

**FACTORES EDÁFICOS Y OCURRENCIA DE ESPECIES VEGETALES EN EL
BOSQUE SECO TROPICAL, MERCADERES-CAUCA, COLOMBIA**



YESLY BRIGITH FERNÁNDEZ CUETOCUE

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
PROGRAMA BILOGÍA
POPAYÁN
2020**

**FACTORES EDÁFICOS Y OCURRENCIA DE ESPECIES VEGETALES EN EL
BOSQUE SECO TROPICAL, MERCADERES-CAUCA, COLOMBIA**



YESLY BRIGITH FERNÁNDEZ CUETOCUE

**Informe final en la modalidad de investigación presentado para optar el título de
Bióloga.**

**DIRECTOR
HERNANDO VERGARA VARELA, Ph.D**

**CO-DIRECTORA
PATRICIA TORRES HERNÁNDEZ, M. Sc**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
PROGRAMA BIOLOGÍA
POPAYÁN
2020**

Nota de aceptación.

El director y los jurados han leído el presente documento, escucharon la sustentación del mismo por sus autores y lo encuentran satisfactorio.

Firma del director Hernando Vergara

Firma de Co-Directora Patricia Torres

Firma del jurado Gamadiel Cabrera

Firma del jurado Giovanni Varona

Popayán, enero de 2020.

DEDICATORIA

A Dios.

A el en primera estancia, porque es quien hizo posible que yo esté aquí y quien bendijo mi vida con la familia que me dio y las personas que han hecho parte de este recorrido y me ha dado la motivación y la fuerzas de luchar cada día.

En primera estancia quiero dedicarle este trabajo a la memoria de mi tía Doris y mi abuelo, quienes dieron amor, apoyo, compañía, fuerza y confianza a mi vida todos los años que tuve la oportunidad de compartir con ellos y aunque hoy no estén, su recuerdo, su amor y su memoria siempre van a estar presentes en mi vida

A mi mama Marylin.

Por hacer de padre y madre al mismo tiempo, por sacar adelante tres hijos y por todo que es un ejemplo de fuerza y tenacidad aun cuando no hay fuerzas para seguir.

A mis abuelas Cecilia y Elvira

Porque su amor infinito, el trabajo con el que han sacado una familia adelante han llenado de motivación para seguir adelante y trabajar por ellas y brindarles lo que ellas me han brindado a mi cada día de mi vida.

A mis tías Luz, Saira, Clariza y mi tío Fredy.

Quienes me han ayudado, acompañado, apoyado, cuidado de mí y de mis hermanos desde nuestra llegada, y es por ellos que mi mama y mis hermanos tuvimos una oportunidad de salir adelante y hoy poder culminar esta meta, a ellos porque han hecho posible que estudiemos y nos formemos, como personas y profesionales y hoy esto es para ellos.

A mis Hermanos Vanesa y Cristian

Con quienes he tenido la oportunidad de crecer y formarme en una familia amorosa y fuerte, y con quienes vamos a sacar adelante a las personas que amamos.

A Luis Gutiérrez

Con quien tuve lo oportunidad de formarme en esta universidad de compartir largos y complicados momentos en nuestra formación y su apoyo y compañía fue indispensable en todo este proceso.

AGRADECIMIENTOS

Hoy quiero darle la gracias y la gloria a Dios porque me dio la vida, la salud y la fuerza para culminar esta meta y las que he logrado en compañía de las personas que amo, gracias a el tengo la oportunidad de compartir con ellos y de formarme como persona y profesional.

Gracias a mi mamá, quien ha trabajado fuerte y constantemente por mi familia, por mis hermanos y por mí, por ella tuve la oportunidad de estar en una universidad educarme y hoy ser mejor personas y buena profesional.

Gracias infinitas a mi familia, mis abuelas, mis tías y mis hermanos, porque por ellos hoy tengo la oportunidad de culminar una meta que vi lejos y gracias a su amor, a su apoyo, a su cariño y comprensión hoy estoy más cerca de una meta vital para mi vida. Gracias a Dos por la familia que me dio, porque he sido testigo de los más duros momentos que me han enseñado a valorar cada día, cada gesto, cada esfuerzo y siempre lo voy a tener presente.

Gracias a mi tía Doris y mi abuelo, quienes hasta en los últimos momentos que logré compartir a su lado tuve su amor y apoyo sincero e incondicional e hicieron que hoy este aquí, gracias por todo lo que hicieron y lo que siguen haciendo de mi vida.

Gracias a Luis, porque estuviste en todo momento, me diste la mano en los buenos y en los más duros días, me acercaste más a Dios y tu apoyo ha sido fundamental en toda la carrea, en toda mi vida y en este proceso, gracias infinitas por todo lo que hiciste por mí.

Gracias a los profesores Hernando y Patricia porque más que profesores, fueron guías, fueron compañeros y amigos, y tener la oportunidad de aprender de grandes profesionales ha sido un gran logro tanto en mi vida profesional como personal. Gracias por todo su apoyo y formación.

Gracias a mis amigos quienes con su cariño, compañía y apoyo hicieron de este camino un recorrido muy especial, siempre van a estar presentes en mi memoria y en mis oraciones, así como en mi vida. Gracias porque su amistad fue indispensable en todo este proceso.

Gracias a Laura y su familia por su ayuda, mil gracias por haberme brindado la mano en este último recorrido y sepan que en mis oraciones siempre van a estar presentes.

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS.....	8
LISTA DE FIGURAS.....	9
LISTA DE ANEXOS	10
LISTA DE ABREVIATURAS.....	11
1. INTRODUCCIÓN.....	12
2. JUSTIFICACIÓN.....	13
3. MARCO TEORICO.....	15
3.1 VEGETACIÓN DE BOSQUE SECO TROPICAL	15
3.2 SUELO	16
3.3 RELACION SUELO Y PLANTA	18
3.4 USO DE LA TIERRA	19
4. ANTECEDENTES	20
5. OBJETIVOS	23
5.1 OBJETIVO GENERAL.....	23
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	23
6. METODOLOGÍA.....	24
6.1 Área de estudio.	24
6.2 Fase Inicial	25
6.3 Caracterización de la vegetación.....	26
6.4 Caracterización de los factores edáficos.....	29
6.5 Caracterización del uso de la tierra.....	31
6.6 Factores edáficos y Vegetación	32
7. RESULTADOS	33
7.1 Riqueza y Abundancia de Especies.....	33
7.2.1 Coberturas Vegetales	37
7.2.2 Similitud entre las unidades de suelos evaluados.....	41
7.3 Caracterización del suelo	45
7.4 Uso de la tierra.	48

7.5 Factores edáficos -Vegetación	49
8. DISCUSIÓN.....	52
8.1 Caracterización de la vegetación.....	52
8.2 Caracterización del suelo.	56
8.3 Uso de la tierra.	64
8.4 Relación del suelo y vegetación.	66
9. CONCLUSIONES	72
10. RECOMENDACIONES	73
11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
ANEXOS	91

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Modificación del índice de abundancia y dominancia	32
Tabla 2. Abundancia de especies.	33
Tabla 3. Dato de interpolación y Extrapolación.....	37
Tabla 4. Índices de Similitud de Jaccard.....	42
Tabla 5. Parámetros químicos	47
Tabla 6. Parámetros físicos	48

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Quebrada Matacea, vereda el Vado, Mercaderes – Cauca.....	24
Figura 2. Ubicación geográfica del área de estudio.....	25
Figura 3. Toma de datos para levantamiento de información en vegetación	27
Figura 4. Relección, transporte e identificación de material vegetal.....	28
Figura 5. Cartografía base de las unidades de suelo. (IGAC, 2009)	29
Figura 6. Recolección, transporte y procesamiento de material edafológico	30
Figura 7. Ubicación Geográfica de los puntos de muestreo.....	31
Figura 8. Curvas de Acumulación de Especies por Unidad del suelo.	36
Figura 9. Mapa producto de la clasificación supervisada, indicando las diferentes coberturas vegetales.....	38
Figura 10. Dendrograma basado en el índice de similitud de Jaccard.....	42
Figura 11. Perfil de vegetación.....	44
Figura 12. Diagrama de ordenación del análisis de correspondencia canónica.	50
Figura 13. Diagrama de ordenación del análisis de correspondencia canónica (CCA).....	51

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Hoja de datos de campo	91
Anexo B. Estado Actual Del Bosque Seco Tropical	93
Anexo C. Polígono de la propuesta de área protegida de BST	94
Anexo D. Registro fotográfico.....	94

LISTA DE ABREVIATURAS

ACC: Análisis de Correspondencia Canónica.

