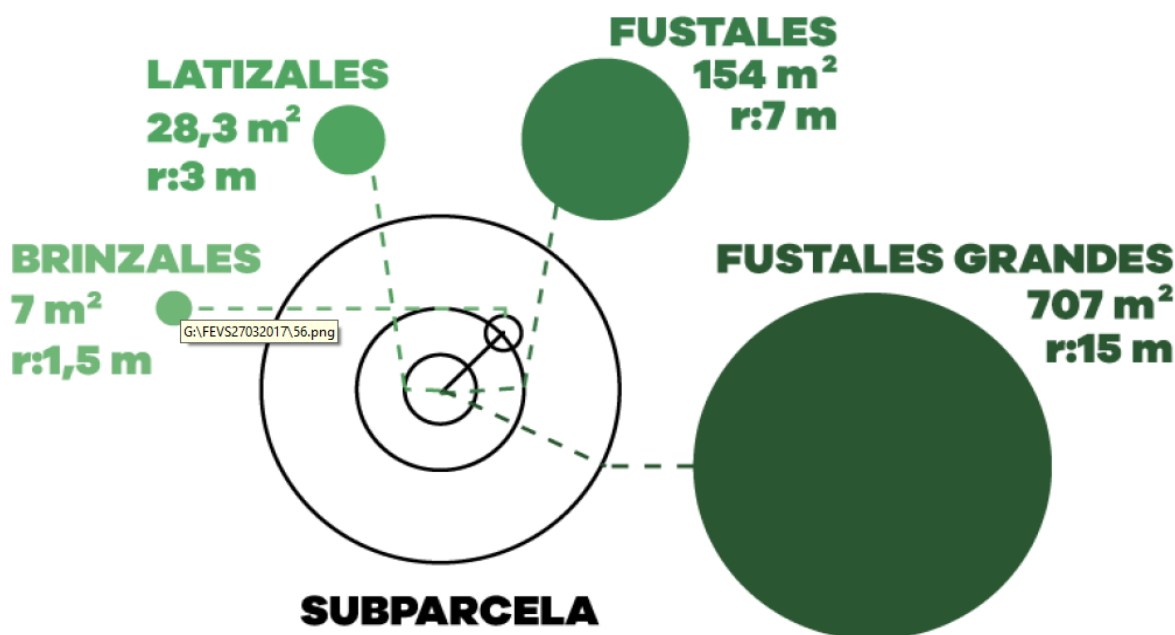


Figura 3. Establecimiento de unidades de medición. Adaptado de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). *Manual de Campo Inventario Forestal Nacional Colombia Versión 3.0*. Bogotá, Colombia: IDEAM, Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/inventario-forestal-nacional>

- Debido a que los terrenos tienen variaciones en altitud, fue necesario hacer correcciones de distancias por pendiente de la línea de trayectoria. la cual se realiza mediante la 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 (5, 10, 20 m); $\cos \theta$ = Valor del coseno del ángulo de la pendiente.

5.3.2 Tamaño de la muestra. Luego de obtener los resultados del premuestreo 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) con un error (E) de muestreo del 15% y una probabilidad del 90% (Rojas, Suárez et al. 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 del 15%.

5.3.3 Clasificación de especies. Para las especies que no se lograron reconocer en campo se tomó una muestra botánica con un registro fotográfico y mediante información secundaria obtenida por herbarios virtuales como lo son: 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 Catalogo de plantas y líquenes de Colombia de la Universidad Nacional de Colombia y el herbario del jardín botánico de Bogotá José Celestino Mutis se pudo identificar el nombre y familia a los cuales pertenecían cada una de las especies.

5.4 Evaluación estructural y caracterización florística.

Con la información recolectada en campo se realizó el análisis estadístico de la caracterización florística con base en la metodología planteada por Melo and Vargas (2003).

5.4.1 Índice de Valor de Importancia (IVI). El índice de valor de importancia se calcula para cada especie sumando la abundancia relativa, la frecuencia relativa y la dominancia relativa. Por medio de este índice se puede comparar el peso ecológico de cada especie dentro del ecosistema. Los índices de valor de importancia similares para las especies indicadoras expresan la igualdad o semejanza del rodal en su composición, estructura, sitio y dinámica (Melo y Vargas, 2003). Este índice se calcula con la siguiente expresión:

$$IVI = Ar + Fr + Dr$$

Donde; *IVI* = índice de valor de importancia; *Ar* = Abundancia relativa; *Fr* = Frecuencia relativa; *Dr* = Dominancia relativa.

Abundancia: Se refiere al número total de árboles de una especie, encontrada en cada una de las unidades de muestreo (conglomerados) respecto al total de individuos inventariados, encontramos dos tipos (Melo y Vargas, 2003).

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.

Abundancia Relativa (Ar): Define el porcentaje de cada especie con relación al número total de individuos de todas las especies encontradas en la muestra (Melo y Vargas, 2003).

Se calcula como:

$$Ar = \frac{Aabs}{\Sigma Aabs \text{ totales}} * 100$$

Donde; Ar = Abundancia relativa; $Aabs$ = Número total de individuos de una especie; $\Sigma Aabs \text{ totales}$ = Numero total de individuos inventariados.

Frecuencia: Indica la presencia o ausencia de una especie en determinada subparcela. 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 sub parcelas 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)

$$Fa = \frac{Npi}{Np} x 100$$

Donde; Fa = Frecuencia absoluta; Npi = Número total de parcelas donde se encuentra una especie; Np = Número total de subparcelas.

Frecuencia Relativa (Fr): Se calcula como la frecuencia absoluta de una especie con relación a la suma de frecuencias absolutas de todas las especies presentes en la muestra (Melo y Vargas, 2003)

Se define como:

$$Fr = \frac{Fabs}{\Sigma Fabs\ totales} * 100$$

Donde, Fr = Frecuencia relativa; $Fabs$ = Frecuencia absoluta de una especie; $\Sigma Fabs\ totales$ = Sumatoria de las frecuencias absolutas de todas las especies inventariadas.

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 (Dabs): se refiere a la sumatoria de las áreas basales de cada individuo perteneciente a una especie expresada en m² (Melo y Vargas, 2003).

Se determina como:

$$Da = \Sigma Ai$$

Donde; Da = dominancia absoluta de una especie; ΣAi = sumatoria de las áreas basales de una especie.

Dominancia relativa (Dr): Es el porcentaje de una especie en relación con la sumatoria de las áreas basales de todos los individuos inventariados (Melo y Vargas, 2003).

Se expresa como:

$$Dri = \frac{Dabs}{\Sigma Dabs\ total} * 100$$

Donde; Dri = Dominancia relativa; $Dabs$ = Dominancia absoluta de una especie; $\Sigma Dabs\ total$ = Sumatoria de las dominancias absolutas de todas las especies inventariadas.

5.4.2 Índice de Importancia Ampliado (IIA). Según Lozada et al. (2008) el índice de importancia ampliado es usado para analizar y evaluar las formas de vida de herbáceas y trepadoras. Para lo cual propone la siguiente expresión:

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

Donde; Ar = Abundancia de individuos mayores a 10 cm de DAP; Fr = Frecuencia de individuos mayores a 10 cm de DAP; Dr = Dominancia de la categoría de fusta grande y fustal; As = Abundancia relativa de la categoría de latizal y brinzal; Fs = Frecuencia relativa de la categoría de latizal y brinzal.

5.4.3 Cociente de mezcla. Da una idea de la mezcla del bosque, así como a una aproximación de la heterogeneidad del mismo, cuando el coeficiente de mezcla tiende a uno; indica que es más heterogéneo y de lo contrario corresponderá a un coeficiente de mezcla más homogéneo (Lamprecht, 1990). Se expresa de la siguiente manera:

$$CM = \frac{S}{N} \times 100$$

Donde; CM = Coeficiente de mezcla; S = Número total de especies en el muestreo; N = Número total de individuos en el muestreo.

5.4.4 Índice de Predominio Fisionómico (IPF). Este índice permite identificar las especies más dominantes, teniendo en cuenta los valores del área basal, cobertura y densidad, se aplica para cada estrato presente en el área de estudio (Rangel, Lowy et al. 1997). Se calcula según la siguiente expresión:

$$IPF = ABr + COBr + Dr$$

Donde; ABr : Área basal relativa = $\frac{\text{Área Basal de la especie}}{\text{Área basal total}} * 100$; $COBr$: Cobertura relativa = $\frac{\text{Cobertura de la especie}}{\text{Cobertura total}} * 100$; Dr : Número de individuos = $\frac{\text{Número de individuos de la especie}}{\text{Número total de individuos}} * 100$

5.4.5 Índice de Posición Sociológica (IPS). Se puede definir posición sociológica como la expresión del desarrollo vertical de las especies. Es un índice que da a conocer la composición florística de los substratos de la vegetación y del roll que cumplen las especies en cada uno de ellos. (Hosokawa, 1986). El sub-estrato es una porción de la masa existente dentro de determinados límites de altura fijados subjetivamente, según el criterio que se haya elegido. Generalmente se definen tres tipos de estratos: superior, medio e inferior.

Este índice se utilizó para fundamentar 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: dominante ($\geq 15\text{m}$), codominante ($\geq 8\text{m}$ y $< 15\text{m}$) y suprimidos ($\geq 5\text{m}$ y $< 8\text{m}$) (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales, 2014), considerando para ello la totalidad de la superficie.

El índice de posición sociológica se calculó con la siguiente expresión:

$$PS = DOMr + CODr + SUPRr$$

Donde; PS = posición sociológica; $DOMr$: Especies dominantes = $\frac{DOM}{\Sigma DOM \text{ totales}} * 100$; $CODr$: Especies codominantes = $\frac{COD}{\Sigma COD \text{ totales}} * 100$; $SUPRr$: Especies suprimidas = $\frac{SUPR}{\Sigma SUPR \text{ totales}} * 100$.

5.4.6 Índices de diversidad. Estos índices se obtienen teniendo en cuenta los datos obtenidos en campo. Para el cálculo de los índices de diversidad se tomó como base el libro llamado, Métodos para medir la biodiversidad (Moreno, 2001).

Riqueza Específica (S): Básicamente se basa en el número de especies presentes en la zona de muestreo.

- **Índice de Margalef:** Es una medida que se utiliza en ecología para la evaluación de la biodiversidad de una comunidad vegetativa, en base a la distribución numérica de los individuos de diferentes especies en función del número de individuos existentes en la muestra estudiada. Para este índice los valores inferiores a 2.0 se consideran zonas de baja diversidad y los valores superiores a 5.0 indican alta biodiversidad (Margalef, 1974). Se calcula con la siguiente expresión.

$$Dmg = \frac{(S-1)}{N}$$

Dónde; Dmg = índice de Margalef; S = número de especies; N = número total de individuos.

- **Índice de Menhinick:** este índice se basa en la relación entre el número de especies y el número total de individuos obtenidos. Aumenta a medida que crece el tamaño de la muestra (Campo y Duval, 2014).

$$Dmn = \frac{S}{\sqrt{N}}$$

Dónde; Dmn = índice de diversidad de Menhinick; S = número de especies; N = número total de individuos.

Índices de Dominancia: Para conocer los valores de los índices de dominancia en el bosque altoandino perteneciente al municipio de San Miguel se emplearon los siguientes índices:

- **Índice de Simpson (λ):** Este índice indica la probabilidad de que dos individuos sacados al azar de una muestra pertenezcan a una misma especie. Está basado en la heterogeneidad de las

especies presentes en una zona de estudio. A medida que el valor del índice de Simpson aumenta la diversidad decrece, por esto se hace necesario calcular el complemento del índice de Simpson ($1 - \lambda$ (Heterogeneidad)), garantizando así que el valor del índice aumenta con el crecimiento de la diversidad (Villareal et al., 2004).

$$\lambda = \sum pi^2$$

Dónde; λ = Índice de diversidad de Simpson; pi = 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 heterogeneidad:** como ya se mencionó anteriormente, este índice se considera el complemento del índice de Simpson (Villareal et al., 2004).

$$1 - \lambda \text{ (heterogeneidad)} = 1 - \sum pi^2$$

Donde; $pi = \frac{n(n-1)}{N(N-1)}$; n = Número de individuos de la especie i ; N = Número total de individuos.

- **Índice de Berger-Parker:** Estima la dominancia dentro de una comunidad, varía en 0 y 1, entre más se acerca a 1 mayor es la dominancia y menor es la diversidad (Magurran, 1988).

$$d = \frac{Nmax}{N}$$

Dónde; d = índice de Berger-Parker; $Nmax$ = número de individuos en la especie más abundante; N = total de individuos.