B: Boro

BS: Bloques subangulares.

BST Bosque Seco Tropical.

Ca: Calcio

CaCO₃: Carbonatos de Calcio

CICe: Capacidad de Intercambio Catiónico efectiva

Co: Cobalto

Cu: Cobre

Da: Densidad aparente

Dr: Densidad real

FA: Franco arenoso.

FAA: Franco arcilloso arenoso.

Fe: Hierro

GM: Granular y migajosa.

K: Potasio

Mg: Magnesio

Mn: Manganeseo

MO: Materia orgánica

Mo: Molibdeno

N: Nitrógeno

P: Fósforo

PC: Prismática y columnar.

PNN: Parques Nacionales Naturales.

U.H: Uso Histórico del suelo

Zn: Zinc

1. INTRODUCCIÓN

Los bosques secos tropicales (BST) se encuentran en áreas donde las temperaturas anuales son mayores a los 17°C y la evapotranspiración supera a la precipitación, la cual está entre 250 y 2000 mm por año (Holdridge, 1967; Murphy y Lugol, 1986). Estos bosques son producto de las adaptaciones que han sufrido las especies vegetales como respuesta a las altas temperaturas y escasa disponibilidad del agua (Sanmartín-Sierra *et al.*, 2016).

El BST, se encuentra en áreas relativamente planas con suelos de fertilidad intermedia y pH moderado, los cuales presentan una baja pérdida de nutrientes por lixiviación y desarrollo pedogénico (Ratter *et al.*, 1978; Vargas y Allen, 2008; Portillo-Quintero y Sánchez-Azofeifa, 2010).

La extensión original de este ecosistema es totalmente desconocida, sin embargo, algunos autores sugieren que del total de la superficie de la tierra que alguna vez cubrió el BST, aproximadamente el 48.5% ha sido transformada y convertida a otros tipos de usos del suelo (Hoekstra *et al.*, 2005); en la actualidad menos del 2 % de los remanentes de BST permanecen intactos (Janzen, 1987; Quesada *et al.*, 2009 y Buzzard *et al.*, 2016), En Latinoamérica cerca de 66% ya han sido destruidos (Quesada *et al.*, 2009),

De las 9.000.000 ha que tenía Colombia originalmente, solo quedan cerca del 8%, que corresponden a 739.500 ha distribuidas en 653 remanentes en 6 regiones del País de las cuales el Valle de Patía, ubicado en el departamento del Cauca, cuenta solo con 24.800 ha, sin embargo, en este valle no se ha reportado la presencia de bosques maduros propiamente dicho (Pizano *et al.*, 2015).

La fertilidad de sus terrenos ha sido uno de los principales atractivos para el asentamiento de poblaciones humanas que se han dedicado principalmente a actividades como la ganadería, la agricultura y en menor medida la extracción de minerales (Vergara, 2015). La variación climática de la zona sumada a las prácticas insostenibles en el uso de la tierra como la implementación de monocultivos o tala excesiva de los bosques, han llevado a procesos de desertificación (Díaz, 2006).

Lo que conlleva a alteración de los factores edáficos que a su vez provoca distribución heterogénea de los nutrientes del suelo y de la vegetación asociada (Schlesinger *et al.*, 1990). Esta investigación se centró en la distribución espacial de plantas, nutrientes del suelo y aspectos sobre las funciones del ecosistema del BST, para proponer un manejo adecuado que permita la conservación de los relictos de BST en el Valle del Patía.,

El presente trabajo aporta conocimiento a la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus servicios Ecosistémicos (PNGIBSE). De igual forma contribuye a la gestión de un plan de mantenimiento de la biodiversidad y asegurar el flujo de múltiples servicios ecosistémicos (PNN, 2015) lo cual fortalecerá la iniciativa de establecer un área de conservación, localizada espacialmente en polígono propuesto por Parques Nacionales Naturales en la microcuenca baja de la quebrada Matacea, área donde se desarrolló el trabajo de investigación.

2. JUSTIFICACIÓN

El BST es considerado a nivel mundial, como un ecosistema con prioridad para la conservación, no solo por sus altos grados de endemismo y especiación sino también por localizarse en zonas con fuertes presiones antrópicas, que recaban en la disminución de su cobertura y pérdida de la biodiversidad albergada (Miles *et al.*, 2006; Pennington *et al.*, 2009; Gonzáles *et al.*, 2014). Este ecosistema ha sido sometido a altas tasas de deforestación y cambio en el uso del suelo relacionados con cultivos y pastos, en comparación a otros ecosistemas, siendo la erosión del suelo una de las formas más extendidas de degradación de la tierra asociados a cambios en el uso del suelo (Houghton *et al.*, 1991; Cotler y Ortega, 2006). Las altas tasas de pérdida y degradación continúan registrándose en la mayoría de países tropicales donde aún hay presencia de BST (FAO, 2001).

En la mayoría de las áreas donde aún existe BST, la distribución es bastante dispersa y fragmentada. En Suramérica se encuentran más de la mitad (54.2%) de BST, reportado a nivel mundial (Miles *et al.*, 2006). En Colombia el estado de BST es crítico puesto que se ha perdido alrededor del 90% de la cobertura inicial de este ecosistema, debido a que fue reemplazada por pastos, campos agrícolas y urbanizaciones, a finales del siglo XX e

inicios del siglo XXI (Etter *et al.*, 2008; García *et al.*, 2014; Gonzáles *et al.*, 2018). Lo más preocupante es que el 65% del territorio que estaba cubierto por bosque seco y ha sido deforestado, se encuentra bajo escenarios de desertificación (García *et al.* 2014; Pizano, 2017).

Para Colombia, en los departamentos de Cauca y Nariño, en el valle del Patía, se encuentran pocos relictos representativos del BST, en donde se han registrado solo entre 0,2 y 0,6% de la cobertura original del BST (García *et al.* 2014; Pizano, 2017).

Es por tanto que conocer la influencia que pudieran ejercer los factores edafológicos sobre la riqueza de especies en bosques tropicales, ha generado gran intriga en los investigadores a lo largo del tiempo (Sollins, 1998; Martins *et al.*, 2015), por lo que estudios referentes al suelo y la vegetación son importantes principalmente para iniciar trabajos tendientes al manejo de los recursos florísticos que proporcionen información básica sobre, estado de conservación y existencia real de recursos con posibilidades de aprovechamiento (Aguirre & Aguirre, 1999; Montaña & Roa, 2012). Sin embargo, para el área del valle del Patía no se reportan estudios detallados de los suelos (IGAC, 2009; Vergara & Torres, 2017).

El trabajo de investigación en el BST del valle del Patía se justifica puesto que en Colombia este ecosistema está disminuyendo aceleradamente, siendo urgente avanzar en el conocimiento del BST para proponer acciones de conservación, en armonía con el principio de precaución y las disposiciones de la resolución 960 de 2019 que establece los términos para protección de áreas en el país para garantizar un debido manejo ambiental. Por tal razón, un aporte importante para el conocimiento del BST, en el departamento del Cauca, es evaluar las relaciones entre el suelo y la vegetación, en los fragmentos de BST del valle del Patía, de tal manera que se entienda el riesgo a que está sometido las coberturas de BST en el suroccidente de Colombia y proponer acciones que permitan la conservación.

3. MARCO TEORICO

El vínculo existente entre el suelo y la vegetación, es una relación que ha sido estudiada desde diferentes perspectivas teniendo en cuenta aspectos como: clima, agua, geomorfología, topografía o factores edafológicos como en el presente estudio. Estos en particular han demostrado ser “aspectos clave en la riqueza que muestran las plantas tropicales, lo cual ha sido objeto de mucha atención; sin embargo, no se ha llegado a ningún consenso al respecto y continúa siendo por tanto un campo abierto a muchas posibilidades de estudio. Estudiar la relación entre las plantas y los factores edáficos traspasa fronteras de lo puramente teórico” (Clark, 2002).

3.1 VEGETACIÓN DE BOSQUE SECO TROPICAL

La flora del valle del Patía es una mezcla de especies nativas y naturalizadas (Vergara 2014). Con el aumento de los poblados, se han incorporado al paisaje múltiples especies cultivadas, muchas de las cuales se han adaptado plenamente al entorno y crecen subespontáneamente en la región, contribuyendo a modificar la estructura y composición de la vegetación en varios sectores con vocación ganadera, especialmente en las mesetas de Mercaderes y El Bordo y en los corregimientos de Galíndez, El Estrecho y Patía, en el municipio de Patía (IGAC 1992, Ramírez *et al.*, 2015). La vegetación, se caracteriza por la ausencia de un dosel continuo de árboles, tamaño bajo de las plantas, predominio de especies leñosas bajo la forma de arbustos, Arbolitos y suculentas y la presencia permanente o estacional de una gran proporción de suelo desnudo (Ramírez *et al.*, 2015).

La vegetación de BST está expuesta a un periodo de sequía de 5 o 6 meses, entre los cuales experimenta temperaturas desde los 25° hasta los 38°C (Gonzales, 2014), con procesos ecológicos marcados por esta estacionalidad (Pennington *et al.*, 2006; Pizano *et al.*, 2014). La estacionalidad de las lluvias representa el factor más crítico para la vegetación del BST, dado que el agua determina la producción de hojas, la fotosíntesis, la descomposición de materia orgánica, la producción de raíces y las dinámicas de nutrientes y microorganismo en el suelo (Jaramillo *et al.*, 2011; Pizano *et al.*, 2014)

Esta estacionalidad de lluvias ha obligado a la vegetación de BST a generar una gran variedad de estrategias claves para sobrevivencia, que le han permitido dar un paso más adelante en la optimización de los recursos, tales estrategias se han enfocado en la reducción de la transpiración y la respiración durante las épocas secas, para evitar la pérdida de agua (Santiago *et al.*, 2004); reducir su evapotranspiración transformando sus hojas en espinas (Killen *et al.*, 1998; Soriano & Ruiz, 2003) y aguijones los cuales también les ha permitido desarrollar una fuerte resistencia contra la herbivoría (Grubb, 1992; Pizano *et al.*, 2014), Los tallos fotosintéticos representan una alternativa a la pérdida estacional de hojas, las estructuras suculentas que permiten el almacenamiento de agua, la fijación nocturna de CO₂ y reduce la transpiración durante el día (Killen *et al.*, 1998; Soriano y Ruiz, 2003 y Pizano *et al.*, 2014) este tipo de fotosíntesis es común en grupos de plantas como los cactus y las bromelias (Reyes Garcia *et al.*, 2013 y Pizano *et al.*, 2014). Otro aspecto importante y preocupante para resaltar de la vegetación de BST es la explotación que ha tenido por décadas algunas especies maderables como la *Ceiba pentandra* o *Samanea saman* las cuales se caracterizan por tener una fina madera (Pizano *et al.*, 2014) y puede ser un atractivo comercial muy impactante para el ecosistema de BST.

La importancia que representa el estudio de la vegetación, permite conocer la riqueza de este ecosistema, además de aportar al aprovechamiento sostenible de nuestros recursos naturales y la generación de proyectos de conservación y protección.

3.2 SUELO

En la década del 40 Jenny definió los factores que intervienen en la formación del suelo, mediante el modelo sencillo en su presentación $S=f(C, MP, O, R, t)$, según el cual, el desarrollo del suelo es función de la acción de un clima y sus organismos asociados sobre un material parental, bajo el control de un relieve, durante un determinado período de tiempo (Jaramillo, 2002). La composición física ideal le asigna a la fase sólida un valor de 50% del volumen del suelo, repartido en 45% de componente mineral y 5% de componente orgánico; el volumen restante se reparte en cantidades iguales entre las fases líquida y gaseosa. Para tener una adecuada fertilidad física en el suelo, no sólo se

requiere estar cerca de la composición ideal mencionada, sino que, además, los diferentes componentes deben estar distribuidos equilibradamente en el espacio (Jaramillo, 2002).

Dicha situación de relativo equilibrio ideal puede presentarla el suelo en condiciones naturales o puede crearse artificialmente. En el primer caso, la evolución del suelo lo lleva a esa condición cuasi estable (Jaramillo, 2002).

El suelo constituye la interfaz entre el aire y el agua y alberga gran parte de la vida. La formación del suelo es un proceso extremadamente lento, que se mide en escala de tiempo geológico, por esto se considera un recurso no renovable y el uso debe garantizar la conservación de la estructura y de las funciones.

El suelo está regulado por factores edáficos que influyen fuerte y directamente sobre la distribución de la biota en la corteza terrestre. Los factores edáficos se definen entonces como las características físicas y químicas que interactúan entre sí para conferirle al suelo sus propiedades. Estos factores influyen decisivamente sobre el uso posterior que se haga sobre la tierra, así como las necesidades de manejo que se deban implementar.

Para efectos de la presente investigación se ha planteado realizar un análisis de la composición física y química de los suelos que presenten gran incidencia en la relación suelo-vegetación, para ello se ha tenido en cuenta las siguientes variables: La textura, es un parámetro que establece las cantidades relativas en que se encuentran las partículas de diámetro menor a 2 mm. La densidad del suelo que se define como el peso que tiene dicho material, por unidad de volumen. La humedad que es la cantidad de agua que posea el suelo. La porosidad del suelo que se define como el volumen de éste que no está ocupado por sólidos. La materia orgánica es la fracción orgánica que posee el suelo, excluyendo los residuos vegetales y animales sin descomponer. El pH es aquella propiedad que establece el grado de acidez o de alcalinidad que él presenta y tiene una gran influencia en muchas de las propiedades del suelo. La CICe indica la capacidad que tiene el suelo de intercambiar los iones (Ca, Mg, K, Na) (Jaramillo, 2002).

Se estudiaron también la presencia de macroelementos (N, P, Mg, K), los cuales se necesitan en mayores cantidades, contrario que los microelementos (B, Cu, Fe, Mn, Zn,

Co y Mo), que se caracterizan por estar presentes en pequeñas cantidades, por último, se estudió la presencia de cenizas volcánicas y CaCO_3 .

La importancia del estudio de los factores edáficos y su relación con la vegetación, radica en los evidentes patrones de distribución de las plantas de acuerdo a las condiciones edafológicas que presenta el terreno (Clark, 2002).