Índices de Equidad: Para conocer los valores de los índices de equidad en el bosque alto Andino perteneciente al municipio de San Miguel se empleó el índice de Shannon – Wiener.

- **Índice de Shannon – Wiener:** este índice se basa en la presunción de que los individuos provienen de un muestreo al azar y asume que todas las especies están representadas en la muestra, los valores para este índice están entre 1,5 y 3,5 y de manera extraordinaria puede llegar a un valor de 4,5 (Moreno, 2001). Se expresa con la siguiente ecuación:

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

Dónde; H' = Índice de Shannon – Wiener; p_i = 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; \ln = Logaritmo natural.

- **Índice de Pielow:** según (Moreno, 2001) este índice se expresa como el grado de uniformidad en la distribución de individuos entre especies, su valor esta entre 0 a 1; donde 1 indica que todas las especies son abundantes.

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

Donde; J' = índice de Pielow; H' = Índice de Shannon-Wiener; H'_{max} = Diversidad máxima posible de una comunidad.

Este índice realiza la Medición de la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada.

5.5 Estados de conservación de las especies

Para las especies encontradas en el inventario realizado en los bosques, se revisaron a nivel mundial y nacional, su estado de conservación en el que se encuentran actualmente. Para esto se utilizaron las listas de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas

de Fauna y Flora Silvestre (CITES) que es una revisión a nivel mundial y cuenta con la siguiente clasificación:

- Apéndice I: especies en peligro de extinción
- Apéndice II: no necesariamente en peligro de extinción
- Apéndice III: especies protegidas en al menos un país.

A nivel nacional se consultó el libro rojo de plantas de Colombia (Salinas 2007), donde están categorizada 34 especies cuya única característica compartida es estar amenazadas por la tala y explotación de la madera, esta investigación fue realizada por el Instituto Amazónico de Investigación Científica (SINCHI) el cual adoptó las categorías puestas por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UINC) que cuenta con 11 categorías, las cuales son: 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).

6. Resultados

6.1 Ubicación y delimitación del área de estudio.

El área de estudio se encuentra ubicada en la zona boscosa correspondiente al Bosque Alto Andino perteneciente al municipio de San Miguel, Santander, con un área de 1.345,6 ha aproximadamente entre un rango altitudinal de 2400 a 3350 m.s.n.m.

Esta área se calculó mediante el mapa de “zonificación climática de Colombia” obtenido del sistema de información geográfico para la planeación y el ordenamiento territorial (SIGOT), así como también de las combinaciones de bandas del satélite landsat 8, como lo es la combinación 432 usada para la obtención de colores verdaderos, combinación de bandas 564 implementada fundamentalmente para la identificación y análisis de las masas boscosas y los índices de vegetación EVI ,NDVI y TCG.(figuras 4,5,6,7,8 y 9).

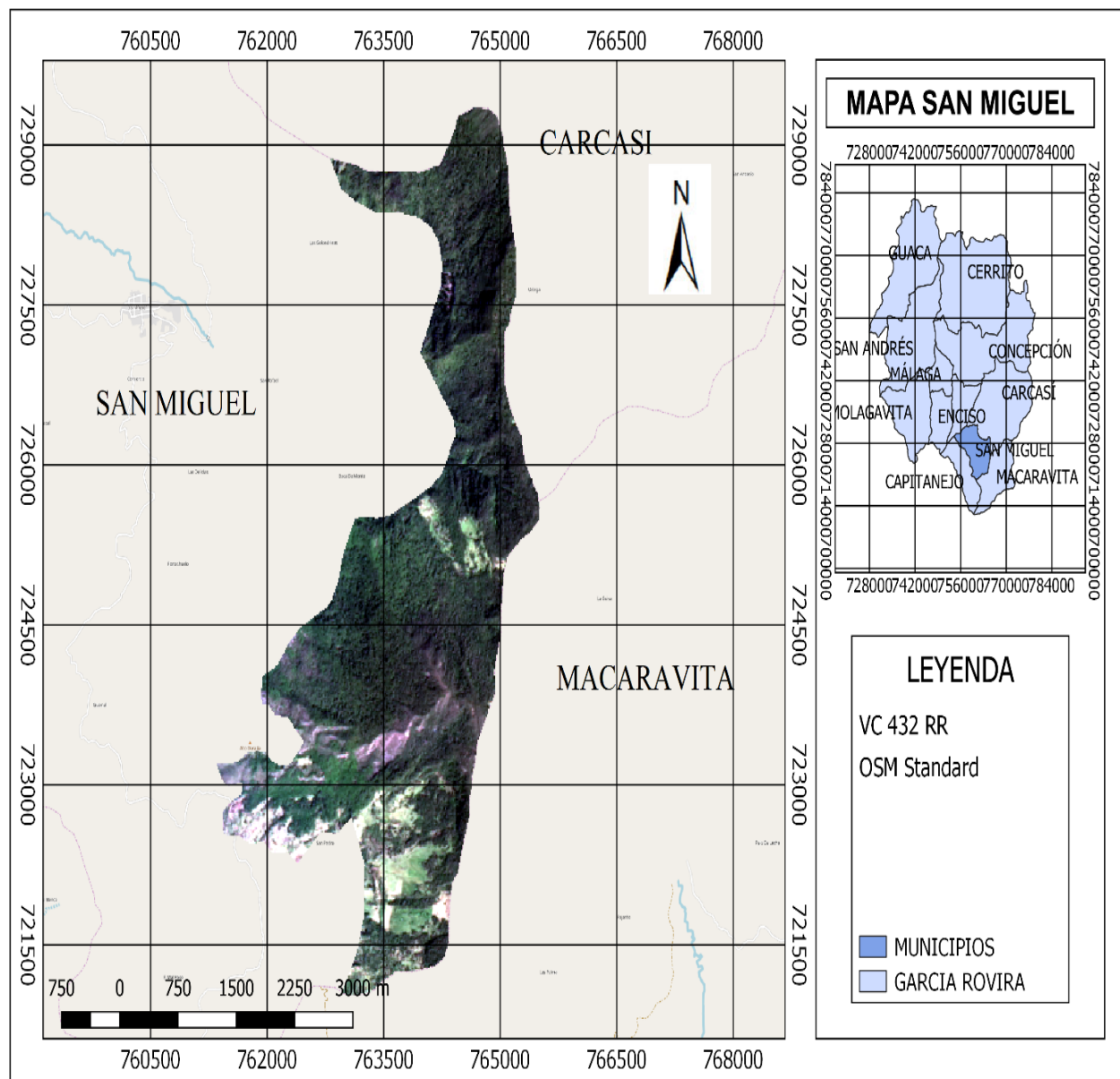


Figura 4. Combinación de bandas 432 del satélite landsat 8 para el municipio de San Miguel, Santander

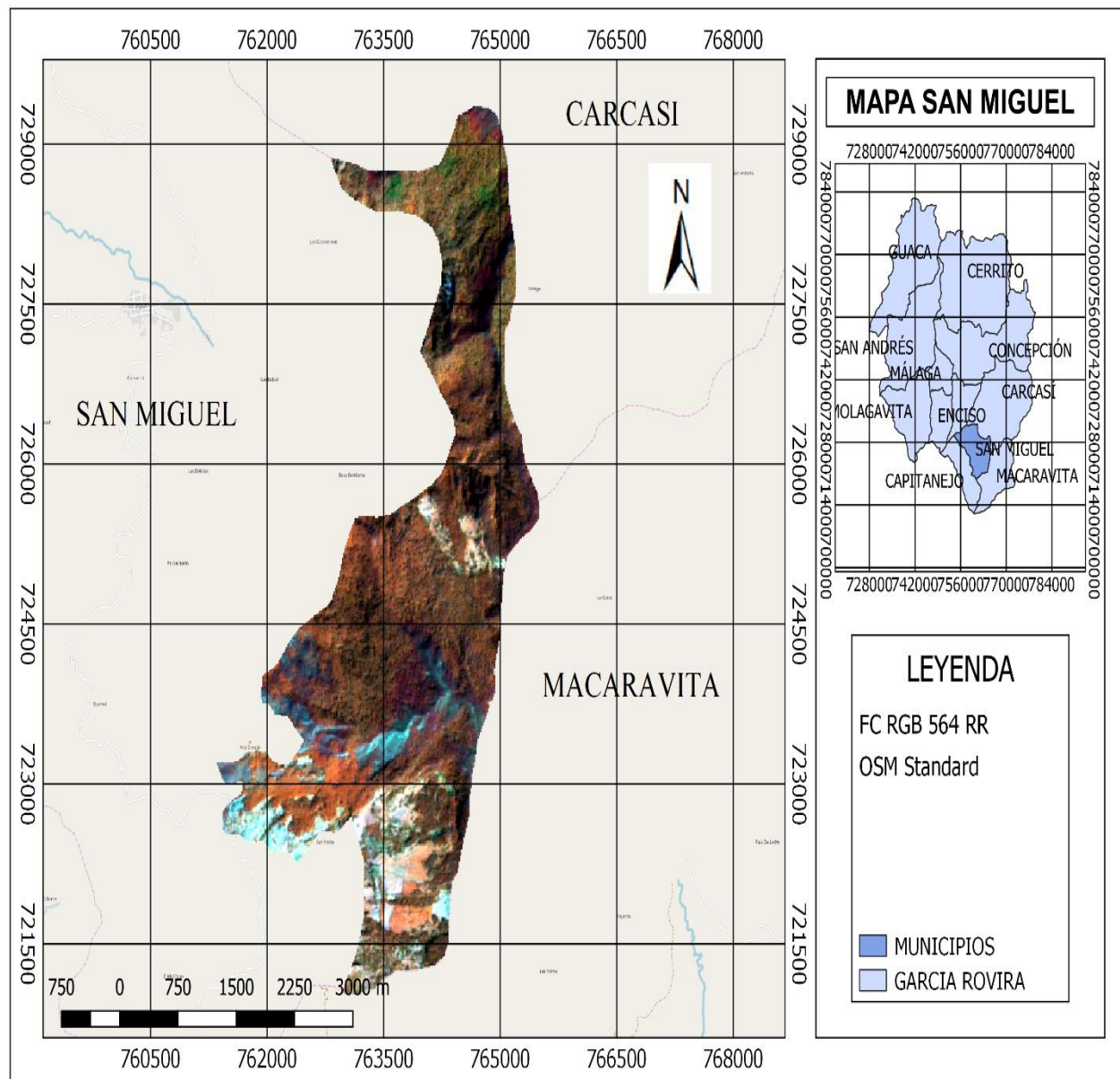


Figura 5. Combinación de bandas 564 del satélite landsat 8 para el municipio de San Miguel, Santander.