3.3 RELACION SUELO Y PLANTA

Dentro de las relaciones ecológicas con mayor atractivo desde una perspectiva ecológica se encuentran las relacionadas con los gradientes latitudinales, las cuales pueden definir el aumento, disminución o distribución de especies (animales o vegetales) desde los polos hasta el ecuador, estas relaciones son además explicadas por las características ambientales de las regiones (Currie, 1991; Wright *et al.*, 1993; Clarck, 2002) y de forma particular en cuanto a la vegetación, la variación a nivel de paisaje puede estar relacionada con la variación en los factores edáficos (Clarck, 2002).

Los suelos y la vegetación mantienen relaciones recíprocas. Un suelo fértil favorece el crecimiento de las plantas al proporcionarles nutrientes y servirles de tanque de retención de agua y de sustrato para sus raíces. Por su parte, la vegetación, la cubierta arbórea y los bosques previenen la degradación y desertificación de los suelos al estabilizar el suelo, mantener el ciclo del agua y los nutrientes y reducir la erosión hídrica y eólica (FAO, 2015).

Una pieza clave para el entendimiento de esta relación son los factores edáficos, los cuales tienen en cuenta la naturaleza multivariada de los suelos. (Hammer, 1998; Clark, 2002; Diaz *et al.*, 2017).

La importancia de estudiar la composición física y química de los suelos, con relación a la vegetación está dada por la capacidad que tienen los suelos para mantener una determinada biomasa vegetal; la presencia de arcilla y los factores edáficos definen la capacidad del suelo para retener agua y nutrientes” (Jordan, 1985; Clark, 2002), lo cual influye directamente en la ocurrencia de plantas. La presencia o ausencia de las especies vegetales depende en su totalidad de los nutrientes y las condiciones del suelo para

mantener un buen porcentaje de poblaciones, que a su vez favorezcan los ciclos biogeoquímicos que se desarrollan en los suelos en conjunto con la biota.

3.4 USO DE LA TIERRA

La tierra se considera indicador de la calidad ambiental, la cual está relacionada con la cobertura del mismo y es de suma importancia identificar los cambios que generan el uso de la tierra en la cobertura y como se ven afectados los factores edáficos, a fin de conocer las tendencias de la tierra a la degradación, desertificación o pérdida de la riqueza.

“El término cobertura de suelo, se refiere a la cubierta física y biológica sobre la superficie de la tierra, incluyendo agua, vegetación, suelo desnudo, y/o estructuras artificiales (García, 2008).; mientras uso de la tierra se refiere al tipo de aprovechamiento que los humanos le hacemos al ecosistema, la alteración de la cobertura vegetal producida por los cambios en el uso constituye una de las principales dimensiones del fenómeno conocido como Cambio Global (Paruelo, 2006).

Lo anterior sumado a las practicas insostenibles sobre los ecosistemas limita la oferta de los servicios ecosistémicos que dependen del delicado balance entre el uso y el abuso de los ecosistemas y además determinan la prevención de la desertificación, la cual es ahora la mayor amenaza para los bosques secos de todo el mundo (Pizano *et al.*, 2014). La importancia de los estudios dirigidos al uso de la tierra, se dirigen a un uso más beneficioso, mientras que se mantiene la calidad del ambiente y se promueve la conservación de los recursos.

Para las cuencas de los ríos Cauca y Patía las noticias no son muy alentadoras, debido a que se registra el uso mayoritario de las tierras, las cuales se han dedicado a actividades pecuarias con pastos para ganadería extensiva y semi-extensiva. El área agrícola es relativamente pequeña, generalmente poco tecnificadas y gran parte de esta es de subsistencia (Vivas y Martínez, 2009).

4. ANTECEDENTES

Si bien no hay muchos datos disponibles sobre las propiedades de los suelos de BST (Ceccon *et al.*, 2002) y su relación con la vegetación; a escala mundial, los estudios de la vegetación en términos de la diversidad o riqueza de especies están determinadas por factores climáticos y geomorfológicos, grandes perturbaciones, procesos biogeográficos y patrones de especiación y extinción (Leigh *et al.*, 2004; Clark, 2002) sin embargo hace falta información acerca de la relación que guardan las propiedades del suelo y la distribución de la vegetación.

En Costa Rica, y en muchos países de Latinoamérica la mayoría de los estudios sobre las relaciones suelo-planta se han realizado y centrado especialmente en bosques húmedos (Huston, 1980; Herrera & Finegan, 1997; Clark, 2002), dejando de lado el ecosistema de BST.

Miglietta (1994), Albanesi y Enriquez (2004) han evidenciado que altas temperaturas, han generado drásticas modificaciones en las propiedades del suelo (Miglietta, 1994; Albanesi & Enríquez, 2004) a corto, mediano y largo plazo. Conjuntamente, se han estudiado también la influencia de pendientes fuertes (20°-35°) y actividades pecuarias, que aceleran los procesos de erosión, dejando los suelos descubiertos y generando pérdida de nutrientes que incentivan la formación de suelos arenosos con bajo contenido de materia orgánica (Giorgis *et al.*, 2013)

En Colombia este fenómeno es debido al desarrollo de los procesos de apropiación del territorio colombiano, lo cual ha conducido a una importante transformación de los ecosistemas originarios, a través de procesos de colonización y establecimiento de sistemas productivos en alta medida extractivos, además del deterioro de la cobertura vegetal. Lo anterior ha generado grandes afectaciones sobre ecosistemas de bosques húmedos tropicales, bosques secos, bosques andinos, páramos, sabanas del Caribe y Orinoquia en los ecosistemas de manglar (PNUD, 2000).

En el ecosistema de BST del valle del Patía, las condiciones climáticas han reducido las áreas de BST, así que el Ministerio de Ambiente (2000), registra las áreas secas del

departamento del Cauca como altamente propensas a la pérdida de su cobertura boscosa.

El instituto Humboldt (2014) el 65% de las tierras del país que han sido deforestadas y eran bosque seco presentan desertificación. Esto quiere decir que esas tierras están tan degradadas que ya la producción agrícola o ganadera, es insostenible.

Las propiedades del suelo pueden influir en la distribución espacial de las plantas de BST en áreas con diferente grado de intervención, ya que estos procesos pueden influir en la variación de la vegetación y suelos lo cual se puede evidenciar a pequeña escala de según Oliveira-Filho *et al.* (1998). González y Zak, (1994); afirman que las plantas tienden a crear una retroalimentación positiva sobre el ciclo de nutrientes, afectando así la variación espacial de los suelos. Ceccon *et al.* (2002), demostraron que algunas propiedades del suelo pueden afectar el número de individuos y la riqueza de especies de las comunidades de árboles y de plántulas.

Pinzón y Amézquita (1991), demostraron que propiedades físicas del suelo tales como la densidad aparente, humedad, grado de compactación y de infiltración, la textura y estructura, se modifican notablemente debido a actividades como la implementación de pastizales o la ganadería, sin embargo, la intensidad de estos cambios dependerá también de la vegetación y la geomorfología del área.

Las practicas intensivas de carácter insostenibles que se realizan al interior del BST, los cuales han sufrido graves procesos de transformación y desertificación, además de haber sido diezmados por la ganadería y la agricultura intensiva (Mazo *et al.*, 2016)

Kauffman *et al.* (1998) y Ellingson *et al.* (2000) quienes expusieron que las técnicas tradicionales practicadas para el pastoreo, como la quema de restos vegetales, son también actividades que producen la remoción y pérdida de nutrientes, principalmente por volatilización y lixiviación.

investigaciones como las de Pinto *et al.* (2007) presentaron variaciones en las propiedades del suelo, cuando compararon dos bosques con diferente tipo de uso, algunos de ellos presentaron una baja capacidad de intercambio catiónico, baja capacidad de saturación y altos valores de pH. Estos estudios mostraron además que

las características del suelo pueden afectar procesos como la sucesión natural, esto supone la intervención del hombre para mejorar la calidad del suelo y recuperar así sus propiedades.