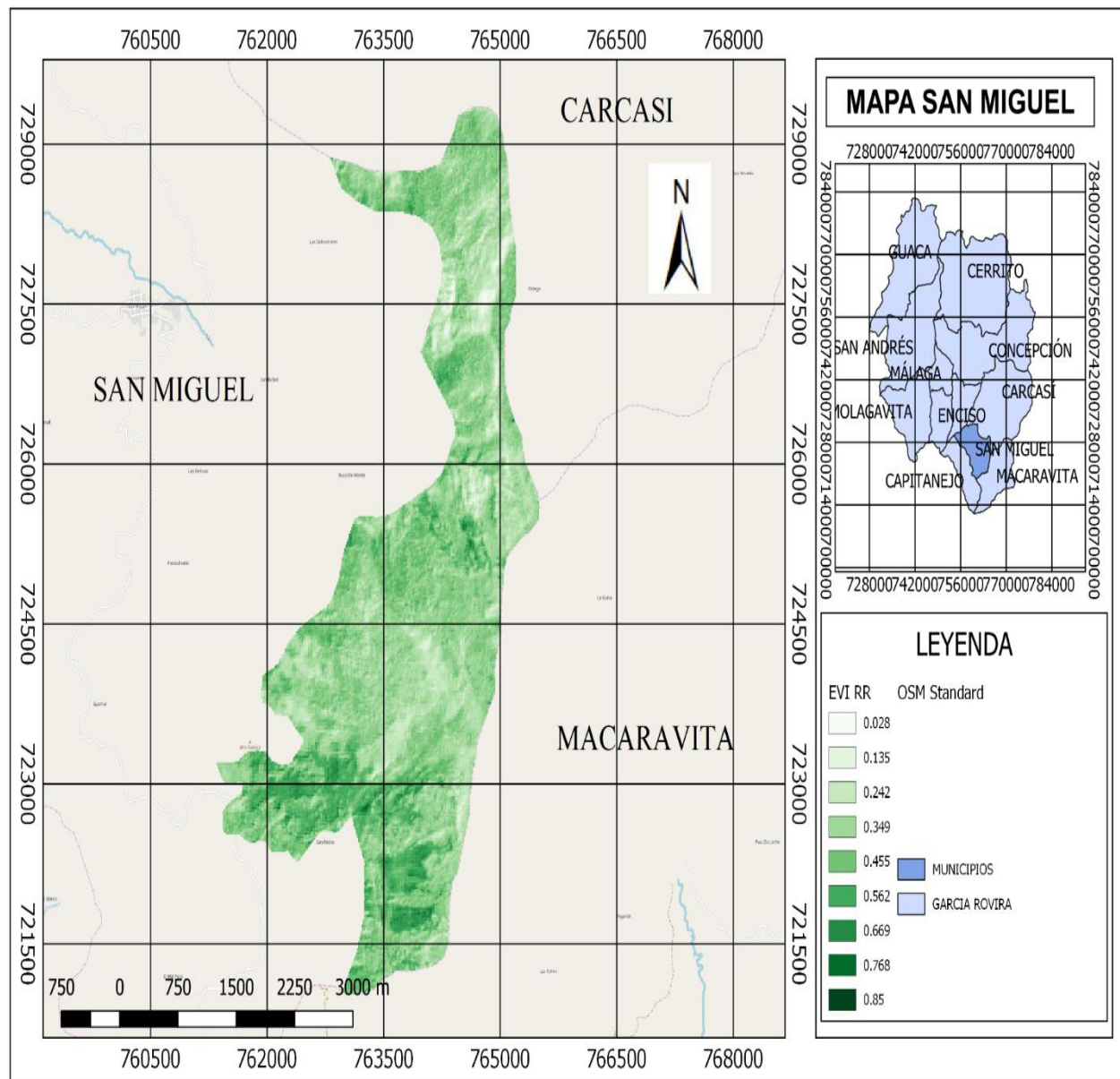


Figura 6. Índice de vegetación EVI del satélite landsat 8 para el municipio de San Miguel, Santander.

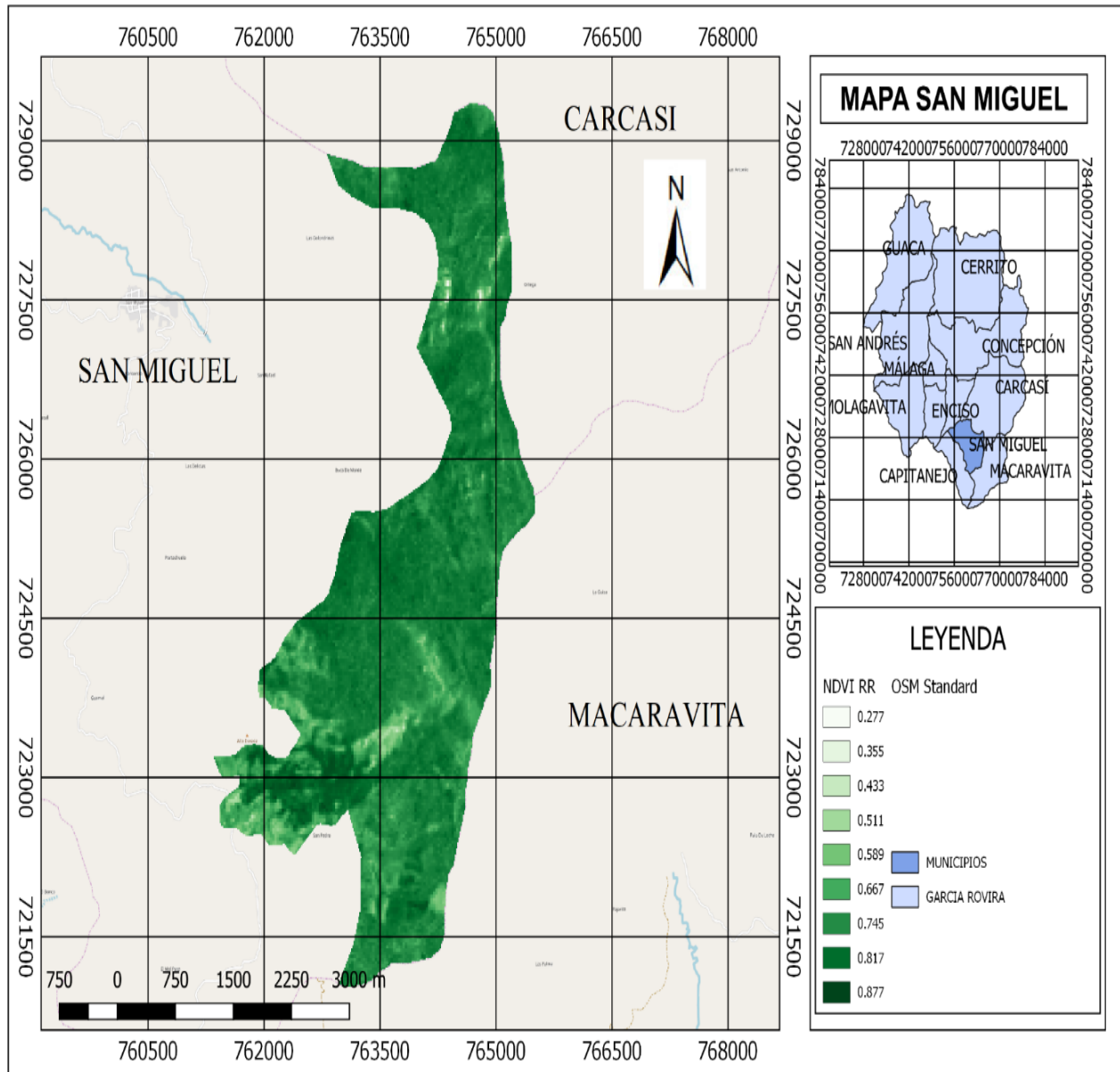


Figura 7. Índice de vegetación NDVI del satélite landsat 8 para el municipio de San Miguel, Santander.

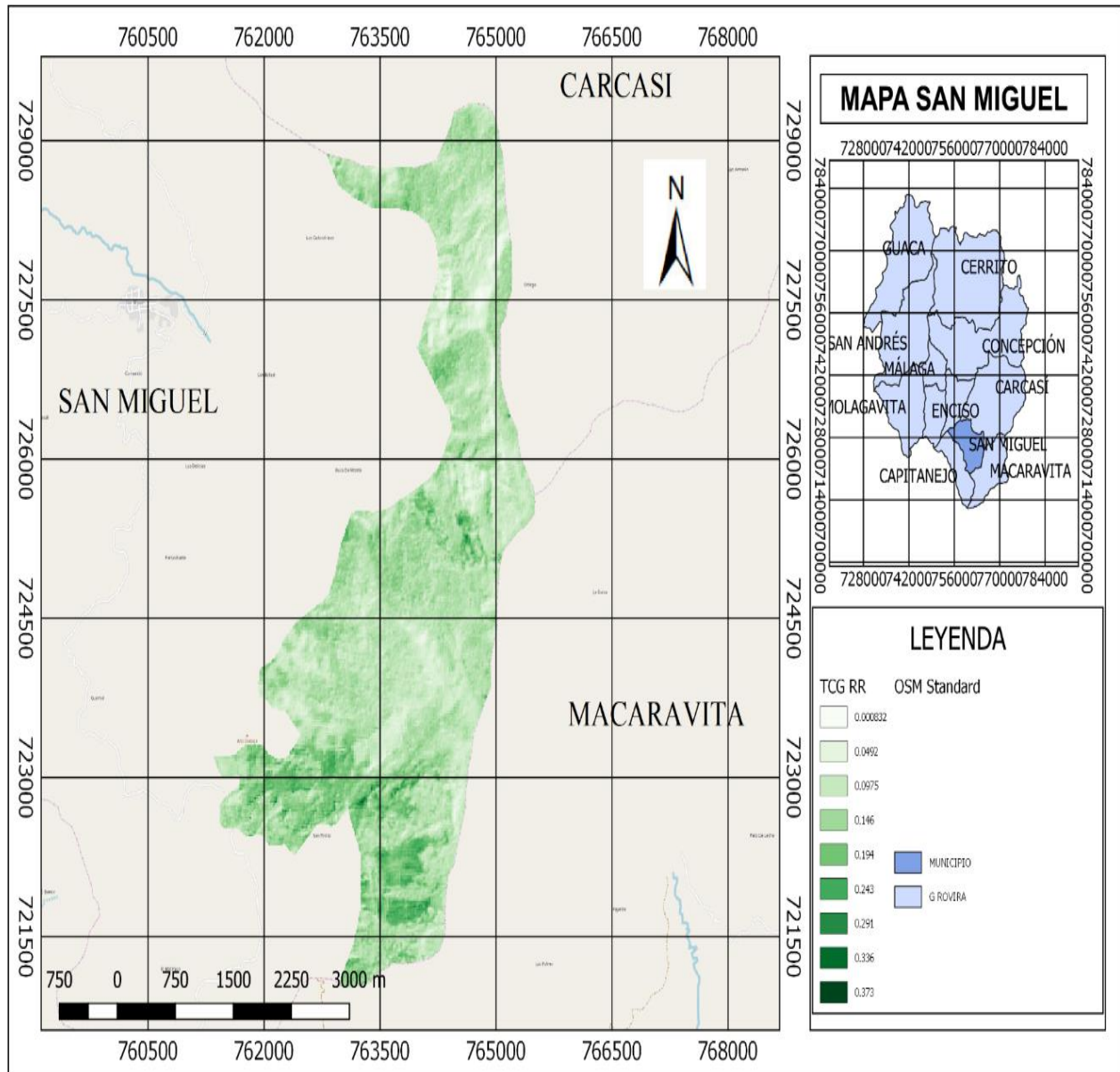


Figura 8. Índice de vegetación TCG del satélite landsat 8 para el municipio de San Miguel, Santander.

6.2 Muestreo

6.2.1 Establecimiento de los conglomerados. Para el premuestreo se establecieron cinco conglomerados distribuidos de forma al azar. De estos cinco conglomerados se obtuvieron 16 parcelas en las cuales se realizó la medición de los estratos: latizales, fustales y fustales grandes.

6.2.2 Tamaño de la muestra y ubicación de los conglomerados. De acuerdo a la metodología propuesta para obtener el tamaño de la muestra, la cantidad de conglomerados realizados en el premuestreo resulto insuficiente debido a la estandarización del tamaño de la muestra requerida para este estudio.

Para calcular el tamaño de la muestra se tuvieron en cuenta las áreas basales obtenidas de cada uno de las parcelas establecidas correspondientes a los diferentes estratos.

Tabla 1. Estadígrafos usados para calcular el tamaño de la muestra (latizales).

Estadígrafo	Valor
Desviación	0,0018
Coefficiente de Variación	60,294
Grados de libertad	26
Probabilidad %	90
t (n-1)	1,315
Error de muestra %	15
Tamaño de Muestra	28

Tabla 2. Estadígrafos usados para calcular el tamaño de la muestra (fustales).

Estadígrafo	Valor
Desviación	0,0179
Coefficiente de Variación	59,911
Grados de libertad	26
Probabilidad %	90
t (n-1)	1,315
Error de muestra %	15
Tamaño de Muestra	26

Tabla 3. Estadígrafos usados para calcular el tamaño de la muestra (fustales grandes).

Estadígrafo	Valor
Desviación	0,0971
Coefficiente de Variación	59,821
Grados de libertad	26
Probabilidad %	90
t (n-1)	1,315
Error de muestra %	15
Tamaño de Muestra	27

Con los resultados obtenidos del tamaño de la muestra de cada estrato medido en el inventario se determinó que el número necesario de parcelas que suministren información necesaria para la realización del estudio de composición florística y diversidad de especies de este bosque es de 27 distribuidos en 8 conglomerados ubicados como se muestra en la figura9.