Gonzales *et al.*, (2018), en su estudio sobre heterogeneidad ambiental, expusieron que los suelos de BST poseían características químicas importantes como la variación de la fertilidad entre baja alta, alto contenidos de arenas y alta capacidad de intercambio catiónico. Las cuales podrían variar según la perturbación, ya que este es un elemento determinante no solo para los factores edáficos sino también para la composición de las comunidades vegetales en ecosistema de BST en Colombia.

En el área de estudio se reportan los estudios hechos por la CRC en el 2010, sobresale un estudio de zonificación de áreas en proceso de desertificación y sequía. El estudio identifica que debido a un mal uso y manejo de los recursos naturales como son quemas, actividades agrícolas, ganadería y economía extractivista, se dio paso a acelerados procesos de pérdida de cobertura vegetal. El 91% del área de municipio de Mercaderes se ve afectado por este proceso, seguido del municipio Patía con un 70.9%, adicional a esto se identificaron las unidades paisajísticas referidas a estudios de suelos a lo largo de la cuenca del río Patía. Sin embargo, no se reportaron estudios referentes a la relación suelo-vegetación en el área del municipio de Mercaderes.

5. OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL

- Vincular los factores edáficos con la ocurrencia de especies vegetales en áreas con diferentes tipos de uso de la tierra en Bosque Seco Tropical, del valle alto del Río Patía, municipio de Mercaderes – Cauca.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la riqueza y abundancia de especies vegetales.
- Determinar la composición física y química del suelo.
- Identificar los tipos de uso de la tierra.

6. METODOLOGÍA

6.1 Área de estudio.

El presente estudio se desarrolló en la parte baja a la quebrada Matacea, la cual se encuentra ubicada en el departamento del Cauca, Municipio de Mercaderes, corregimiento de El Vado, en los límites de los departamentos de Cauca y Nariño entre las coordenadas geográficas 01°46' 38,09" N, 77°16' 59,13" W y 01° 48' 42,36" N, 77°16' 47,67" W, al Suroeste del País (Figura 1 y 2). El área total consta de 956 ha, dentro del polígono de la propuesta de área protegida de los ecosistemas de Bosques Secos Tropicales del Patía (Anexo C), son extensiones que no han sido intervenidas y tienen un proceso de regeneración natural hace aproximadamente diez años, características importantes para su selección para este estudio. Se ubican en altitudes entre los 500 y 800 msnm, la temperatura media anual es de 26.3°C y la precipitación media de 1248 mm (Estación climatológica Granja Experimental Universidad de Nariño, municipio de Mercaderes, departamento del Cauca, 01°54'N, 77°11'W) (Vergara y Torres, 2017). La precipitación tiene una distribución bimodal, dividida en dos periodos lluviosos (marzo–mayo y octubre-diciembre) que son separados uno del otro por dos periodos secos (enero–febrero y junio–septiembre) (Vergara, 2015).

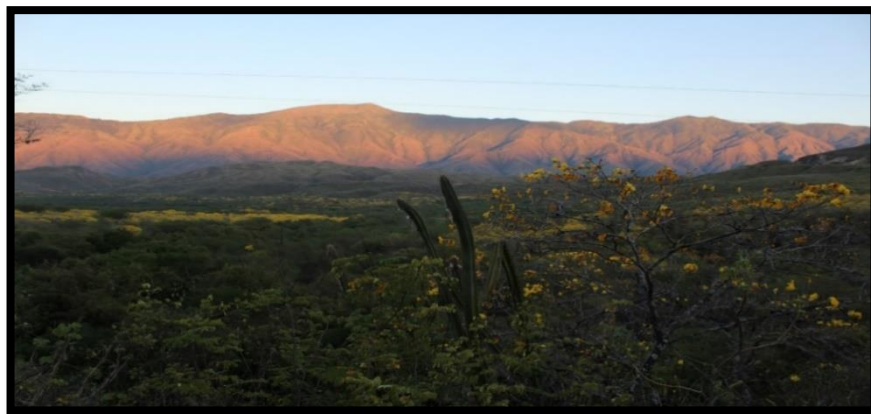


Figura 1. Quebrada Matacea, vereda el Vado, Mercaderes – Cauca

El área de trabajo se seleccionó teniendo en consideración que en el POT del Patía del año 2016, el área se describe como un paisaje heterogéneo inmerso en una matriz de áreas dedicadas a la agricultura y la ganadería en la que sobresale relictos de BST en estado de sucesión primaria y secundaria, correspondiente a predios privados con

historia de uso del suelo relacionadas con la explotación y aprovechamiento de la riqueza vegetal, lo que ha estimulado el desarrollo de procesos de desertificación.

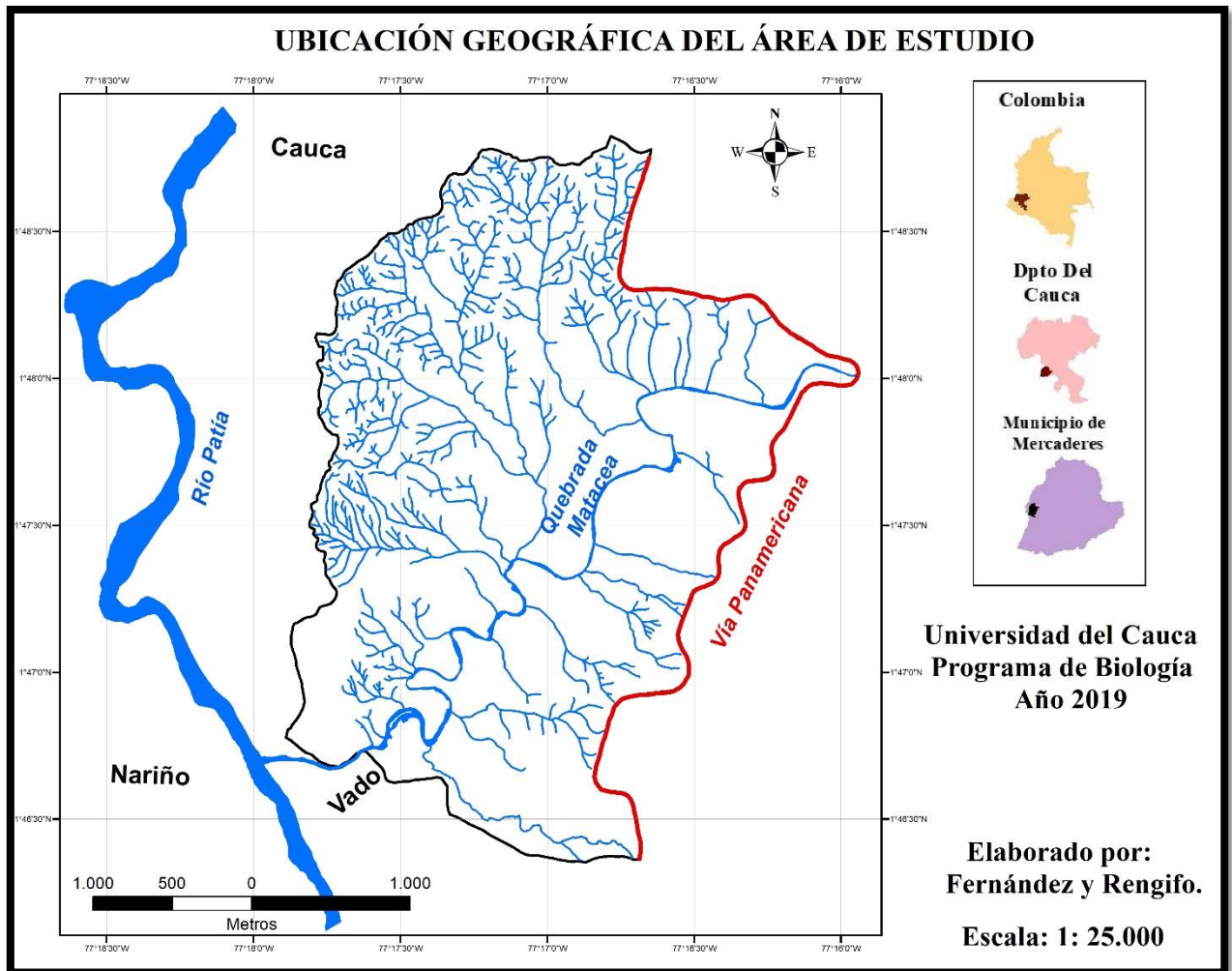


Figura 2. Ubicación geográfica del área de estudio.

6.2 Fase Inicial

Para la caracterización del área de estudio que comprende la quebrada Matacea, se usaron mapas topográficos (planchas número 386-IV-A-3, 386-IV-A-4, 386-IV-C-1 y 386-IV-C-2 a escala 1:10.000) del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) del año 1977. Además, se aplicaron técnicas de fotointerpretación, usando fotografías aéreas en blanco y negro, de formato 23 x 23 cm (1998, 1:30000) cubriendo el área del proyecto, para esta técnica se utilizó el estereoscopio de espejos para un mejor detalle de las

fotografías e identificar las características paisajísticas, con posterior comprobación en campo

Adicionalmente se realizó una revisión de imágenes satelitales Landsat 8 OLI/TIRS con fechas del 18 de diciembre de 2018 que cuentan con una resolución espacial de 30 m x 30 m. Las imágenes de satélite utilizadas para la identificación de la cobertura vegetal se obtuvieron de Global Mapper versión 14, Google Earth Pro y Earth Explorer; con el fin de elaborar el mapa de coberturas vegetales utilizando el software ArcGis versión 10.3.

Para el muestreo de la vegetación se realizaron 18 parcelas distribuidas en las cuatro unidades de suelo identificadas para el área, según el mapa de suelos (IGAC, 2009), y se analizaron los factores edáficos a través de los análisis físico-químicos correspondientes para cada unidad de suelo (Figura 5). Las características de los muestreos se exponen a continuación.

6.3 Caracterización de la vegetación.

Fase Preliminar: La identificación de coberturas vegetales de la Quebrada Matacea, se adaptó la metodología descrita en la leyenda nacional de coberturas de la tierra. Metodología Corine Land cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000; se tomaron los conceptos básicos de cada tipo de cobertura atendiendo a su clasificación.

Fase de campo:

Teniendo en cuenta la Cartografía base del Instituto Geográfico Agustín Codazzi: Estudio general de Suelos del departamento del Cauca (2009), el uso de la tierra y las características de la vegetación se seleccionaron los puntos de muestreo teniendo en cuenta criterios como las características de la vegetación, el acceso al terreno y el uso del suelo.

En los puntos de muestreo establecidos se ubicaron parcelas de 10m X 10m atendiendo a los criterios de Ramírez (1995) y del Instituto Humboldt, además se tuvo en cuenta que el Valle del Patía ha sido sometido a un proceso de deforestación continuo y muchos de los relictos boscosos son parches dispersos y de áreas pequeñas (< 1 ha) (Vergara, 2015).

Se realizaron 4 salidas de campo con 3 días de trabajo en cada salida. Para el levantamiento de información de vegetación se utilizó el formato de toma de datos de campo (Anexo. A). El formato tiene en cuenta aspectos como: georreferenciación, topografía del terreno, drenajes, relieve, formaciones vegetales, uso y manejo de la tierra.



Figura 3. Toma de datos para levantamiento de información en vegetación

Para la caracterización de la vegetación se realizaron un total de 18 parcelas (Figura 7) distribuidas en las 4 unidades de suelo identificadas a partir de la Cartografía base. del IGAC: Estudio general de suelos del departamento del Cauca (2009).

Los levantamientos de vegetación se realizaron con el fin de obtener riqueza y abundancia de especies. La metodología que se siguió fue basada en el Manual de Métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad del Instituto de Investigaciones Alexander von Humboldt para plantas leñosas (2006), la cual consiste en censar en una unidad de muestreo de 100m² todos los individuos, con una modificación en la metodología la cual consistió en censar todos los individuos con un DAP > 1cm, con el fin de obtener datos de riqueza y abundancia más detallados (Mendoza, 1999). Las muestras recolectadas fueron trasladadas al herbario de la Universidad del Cauca (CAUP) para su correspondiente identificación y montaje, atendiendo los estándares de herborización (Figura 4).



Figura 4. Relección, transporte e identificación de material vegetal.

Fase de análisis de datos: Para el análisis de los datos se tuvieron en cuenta los índices de diversidad de Menhinick para la riqueza de especies cuyos valores aumentan a medida que el número de especies se hace mayor (Moreno, 2001). Para la evaluación de la similitud de la vegetación entre unidades de suelo se utilizó el índice de Jaccard usando el software Past versión 3.5. El uso de Excel fue indispensable para el control y orden de los datos para ser procesados en el programa iNEXT (2016).

Con el fin de establecer la representatividad del muestreo para cada unidad de suelo que se muestra en el mapa de la figura 5, se utilizaron curvas de acumulación de especies con base en los datos de interpolación (observadas) y extrapolación (estimadas). Para la construcción de las curvas de acumulación se tomó un valor para el intervalo de confianza de 95%, y un valor de $q = 0$, indicado para trabajar riqueza de especies, procesado con el software iNEXT en línea (2006), el cual trabaja con el índice de Chao para el establecimiento de las curvas de acumulación de especies. Por último, se realizó un perfil de vegetación, para así facilitar la comprensión espacial de la vegetación. Las fórmulas para calcular los índices se presentan a continuación:

Índice De Menhinick

$$D_{Mn} = \frac{S}{\sqrt{N}}$$

S= Número de especies

N= Número total de individuos.

Coefficiente de Similitud de Jaccard

$$I_j = \frac{c}{a + b + c}$$

a= Número de especies presentes en el sitio A

b= Número de especies presentes en el sitio B

c= Número de especies presentes en los sitios A y B.

6.4 Caracterización de los factores edáficos

Fase preliminar: Atendiendo a la cartografía base del IGAC (Figura 5), se seleccionaron cuatro puntos de muestreo, cada punto se ubicó en una única parcela de vegetación que correspondiera a la unidad de suelo, esto debido a impedimentos de índole natural (rocas expuestas y alta compactación) o antrópico (difícil colecta). Para la realización del muestreo se seleccionaron áreas con características de relieve y vegetación similares. (Peña *et al.*, 2017). Los datos del levantamiento se registraron en una hoja de campo (Anexo A).