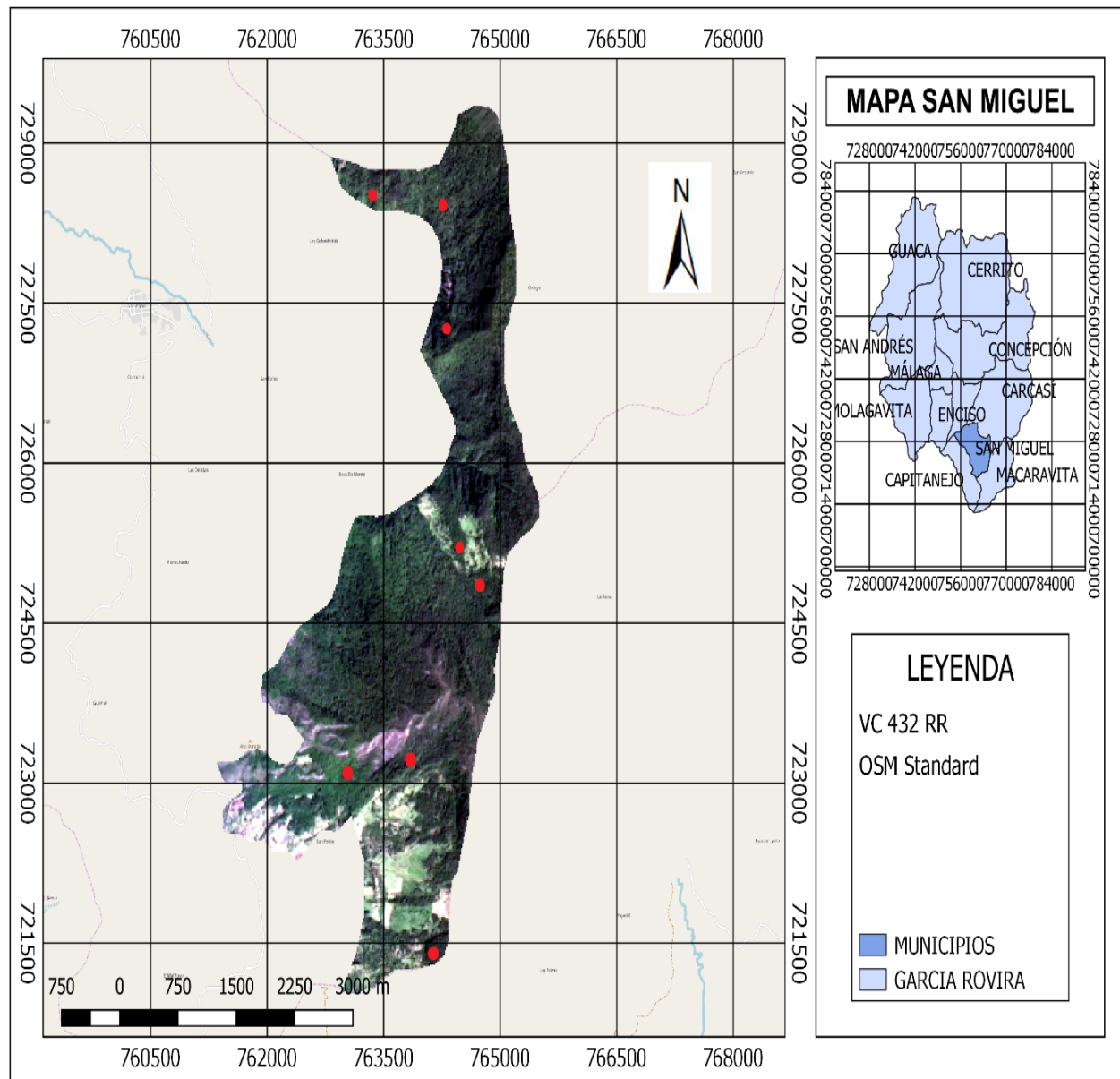


Figura 9. Localización de los conglomerados en el área de estudio.

6.3 Evaluación estructural y caracterización florística.

6.3.1 Lista de especies. En este inventario se registró un total de 887 individuos donde 249 corresponden a la categoría de fustal grande, 281 para la categoría de fustal, 140 para la categoría de latizal y 216 para la categoría de brinzal, pertenecientes a 22 familias. Las familias con mayor número de especies son: ADOXACEAE, LAURACEAE, MELASTOMATACEAE, PIPERACEAE Y RUBIACEAE; las demás familias solo cuentan con una sola especie. En la tabla 4, se muestra el listado de especies perteneciente al Bosque Alto Andino en el municipio de San Miguel, Santander.

Tabla 4. Lista de especies encontradas en el bosque altoandino en el municipio de San Miguel.

Id	Familia	Nombre Científico	Nombre Común
1	ADOXACEAE	<i>Sambucus nigra</i> L.	Sauco
2	ADOXACEAE	<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	Garrocho
3	ANACARDIACEAE	<i>Toxicodendron striatum</i> (Ruiz & Pav.) Kuntze	Sarno
4	AQUIFOLIACEAE	<i>Ilex danielis</i> Killip & Cuatrec.	Palo Negro
5	ASTERACEAE	<i>Verbesina crassiramea</i> S.F. Blake	Cervatano
6	BETULACEAE	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	Aliso
7	CHLORANTHACEAE	<i>Hedyosmum crenatum</i> Occhioni	Granizo
8	CLETHRACEAE	<i>Cletra fagifolia</i>	Amarillo
9	CLUSIACEAE	<i>Clusia multiflora</i> Kunth.	Gaque
10	CUNONIACEAE	<i>Weinmannia tomentosa</i> L. f.	Encenillo
11	CYATHEACEAE	<i>Cyathea caracasana</i> (Klotzsch) Domin	Palma Boba
12	FAGACEAE	<i>Quercus humboldtii</i> Bonpl.	Roble
13	LAURACEAE	<i>Laurus nobilis</i> L.	Laurel
14	LAURACEAE	<i>Nectandra membranacea</i> (Sw.) Griseb	Guacharaco
15	MAGNOLIACEAE	<i>Magnolia espinalii</i> (Lozano) Govaerts	Hojarasco
16	MELASTOMATACEAE	<i>Miconia dodecandra</i> Cong.	Morcate

17	MELASTOMATACEAE	<i>Miconia sp</i> (Continuación tabla 3).	Tuno
18	MELIACEAE	<i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.	Cedro
19	MORECEAE	<i>Ficus soatensis</i> Dugand	Uvo
20	MYRSINACEAE	<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze	Cucharó
21	MYRSINACEAE	<i>Myrsine sp</i>	Cucharó Blanco
22	MYRTACEAE	<i>Myrcianthes leucoxylla</i> (Ortega) McVaugh	Guayabon
23	PIPERACEAE	<i>Piper peltatum</i> L.	Cordoncillo
24	PIPERACEAE	<i>Pipier sp</i>	M1
25	RUBIACEAE	<i>Isertia haenkeana</i> DC.	Tabaquillo
26	RUBIACEAE	<i>Palicourea angustifolia</i> Kunth	Tinto
27	ULMACEAE	<i>Mirandaceltis monoica</i> (Hemsl.) Sharp	Escobillo

6.3.2 Índice de Valor de Importancia (IVI). El Índice de Valor de Importancia representado en la figura 10 muestra la integración de abundancia, frecuencia y dominancia relativa para las especies presentes en el área de estudio.

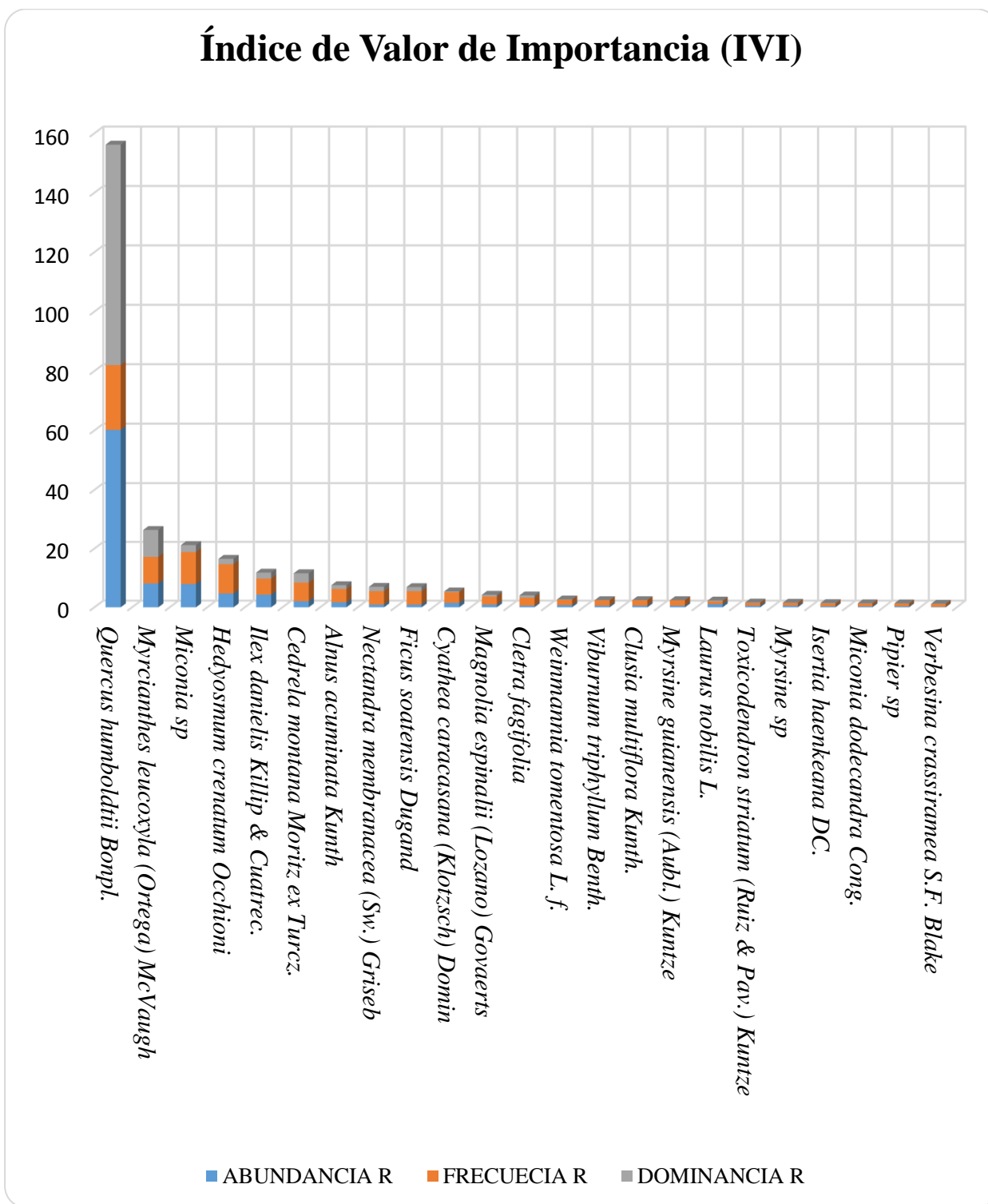


Figura 10. Índice de valor de importancia (IVI)

De acuerdo al análisis realizado, la especie que presenta el mayor peso ecológico en la zona es el *Quercus Humboldtii* con un valor de IVI equivalente a 156.2%, ya que presenta los valores más altos en cuanto a abundancia y dominancia relativa de 60.1% y 74.2% respectivamente. Seguidamente se encuentra el *Myrcinanthus Leucoxylla* y el *Miconia sp* con un IVI de 26.3% y 2.1% en el mismo orden, pero muy por debajo del *Quercus Humboldtii*. Las demás especies dentro de la zona de estudio presentan una mínima participación en la estructura del bosque ya que sus valores de IVI no superan el 20%.

6.3.3 Índice de Importancia Ampliada (IIA). La figura 11 indica el comportamiento del rodal en el bosque alto andino del municipio de San Miguel, para el Índice de Importancia Ampliado dando a conocer principalmente la tendencia de este bosque en cuanto a su composición florística.

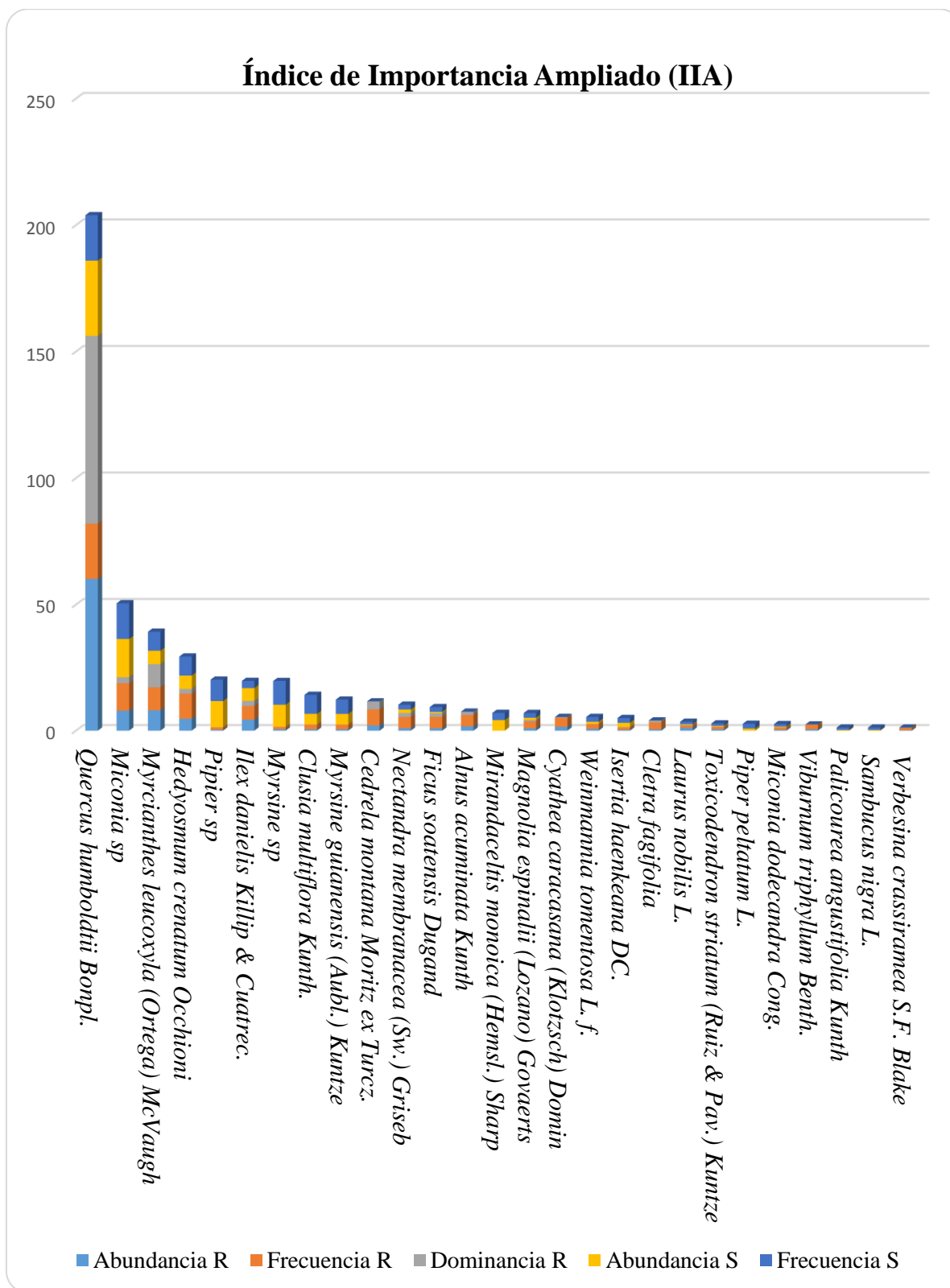


Figura 11. Índice de Importancia ampliado (IIA).

En la figura 11 como era de esperarse la máxima jerarquía de la especie *Quercus humboldtii* con 203,90%, esta especie es evidentemente la más dominante en el bosque ya que posee un alto valor en cuanto a abundancia, frecuencia y dominancia en los estratos Fustal y Latizal, lo que indica que tiene las más altas posibilidades de permanecer en el bosque a lo largo del tiempo.

Especies como el *Miconia sp* con 50,52%, *Myrcinanthes Leucoxylla* con 39.26%, *Hedyosmum Crenatum* con 29,42% 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 muy bajos en cuanto a este índice indican que no pueden competir con las especies superiores y por ende no podrán llegar a ocupar los niveles superiores dentro del rodal.

6.3.4 Cociente de mezcla. En este trabajo se registraron un total de 887 individuos distribuidos en 27 especies, por lo tanto, el coeficiente de mezcla presenta un valor de 0,033 Este valor equivale a $1/25$, esto significa que por cada especie muestreada se presentan 25 individuos en el bosque. Teniendo en cuenta el concepto de cociente de mezcla es correcto afirmar que el bosque tiende a ser homogéneo, afirmación que es correcta ya que esta zona está dominada en gran parte por la especie *Quercus Humboldtii*.

6.3.5 Índice de Predominio Fisionómico (IPF) para el estrato fustal grande. A continuación se ilustran las especies más representativas en cuanto al índice de predominio fisionómico teniendo en cuenta la suma de los porcentajes de abundancia relativa, cobertura relativa y dominancia relativa.

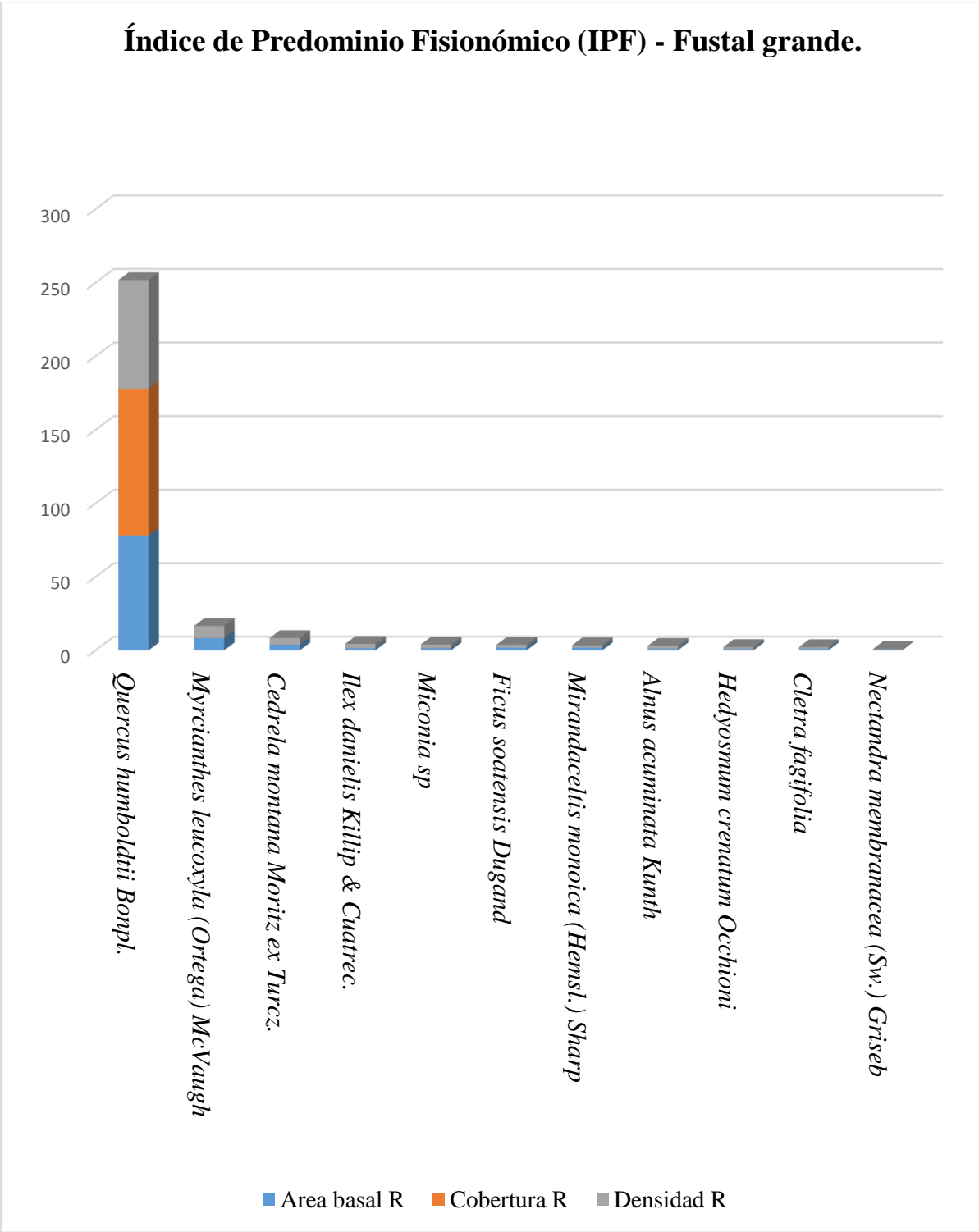


Figura 12. Índice de predominio fisionómico (IPF) para el estrato Fustal grande

Se puede apreciar en la figura 12, la especie *Quercus Humboldtii* posee el más alto predominio fisionómico con un 251,7%, debido a que esta especie cuenta con el mayor predominio dentro del bosque, seguido de la especie *Myrcinathes Leucoxya* y con una gran desventaja con un IPF de 16,52%. Notándose gran diferencia y evidenciando el predominio del *Quercus Humboldtii* frente a las demás especies presentes en este estrato.

6.3.6 Índice de Predominio Fisionómico para el estrato fustal.

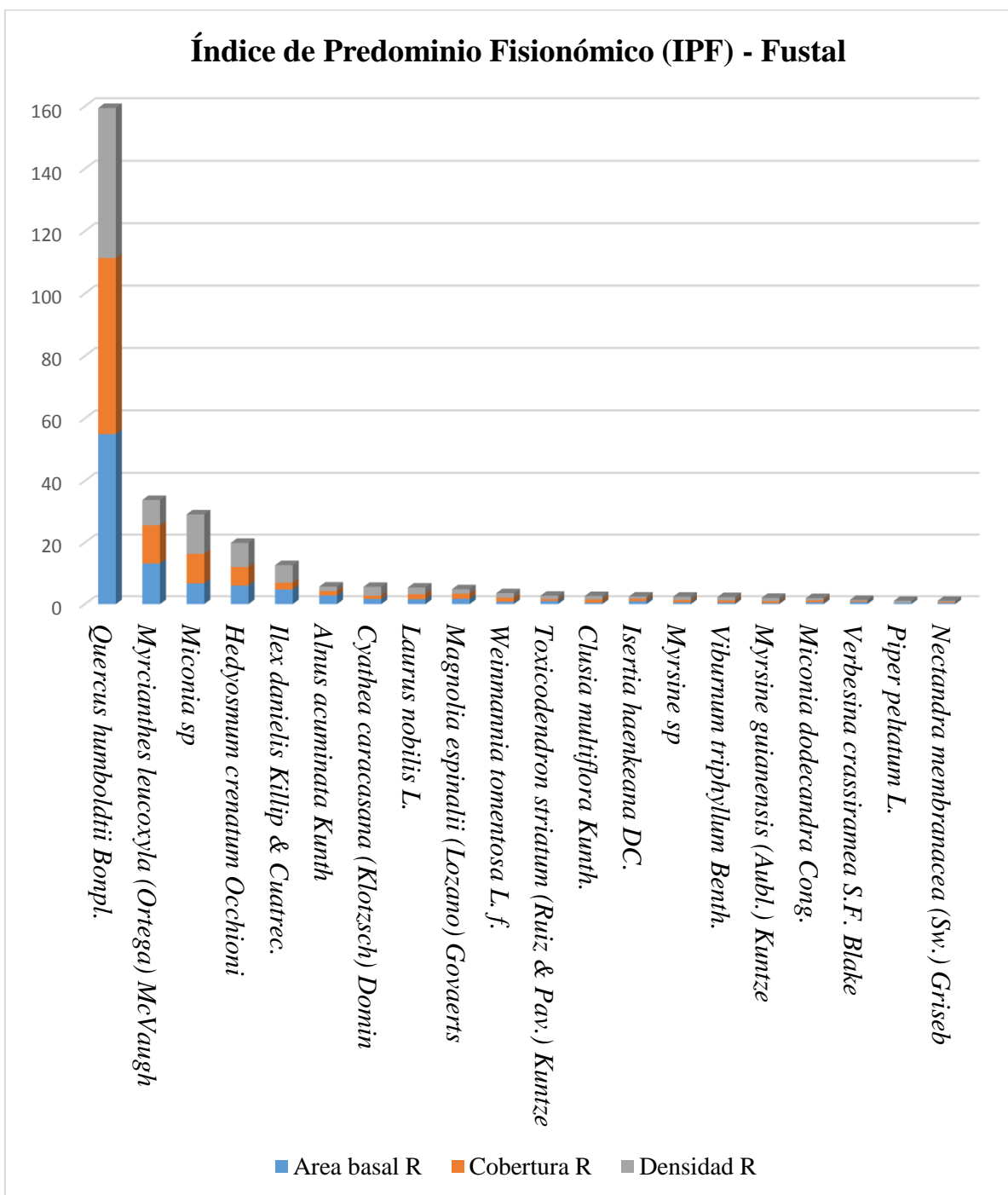


Figura 13. Índice de predominio fisionómico (IPF) para el estrato Fustal

En este estrato sigue predominando la especie *Quercus Humboldtii* con un porcentaje de 159,45%, seguido de las especies, *Myrcinantes Leucoxylla* con 33,8%, y *Miconia sp* con 29,13%. Notándose que más de la mitad del porcentaje de predominio fisionómico para este estrato fustal, pertenece a la especie *Quercus Humboldtii*

6.3.7 Índice de Predominio Fisionómico para el estrato latizal.