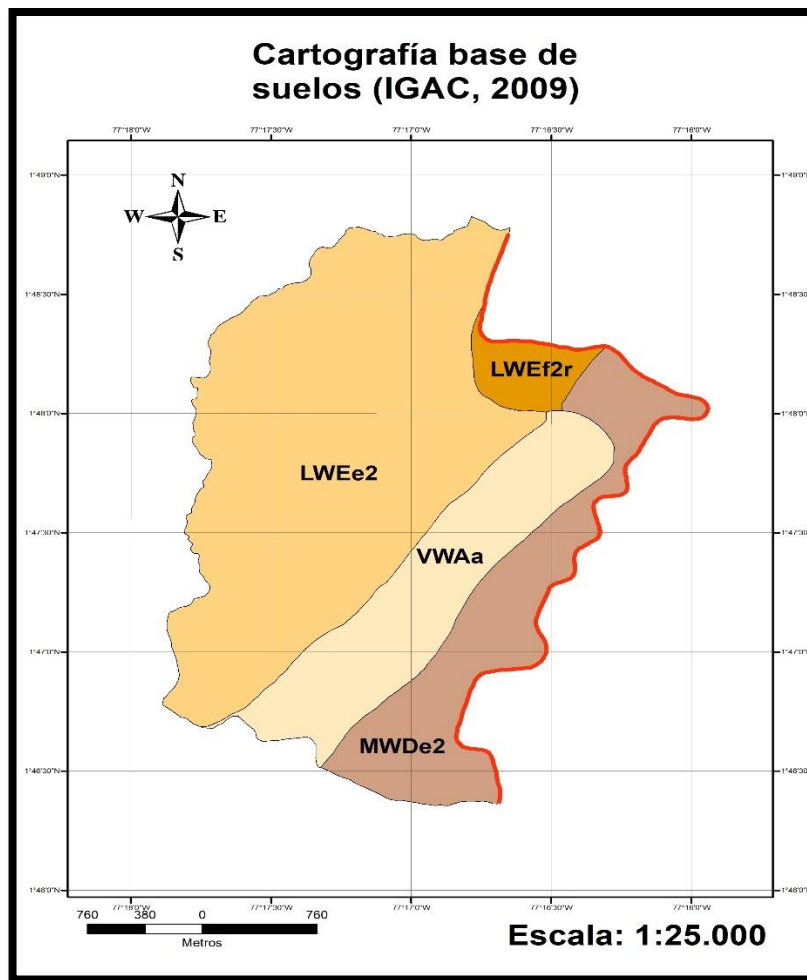


Figura 5. Cartografía base de las unidades de suelo. (IGAC, 2009).

Fase de campo: Los muestreos fueron realizados sobre una grilla de 100 m², en la que se tomó como subunidad de muestreo un cuadrante de 1m²; la selección de las subunidades fue de forma aleatoria y la toma de la submuestra de suelos fue de 3 a 4

cuadrantes. Los lugares donde se recolectaron las muestras de suelo (Figura 7) se limpiaron superficialmente y luego con ayuda del barreno y a 20 cm de profundidad se extrajeron las muestras y se pasaron a un balde para homogeneizar la muestra y así obtener 1 kg de una muestra compuesta. La muestra se almacenó en bolsas de plástico rotuladas para posteriormente secarlas y trasladarlas al laboratorio, en donde fueron separadas del resto de agregados, con el fin de ser procesadas (Figura 6).



Figura 6. Recolección, transporte y procesamiento de material edafológico

Fase de análisis: Con cada una de las muestras se determinaron los parámetros físicos de textura por el método de Bouyoucos. La densidad aparente con el método del cilindro metálico, densidad real mediante el Picnómetro. La porosidad se calculó teniendo en cuenta los valores de densidad real y aparente. La humedad del suelo se calculó a partir del peso húmedo y el peso seco del suelo y la estructura se analizó mediante observación,

Los parámetros químicos como el **pH** se determinaron por Potenciometría. **La materia orgánica** con el método de Walkley y Black. **La capacidad de intercambio catiónico** se analizó con KCl a 1N. **Nitrógeno total** con el método de Kjeldahi. **El Ca, Mg, K y Na** se determinaron por Ac ONH₄, 1N a pH=7. El fósforo se determinó por Bray II, el Boro por

absorción atómica, elementos como Cu, Fe, Mn y Zn, se determinaron por doble ácido y por último se determinó la presencia de Co, Mo, cenizas volcánicas y CaCO_3 .

El procesamiento de las variables químicas de las muestras se realizó en el laboratorio de suelos de la Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural, de la Gobernación del Cauca. Las variables físicas se realizaron en el laboratorio de biología de la Universidad del Cauca.

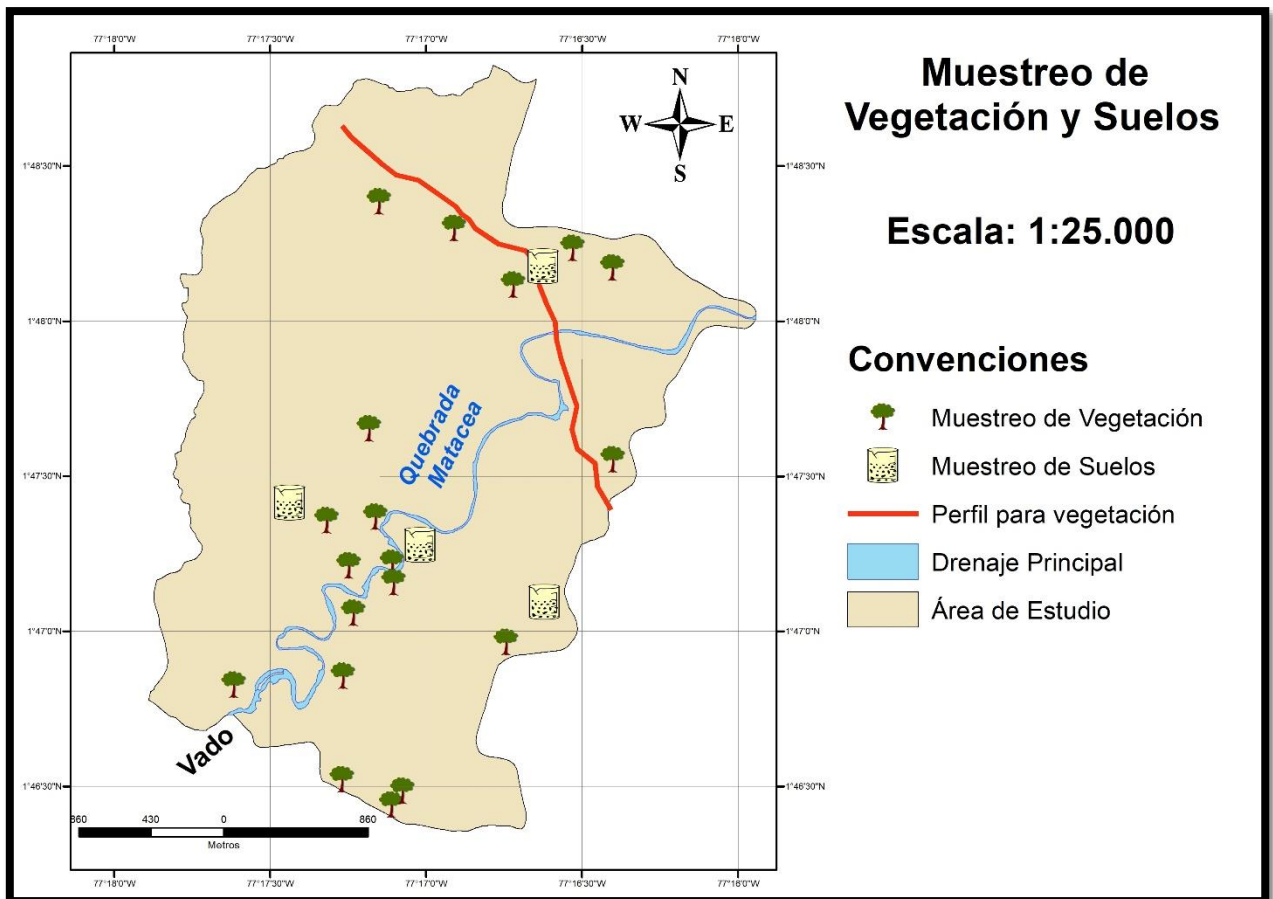


Figura 7. Ubicación Geográfica de los puntos de muestreo para las parcelas de vegetación y de suelos. (Fuente: Elaboración propia)

6.5 Caracterización del uso de la tierra.

Para la caracterización del uso de la tierra en la parte baja de la Quebrada Matacea se tuvieron en cuenta las observaciones realizadas durante las salidas de campo, las diferentes coberturas y el uso histórico en el área (Ganadería, Agricultura o minería), para lo cual la transmisión de saberes fue indispensable para el entendimiento de las

dinámicas ecológicas. Esta información se colectó en la hoja de levantamiento de estudio, relacionados con cada parcela de muestreo (Vergara, 2015).