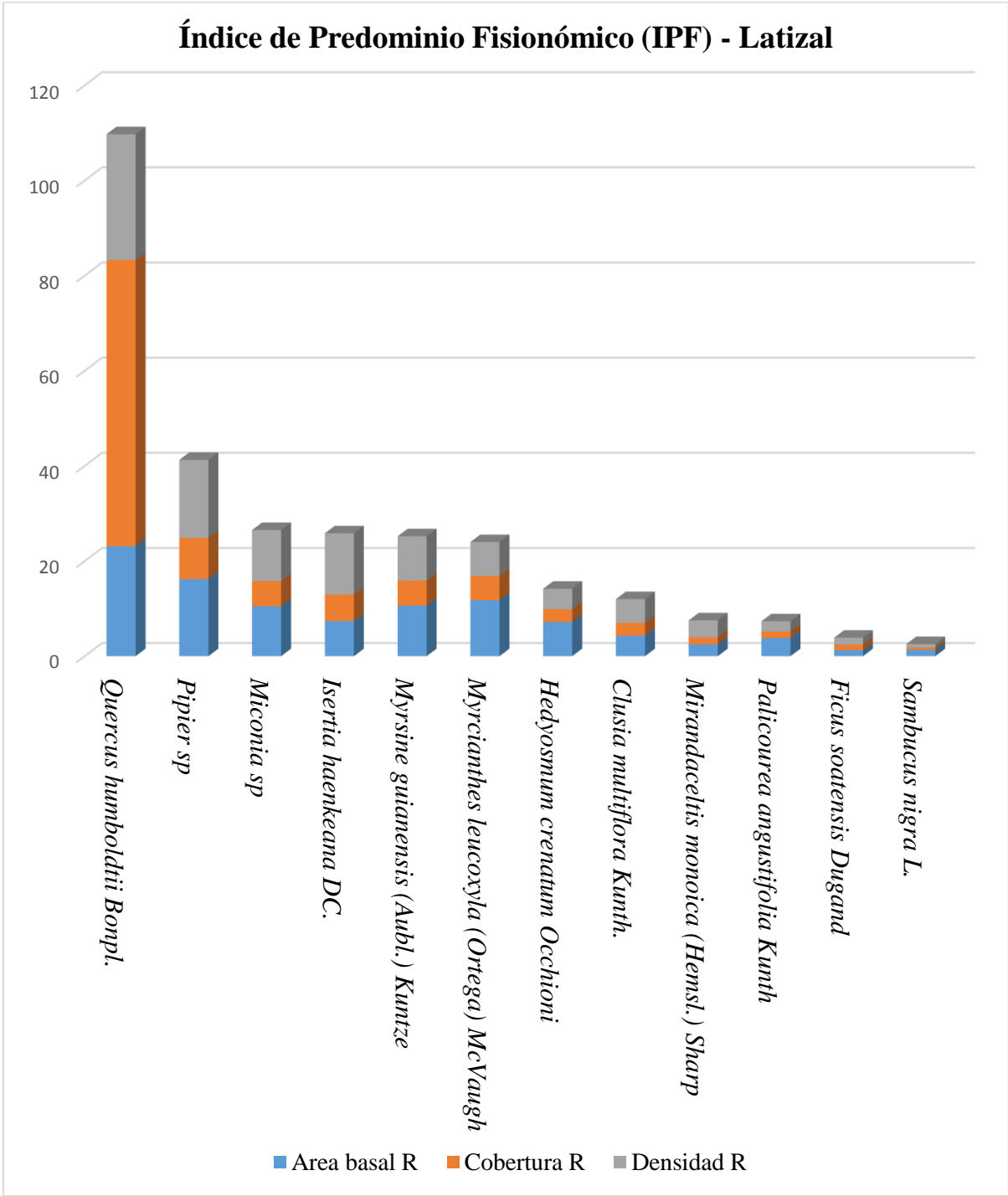


Figura 14. Índice de predominio fisionómico (IPF) para el estrato latizal.

Para este estrato la competencia entre especies es más fuerte y se puede evidenciar con los porcentajes obtenidos. Para la especie *Quercus Humboldtii* con 109,73% el cual sigue siendo la de mayor porcentaje, y demostrando que es la especie más dominante en todos los estratos, y que está asegurando su estabilidad y permanencia en el bosque a través del tiempo. Seguida por las especies *Piper Sp* 41,27%, *Miconia Sp* 26,51%, *Myrsine Guianensis* 25,2%, *Myrcianthes Leucoxylla* 23,99%; quienes cuentan con los mejores valores de este índice después del *Quercus Humboldtii*.

6.3.8 Índice de Posición Sociológica. En este índice se identificaron tres 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. El estrato Fustal es quien mostró un mayor número de individuos.

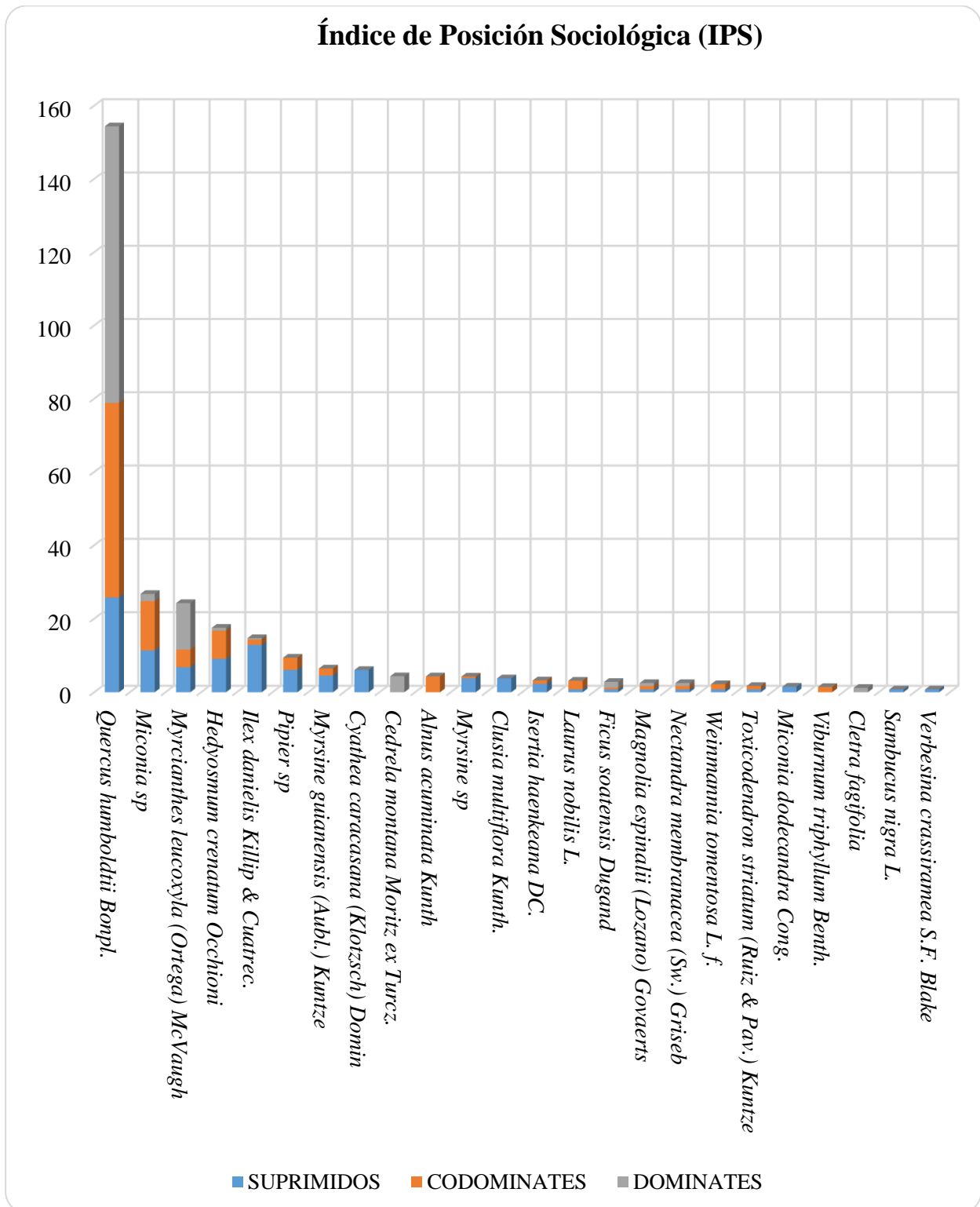


Figura 15. Índice de posición sociológica. (IPS).

En la figura 15 se muestran las especies con mayor índice de posición sociológica. El *Quercus Humboldtii* se presenta como la especie con el más alto índice debido a que esta zona se encuentra dominada casi en su totalidad por esta especie. El *Miconia sp* y el *Hedyosmum Crenatum* ocupan el segundo lugar, pero con valores muy inferiores con relación al *Quercus Humboldtii*. Sin embargo, estas especies cuentan con presencia en cada uno de los tres estratos (suprimidos, codominantes y dominantes) de este modo aseguran su supervivencia en el bosque.

6.3.9 Regeneración natural. La figura 16 muestra la abundancia y frecuencia de la categoría brinzal presentes en el bosque alto andino en el municipio de San Miguel, Santander.

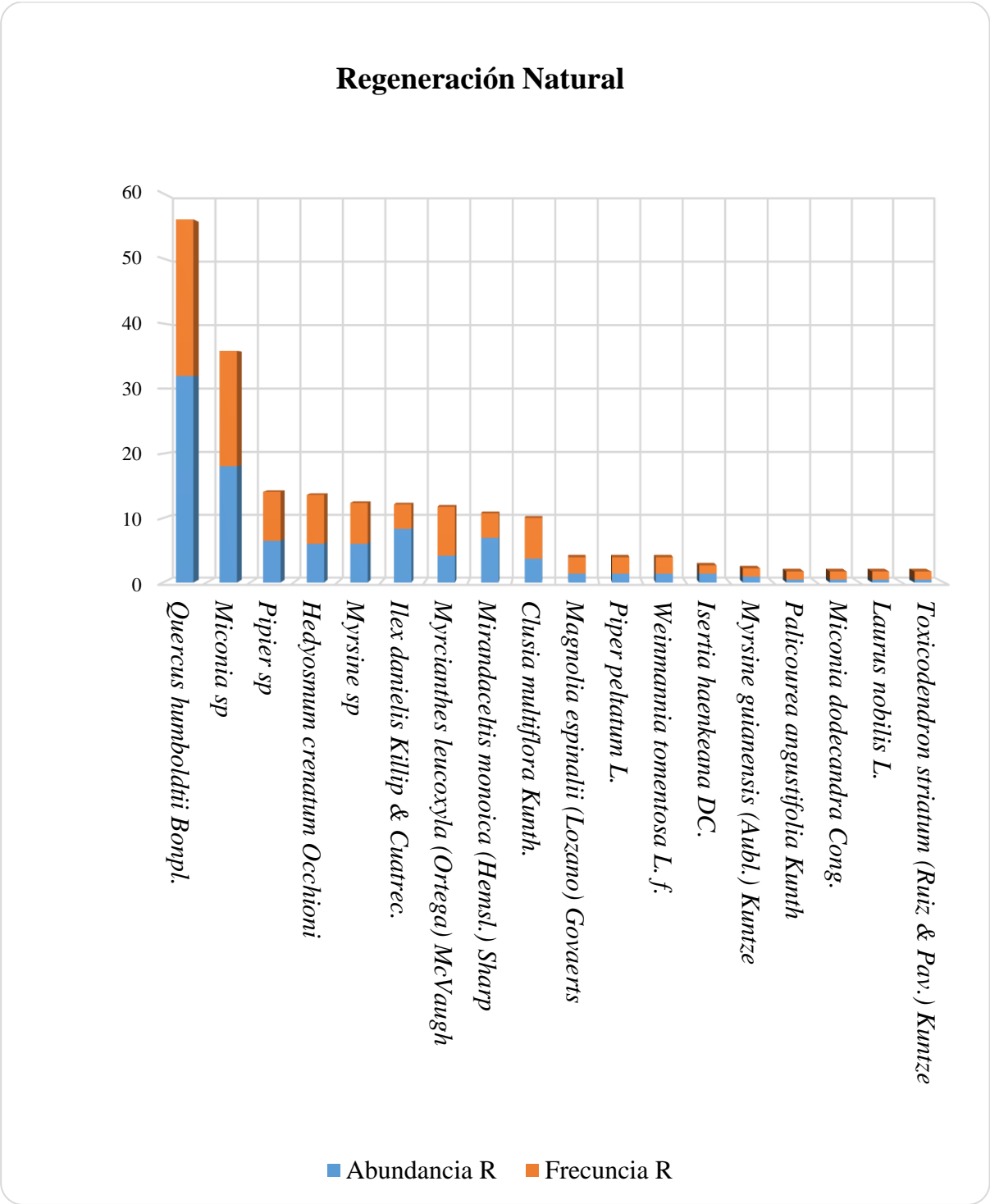


Figura 16. Regeneración Natural del bosque altoandino en el municipio de San Miguel.

Dentro de esta categoría encontramos el *Quercus Humboldtii* como la especie más abundante con un 32%, ya que fue encontrado 69 veces en el muestreo de brinzal, de igual forma es la especie más frecuente con un 24%, encontrada en 19 de las 27 parcelas, demostrando así que es la especie con mayor peso específico del bosque. También se destaca la especie *Miconia sp* en esta categoría presentando altos valores de abundancia y frecuencia relativa con 18,0% y 17,7%, respectivamente.

Después del *Quercus Humboldtii* y del *Miconia sp* se encontró las especies *Pipier sp*, *Hedyosmum Crenatum* *Myrsine sp*, *Ilex Danielis*, *Myrcinanthes Leucoxylla*, *Mirandaceltis Monoica*, *Clusia Multiflora* quienes presentan altos valores en cuanto a abundancia y frecuencia; esto indica que se encuentran en constante competencia por ser especies con más peso e importancia dentro del bosque.

6.3.10 Medidas de Diversidad de Especies.

Tabla 5. Índices de diversidad de los estratos de fustal grande y fustal.

ÍNDICES DE DIVERSIDAD			Fustal Grande	Fustal	
			<i>Riqueza de Especies</i>	11	20
Índices de Riqueza Especifica			<i>Índice de Margalef</i>	1,812	3,369
			<i>Índice de Menhinick</i>	0,697	1,193
Estructura	Índice de Riqueza Proporcional	Dominancia	<i>Índice de Simpson</i>	0,557	0,265
			<i>Índice de Berger Parker</i>	0,738	0,480
	Equidad	<i>Índice de Shannon-Wiener</i>	1,106	1,936	
		<i>Índice de Pielow</i>	0,461	0,646	

Índices de Riqueza Específica: Las especies vegetales muestreadas en el estrato fustal grande y fustal fueron 11 y 20 respectivamente, según el análisis de Índices de riqueza específica. Los índices de Margalef y Menhinick indican una baja y muy baja diversidad florística para el estrato Fustal grande, y una diversidad florística muy alta y media para el estrato Fustal.

Índices de Dominancia: La vegetación presente en el bosque altoandino indica una heterogeneidad del 45 % para el estrato fustal grande y de 73% para el estrato fustal Según el análisis de la biodiversidad mediante el índice de Simpson. Este muestra una diversidad media en el fustal grande y una diversidad baja para el estrato fustal. El índice de Berger Parker muestra la dominancia de las especies, entre más elevado sea su valor más equitativo o uniforme será. La especie más dominante en los dos estratos es el *Quercus Humboldtii* aumentando la equidad de la vegetación presente en el estrato fustal grande y fustal.

Índice de Equidad: El índice de Shannon-Wiener y Pielow indica una baja y media equidad en el estrato fustal grande, y una media equidad para el estrato fustal. Algunas especies de *Quercus humboldtii* y *Miconia sp* están representadas en la mayoría de las parcelas muestreadas ocasionando una equidad de la vegetación presente.

Tabla 6. Índices de diversidad de los estratos de latizal

INDICES DE DIVERSIDAD			Latizal
			<i>Riqueza de Especies</i>
			12
Índices de Riqueza Especifica			<i>Índice de Margalef</i>
			2,226
			<i>Índice de Menhinick</i>
			1,014
Estructura	Índice de Riqueza Proporcional	Dominancia	<i>Índice de Simpson</i>
			1,145
		Equidad	<i>Índice de Berger Parker</i>
			0,264
			<i>Índice de Shannon-Wiener</i>
2,143			
	<i>Índice de Pielow</i>		
	0,862		

Índices de riqueza específica: Las especies vegetales muestreadas en el estrato latizal son 12, según el análisis de Índices de riqueza específica. Los índices de Margalef y Menhinick indican una media y baja diversidad florística para el estrato latizal.

Índices de Dominancia: La vegetación presente en el Bosque Altoandino indica una heterogeneidad del 95 % para el estrato latizal, según el análisis de diversidad mediante el índice de Simpson que muestra una diversidad alta. El índice de Berger Parker muestra la dominancia de las especies, entre más elevado sea su valor más equitativo o uniforme será. Las especies más dominantes en los dos estratos fueron *Quercus Humboldtii*, *Myrsine sp* y *Pipier sp* aumentando la equidad de la vegetación presente en el estrato fustal latizal.

Índice de Equidad: El índice de Shannon-Wiener y Pielow nos indica una alta equidad en el estrato latizal. Algunas especies *Quercus Humboldtii*, *Myrsine sp* y *Pipier sp* están representadas en la mayoría de las parcelas muestreadas dando como resultado una equidad de la vegetación.

6.4 Estado de Conservación de las Especies.

El estado de conservación de las especies que se encontraron en el área de estudio se evaluó teniendo en cuenta la convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES), donde solo apareció la especie *Cyathea Caracsana* con la clasificación II, lo cual indica que esta especie no necesariamente se encuentra en peligro de extinción.

En base a los datos de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, se obtuvo que de las 27 especies 16 de ellas no se encuentran evaluadas (NE), las cuales son: *Mirandaceltis monoica*, *Palicourea angustifolia*, *Cletra fagifolia*, *Clusia multiflora*, *Nectandra membranacea*,

Ficus soatensis, *Hedyosmum crenatum*, *Ilex danielis*, *Isertia haenkeana*, *Miconia dodecandra*, *Miconia sp*, *Mirsyne guianensis*, *Myrcianthes leucoxylla*, *Laurus nobilis*, *Myrsine sp*, y *Viburnum triphyllum*. : Según esta base de datos el *Alnus acuminata* se encuentra evaluada como una especie en preocupación menor (LC), la especie *Cedrela montana* está catalogada como casi amenazada (NT), la especie *Mangolia espinalii* se encuentra en peligro crítico (CR), y por último el *Quercus Humboldtii* se presenta como una especie vulnerable (VU), como se puede apreciar en la Tabla 7.

Tabla 7. Estado de conservación de las especies encontradas en el bosque

Id	Nombre Científico	CITES	UICN
1	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	-	LC
2	<i>Mirandaceltis monoica</i> (Hemsl.) Sharp	-	NE
3	<i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.	-	NT
4	<i>Palicourea angustifolia</i> Kunth	-	NE
5	<i>Cletra fagifolia</i>	-	NE
6	<i>Clusia multiflora</i> Kunth.	-	NE
7	<i>Nectandra membranacea</i> (Sw.) Griseb	-	NE
8	<i>Cyathea caracasana</i> (Klotzsch) Domin	II	-
9	<i>Ficus soatensis</i> Dugand	-	NE
10	<i>Hedyosmum crenatum</i> Occhioni	-	NE
11	<i>Ilex danielis</i> Killip & Cuatrec.	-	NE
12	<i>Isertia haenkeana</i> DC.	-	NE
13	<i>Miconia dodecandra</i> Cong.	-	NE
14	<i>Miconia sp</i>	-	NE
15	<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze	-	NE
16	<i>Myrcianthes leucoxylla</i> (Ortega) McVaugh	-	NE
17	<i>Laurus nobilis</i> L.	-	NE
18	<i>Myrsine sp</i>	-	NE
19	<i>Mangolia espinalii</i> (Lozano) Govaerts	-	CR
20	<i>Piper peltatum</i> L.	-	-
21	<i>Pipier sp</i>	-	-
22	<i>Quercus humboldtii</i> Bonpl.	-	VU
23	<i>Sambucus nigra</i> L.	-	-
24	<i>Toxicodendron striatum</i> (Ruiz & Pav.) Kuntze	-	-
25	<i>Verbesina crassiramea</i> S.F. Blake	-	-
26	<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	-	NE
27	<i>Weinmannia tomentosa</i> L.F.	-	-

Para el estudio realizado en el municipio de San Miguel, Santander se obtuvieron 887 individuos pertenecientes a 27 especies y 21 familias, de las cuales se destacaron la LAURÁCEAE y la MELASTOMATÁCEAE presentando dos especies diferentes cada una. La familia

FAGACEAE obtuvo la mayor cantidad de individuos. Como era de esperar el roble es la especie con mayor peso dentro del estudio de caracterización florística y estructura del bosque, obteniendo los valores más elevados en todos los índices de diversidad.

De acuerdo con esta información podemos deducir la importancia y peso de este ecosistema tanto a nivel ambiental como de servicios ecosistémicos. Por lo tanto, se deben implementar políticas de conservación, y concientización para la protección de estas áreas boscosas y el recurso hídrico que aflora de estas zonas.

7. Discusión

Los resultados obtenidos en comparación con el trabajo denominado “caracterización florística de un bosque alto andino en el parque nacional natural Puracé, Cauca, Colombia” realizado por Torres y Abud (2016), fueron: 301 individuos pertenecientes a 38 especies y 13 familias, y la familia con mayor riqueza de especies fue la MELASTOMATACEAE, seguida de la ERICACEAE, la CHLORANTHACEAE se presentó como la más abundante, mientras que para este estudio se obtuvieron 887 individuos pertenecientes a 27 especies y 21 familias, de las cuales se destacaron la LAURACEAE y la MELASTOMATACEAE presentando dos especies diferentes cada una, mientras las demás solo muestran una especie, la familia FAGACEAE obtuvo la mayor cantidad de individuos. Para este estudio la especie con mayor frecuencia fue el *Quercus humboldtii*, el cual también presentó el mayor valor de IVI (156,21), mientras que para el trabajo realizado por Torres and Abud (2016), la frecuencia más representativa la obtuvo la especie *Hedyosmum sp.*, y el IVI más alto fue el del *W. mariquitae* con un valor 0,96. Se muestra una semejanza en las especies halladas en ambos estudios esto debido a que estos trabajos fueron

realizados en el mismo tipo de bosque, a pesar de esto se nota la ausencia del *Quercus humboldtii* en la zona del Cauca ya que es muy común en bosque alto andino del municipio de San Miguel, Santander donde domina casi en su totalidad estos rodales.

Por otra parte, en el estudio de Gomez y Guiza (2017) se presentó un total 16 especies, también se resalta la familia MELASTOMATACEAE por ser la que cuenta con mayor riqueza de especies con tres representantes seguida de la MYRICACEAE con dos especies. Al igual que este estudio el *Q. humboldtii* presentó el mayor peso ecológico del bosque presentando un IVI de 203,93% en comparación con el resultado obtenido en este trabajo. A continuación, la tabla de especies en común de ambos estudios.

Tabla 8. Especies en común de ambos estudios

Id	Familia	Nombre Científico	Nombre Común
1	CLETHRACEAE	<i>Cletra fagifolia</i>	Amarillo
2	BETULACEAE	<i>Alnus acuminata</i>	Aliso
3	MELASTOMATACEAE	<i>Miconia sp</i>	Tuno
4	FAGACEAE	<i>Quercus humboldtii</i>	Roble
5	MAGNOLIACEAE	<i>Mangolia espinalii</i>	Hojarasco
6	CYATHEACEAE	<i>Cyathea caracsana</i>	Palma Boba
7	CLUSIACEAE	<i>Clusia multiflora</i>	Gaque
8	CUNONIACEAE	<i>Weinmannia tomentosa</i>	Encenillo

Además del IVI el *Q. humboldtii* sigue siendo la especie más representativa en cuanto a: índice de predominio fisiológico, índice de importancia ampliado e índice de posición sociológica, coincidiendo de esta forma con los resultados obtenidos de este trabajo en relación con estos mismos parámetros. Cabe resaltar que estos dos ecosistemas tienden a ser homogéneos ya que comparten gran similitud en cuanto al comportamiento de sus especies.

Al revisar el trabajo elaborado por (Feria y Paredes, 2017), y este estudio, se observa una gran diferencia que hay en estos trabajos, a pesar de que se realizaron en el mismo rango altitudinal. Haciéndose evidente la ausencia del roble.

Según los resultados obtenidos en el trabajo de (Feria y Paredes, 2017), el bosque tiende a ser heterogéneo, ya que el índice de valor de importancia, índice de importancia ampliado, índice de predominio fisiológico e índice de posición sociológica, muestran valores de intervalos no muy dispersos lo que indica que existe una alta competitividad entre las especies en los diferentes estratos donde ninguna de ellas asegura el predominio total del bosque.

La riqueza de especies obtenidas en este trabajo son muy similares a las del estudio realizado por Calderon y Carvajal (2017), encontrando en común las siguientes especies:

Tabla 9. Especies en común entre ambos estudios.

Id	Familia	Nombre Científico	Nombre Común
1	MELIACEAE	<i>Cedrela montana</i>	Cedro
2	CLETHRACEAE	<i>Cletra fagifolia</i>	Amarillo
3	CLUSIACEAE	<i>Clusia multiflora</i>	Gaque
4	CYATHEACEAE	<i>Cyathea caracsana</i>	Palma Boba
5	CHLORANTHACEAE	<i>Hedyosmum crenatum</i>	Granizo
6	MELASTOMATACEAE	<i>Miconia sp</i>	Tuno
7	MYRSINACEAE	<i>Myrsine sp</i>	Cucharero Blanco
8	FAGACEAE	<i>Quercus humboldtii</i>	Roble
9	ANACARDIACEAE	<i>Toxicodendron sp</i>	Sarno
10	ADOXACEAE	<i>Viburnum trypillum</i>	Garrocho
11	CUNONIACEAE	<i>Weinmannia tomentosa</i>	Encenillo

La especie con mayor índice de valor de importancia para el trabajo de Calderon y Carvajal (2017), fue el *Quercus Humboldtii* con un 167,47%. Este bosque tiende a ser homogéneo puesto que el roble domina en todos índices aplicados para el estudio de la finca Pantano Hondo.

Se denota la similitud entre ambos trabajos ya que se desarrollaron en el mismo municipio pero en diferente sector.

Se encontró variaciones de vegetación con el estudio realizado en el Parque Nacional Natural Serranía de los Yariguies, Santander (Carvajal, 2007), en el cual se identificaron especies vegetales como *Podocarpus oleifolius* y *Prumnopytis harmsiana*, las cuales no fueron encontradas en el área de estudio definida para el presente trabajo.

Se observa una gran diferencia en cuanto al índice de valor de importancia (IVI) de las especies con mayor importancia ecológica excepto del roble de este trabajo con respecto al realizado por Carvajal (2007), a pesar de que ambos se encuentran dentro de la misma zona delimitada por el bosque altoandino.

8. Conclusiones

- En el bosque altoandino del municipio de San Miguel se puede apreciar que la especie *Q. Humboldtii* fue una especie altamente aprovechada antes de ser declarada una especie en protección debido a su calidad de madera, es por esto por lo que actualmente se encuentran pocos individuos con amplios valores en cuanto a DAP y altura.
- En la composición florística realizada en el bosque altoandino del municipio de San Miguel, se identificaron 27 especies distribuidas en 23 familias, donde se destacaron las familias LAURACEAE y la MELASTOMATACEAE, presentando dos especies diferentes cada una, mientras que las demás solo presentan una especie. Por otra parte, la familia FAGACEAE obtuvo la mayor cantidad de individuos, lo que indica que esta zona presenta una baja diversidad de especies

- De acuerdo con el análisis de los índices de diversidad, dominancia y equidad para todos los estratos, estos indican que esta zona presenta una cobertura boscosa homogénea con amplio dominio de la especie *Q. Humboldtii*, por lo que es correcto afirmar que esta área cuenta con una baja diversidad, siendo esta especie quien posee el mayor peso ecológico dentro de este ecosistema.
- Las especies *Quercus humboldtii*, *Myrcinanthus leucoxyloides*, *Miconia sp* y *Nectandra membranacea*, se muestran como las más representativas del bosque ya que se encuentran presentes en los estratos de fustales y latizal de este modo se proyectan como las especies con las mayores posibilidades de ocupar el dosel, lo cual es demostrado por el índice de valor de importancia (IVI).

9. Recomendaciones

- Se recomienda la delimitación del robledal declarándose zona protegida en la cual se respete y garantice su conservación, ya que estas áreas cumplen funciones muy importantes como la de captar, almacenar y filtrar el agua de la que se benefician diversas comunidades.
- El bosque altoandino de San Miguel cuenta con gran cantidad de afloramientos hídricos, que son captados por el acueducto, y estas aguas captadas, son compartidas con Capitanejo un municipio cercano, lo que hace que este ecosistema tome mayor peso e importancia tanto para San Miguel como para el municipio que se beneficia de sus aguas. Por lo tanto, se hace necesaria la conservación y protección de la mayor parte del robledal para no verse afectada la población que se beneficia de este recurso hídrico.

- Desarrollar proyectos de la mano de las autoridades municipales donde se apliquen políticas de conservación para que se respeten estas zonas, y las actividades antrópicas no degraden más el bosque ni minimicen sus áreas.
- Gestionar recursos económicos que sean invertidos en el cuidado del robledal lo que garantizara a futuro la preservación de agua, ya que en esta zona existen gran cantidad de afloramientos hídricos que benefician a los habitantes del lugar.
- Promover campañas de sensibilidad con las comunidades presentes en esta zona con el fin de crear conciencia y poner en evidencia la fragilidad de estos ecosistemas para frenar las malas prácticas que conllevan el deterioro de los bosques.

Referencias Bibliográficas

- Alcaldía Municipal de San Miguel. (2003). Esquema de ordenamiento territorial del Municipio de San Miguel. San Miguel, Colombia: Alcaldía de San Miguel.
- Alcaldía Municipal de San Miguel (2017). Información general del municipio de San Miguel. San Miguel, Colombia: Alcaldía de San Miguel.
- Álvarez, M, Córdoba, S, Escobar, F, Fagua, G, Gast, F, Villareal, H, . . . Umaña, A. (2004). Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Colombia., Recuperado de <http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/31419/63.pdf;jsessionid=35E93403E9F3CCC92C4B879E14ACD562?sequence=1>
- Calderón, E , y Carvajal, F. (2017). Análisis de la composición florística y estructural de relictos boscosos ubicados en la finca Pantano Hondo del municipio de San Miguel, Santander, Colombia. (Tesis de pregrado), Universidad Industrial de Santander, Málaga, Colombia.
- Campo, A, y Duval, V. (2014). Diversidad y valor de importancia para la conservación de la vegetación natural. Parque Nacional Lihué Calel (Argentina) Anuales de Geografía de la Universidad Complutense. Universidad Complutense de Madrid. Vol 34 (2), Recuperado de <https://revistas.ucm.es/index.php/AGUC/article/viewFile/47071/44140>
- Carvajal, F. (2007). Estructura y composición florística de un bosque de roble *Quercus humboldtii* en la reserva natural "El Paramo, La Floresta" Parque Nacional Natural de los Yariguies, Santander, Colombia. (Tesis de pregrado), Universidad Industrial de Santander, Málaga, Colombia.
- 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) p. 18-22.
- Congedo, Luca. (2016). Semi-automatic classification plugin documentation. Release 6.0.1.1, 4(0.1), 29. doi:<http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.29474.02242/1>
- Feria, J. y Paredes, A. (2017). Composición Florística y Estructural del Bosque Alto Andino de la Montaña de Duartes en el municipio de Chiscas, Boyaca (Colombia). (Tesis de pregrado), Universidad Industrial de Santander, Málaga, Colombia.

- Finol, H. (1971). Nuevos parámetros a considerarse en el análisis estructural de las selvas vírgenes tropicales. *Revista Forestal Venezolana*. v. 14 (21) p. 29-42. Venezuela.
- Gomez, J. y Guiza, R. (2017). Evaluación ecológica y estructural de la vegetación del bosque de roble (*Quercus humboldtii*) en el municipio de Molagavita y San Andrés departamento de Santander, Colombia. (Tesis de pregrado) Universidad Industrial de Santander, Malaga, Colombia.
- Holdridge, L. (1987). *Ecología basada en zonas de vida*. San José, Costa Rica: IICA.
- Hosokawa, R. (1986). *Manejo de economía de florestas*, FAO, Roma (Italia).
- Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales. (2014). Metodología Corine land Cover., Bogotá: IDEAM, Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/metodologia-corine-land-cover>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). *Manual de Campo Inventario Forestal Nacional Colombia Versión 3.0*. Bogotá, Colombia: IDEAM, Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/inventario-forestal-nacional>
- Lamprecht, H. (1990). *Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas-posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido*. Cooperación técnica-Alemania, Eschborn.
- Louman, B, Quirós, D, y Nilsson, M. (2001). *Silvicultura de bosques latifoliados tropicales con énfasis en América Central*. Vol 46 Turrialba, Costa Rica: CATIE., Recuperado de <http://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/tools/tools-details/es/c/239457/>
- 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.
- Marrugan, A. (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>
- Malleux, J. (1982). *Inventarios forestales en bosques tropicales*. p 414 Lima, Peru.
- Margalef, R. (1974). *Ecología*. Ediciones Omega. Barcelona.
- Melo, O, y Vargas, R. (2003). *Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos*. Universidad del Tolima. Ibagué, Colombia., Recuperado de <http://ingenieriaforestalut.blogspot.com.co/2010/10/libro-evaluacion-ecologica-y.html>
- 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, Claudia. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. Zaragoza España: M&T–Manuales y Tesis SEA. Cooperación Iberoamericana CYTED, Recuperado de <http://entomologia.rediris.es/sea/manytes/metodos.pdf>
- Rangel, J., Lowy, P., y Aguilar, M. (1997). Colombia diversidad biótica II: tipos de vegetación en Colombia, la distribución de los tipos de vegetación en Colombia. Bogotá, Colombia: IDEAM, Recuperado de http://www.colombiadiversidadbiotica.com/Sitio_web/LIBROS_DEL_I_AL_IV/Entradas/2011/3/28_COLOMBIA_DIVERSIDAD_BIOTICA_II.html
- Rincon, J. (2012). El bosque alto andino: Una oportunidad para llevar al educando al aprendizaje significativo y las estrategias de conservación. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia: 202.
- Rojas, A, Suárez, J, Guauque, J, y Otavo, E. (2002). Guías técnicas para la ordenación y el manejo sostenible de los bosques naturales. Bogotá. Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Recuperado de <https://es.scribd.com/document/93563409/Guia-Tecnica-para-la-Ordenacion-y-Manejo-de-Bosque-Natural>
- Romero, M., Cabrera, E. y Ortiz, N. (2008). Informe sobre el estado de la biodiversidad en Colombia 2006-2007. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C., Colombia. 181 p.
- Salinas, N. (2007). Libro rojo de plantas de Colombia: Especies maderables amenazadas. (Doc. 22250 v. 4) CO-BAC, Bogotá).
- Torres, G. y Abud, H. (2016). caracterización florística de un bosque alto andino en el parque nacional natural puracé, Cauca, Colombia. Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural. 20: 27-39.
- Torres, G. y Marina, A. (2016). Caracterización florística de un bosque alto andino en el Parque Nacional Natural Puracé, Cauca, Colombia. Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural 20(1): 27-39.
- Ucros, J. (2008). Breve historia y situación actual del patrimonio forestal colombiano. FAO 15.
- Valerio, J. (1998). Intensidad de cosecha y ciclos de corta en el manejo de bosque natural. Simposio Internacional sobre Posibilidades de Manejo Forestal Sostenible en América Tropical, Proyecto de Manejo Forestal Sostenible, Santa Cruz (Bolivia) CIFOR, Bogor (Indonesia) IUFRO, Viena (Austria).
- Villareal, H, Álvarez, M, Córdoba, S, Escobar, F, Fagua, G, Gast, F, . . . Umaña, A. (2004). Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de

Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Colombia., Recuperado de <http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/31419/63.pdf;jsessionid=35E93403E9F3CCC92C4B879E14ACD562?sequence=1>

Apéndices

Apéndice A. Establecimiento de subparcelas



Apéndice B. Medición de diámetros dap.



Apéndice C. Medición de alturas.



Apéndice D. Recolección de muestras botánicas.



Apéndice E. Bosque altoandino en el municipio de San Miguel, Santander.