6.6 Factores edáficos y Vegetación

Las relaciones entre el suelo y la vegetación se realizaron a través de un análisis multivariado, los datos fueron ingresados en una hoja Excel. Se identificaron 24 variables físico químicas, con el fin de establecer las relaciones entre las unidades de suelo y la ocurrencia de especies. Los datos de las especies están referidos a las abundancias según la clasificación de Westhoff y van der Maarel (1978) (Tabla 1). Finalmente, usando un análisis de correspondencia canónica (ACC) se realizó la correlación de las variables utilizando el programa CANOCO 4.5; las variables físicas y químicas con mayor incidencia y dispersión, se evaluaron a través del sistema de coordenadas de Mackiewicz y Ratajczak (1983).

Tabla 1. Modificación del índice de abundancia y dominancia propuesta por Westhoff y van der Maarel.

Índice	Significado
R	Un solo individuo
+	Mas individuos
1	Cobertura menos del 5%
2	Cobertura del 5 a 25%
3	Cobertura del 25 a 50%
4	Cobertura del 50 al 75%
5	Cobertura igual o superior al 75%

7. RESULTADOS

7.1 Riqueza y Abundancia de Especies

En un área 956 ha, de la parte baja de la quebrada Matacea, se registraron 2547 individuos, distribuidos en 88 especies. De estas, 75 fueron plenamente identificadas hasta especie (con género y epíteto), 7 quedaron registradas hasta género y 6 hasta familia. Las especies encontradas estuvieron distribuidas en 37 familias y 69 géneros, con un esfuerzo de muestreo de 93,32% y un índice de riqueza de Menhinick de 1.74.

La tabla 2 muestra la abundancia de especies para cada unidad de suelo, basado en la cartografía del IGAC. Dentro de las familias con mayor número de especies que se reportaron se encuentran: Fabaceae con 22 especies repartidas en 16 géneros, Euphrobiaceae con 6 especies distribuidas en 5 géneros, seguida de la familia Malvacea con 5 especies en 5 géneros y la Familia Poaceae se logró reportar con cuatro especies distribuidas en cuatro géneros. En termino de abundancias la familia Fabaceae y Poaceae se llevan los primeros puestos con más de 300 individuos reportados para cada una, seguidas de la familia Malvaceae en la que se contabilizaron 295 individuos y la familia Euphrobiaceae con 245 individuos censados

Tabla 2. Abundancia de especies.

Unidades de suelo						
Familia	Especies	LWEf2r	MWDe2	VWAa	LWEe2	TOTAL
Acantaceae	<i>Aphelandra cf glabrata</i>	39	0	0	0	39
Amarantaceae	<i>Achyranthes aspera</i>	0	0	0	5	5
Amarantaceae	<i>Amaranthus spinosus</i>	0	0	10	0	10
Amarantaceae	<i>Celosia virgata</i>	0	31	27	0	58
Annonaceae	<i>Anona muricata</i>	2	0	0	0	2
Apocynaceae	<i>Sarcostema clausum</i>	0	0	2	0	2
Asteraceae	<i>Cyanthillium cinereum</i>	0	0	3	0	3
Asteraceae	<i>Parthenium hysterothorus</i>	0	0	6	0	6
Asteraceae	<i>Simisia fruticulosa</i>	0	0	10	0	10
Asteraceae	<i>Tessaria integrifolia</i>	0	0	68	0	68
Bignoniaceae	<i>Handroanthus sp</i>	38	74	0	152	264
Boraginaceae	<i>Wigandia urens</i>	0	0	2	0	2

Bromeliaceae	<i>Bromelia pinguin</i>	0	0	0	2	2
Cactaceae	<i>Opuntia pittieri</i>	0	35	0	24	59
Cactaceae	<i>Cactaceae</i>	0	37	0	0	37
Cactaceae	<i>Opuntia pubescens</i>	0	0	0	30	30
Caricaceae	<i>Carica papaya</i>	0	0	3	1	4
Commelinaceae	<i>Commelina diffusa</i>	0	0	0	36	36
Convolvulaceae	<i>Ipomoea rubens</i>	0	10	0	0	10
Cucurbitaceae	<i>Cucumis dipsaceus</i>	0	1	0	0	1
Cucurbitaceae	<i>Mimordica charantia</i>	0	0	2	0	2
Cactaceae	<i>Cactaceae</i>	2	0	0	22	24
Cyperaceae	<i>Cyperus luzulae</i>	0	0	23	0	23
Euphorbiaceae	<i>Acalypha macrostachya</i>	0	48	0	0	48
Euphorbiaceae	<i>Acalypha schiedeana</i>	82	0	52	9	143
Euphorbiaceae	<i>Cnidoscolus urens</i>	0	27	5	4	36
Euphorbiaceae	<i>Croton ferrugineus</i>	0	0	2	0	2
Euphorbiaceae	<i>Jatropha gossypifolia</i>	0	0	2	5	7
Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i>	0	0	0	9	9
Fabaceae	<i>Acacia farnesiana</i>	14	24	16	17	71
Fabaceae	<i>Acacia sp</i>	0	9	3	0	12
Fabaceae	<i>Albizia saman</i>	0	0	1	0	1
Fabaceae	<i>Caesalpinia cassiodes</i>	0	0	5	0	5
Fabaceae	<i>Calliandra cf pittierii</i>	0	0	2	1	3
Fabaceae	<i>Calliandra sp</i>	1	0	0	0	1
Fabaceae	<i>Chaetocalix scandens</i>	0	0	16	0	16
Fabaceae	<i>Desmodium tortuosum</i>	0	0	25	0	25
Fabaceae	Fabaceae 1	0	0	3	0	3
Fabaceae	Fabaceae 2	0	10	0	0	10
Fabaceae	Fabaceae 3	0	26	0	0	26
Fabaceae	<i>Galactia latisiliqua</i>	0	0	0	3	3
Fabaceae	<i>Galactia striata</i>	0	0	0	4	4
Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i>	0	1	1	0	2
Fabaceae	<i>Leucaena leucocephala</i>	0	0	1	5	6
Fabaceae	<i>Mimosa albida</i>	0	0	8	0	8
Fabaceae	<i>Mimosa pudica</i>	11	0	12	0	23
Fabaceae	<i>Mimosa sp</i>	0	0	3	0	3
Fabaceae	<i>Pithecellobium lanceolatum</i>	8	0	41	0	49
Fabaceae	<i>Senna palida</i>	0	28	0	8	36
Fabaceae	<i>Senna reticulata</i>	0	0	16	0	16
Fabaceae	<i>Mucuna pruriens</i>	0	0	1	0	1
Lamiaceae	<i>Leonitis nepetifolia</i>	0	0	12	0	12
Lamiaceae	<i>Ocimum campechianum</i>	0	0	22	0	22
Malvaceae	<i>Bastardia viscosa</i>	0	65	0	48	113

Malvaceae	<i>Abutilon ibarrense</i>	42	17	14	25	98
Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i>	10	0	7	19	36
Malvaceae	Malvaceae	0	0	1	0	1
Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i>	0	0	11	36	47
Malvaceae	<i>Sida sp</i>	0	0	12	0	12
Moraceae	<i>Ficus sp</i>	1	0	0	0	1
Nyctaginaceae	<i>Pisonia aculeata</i>	0	0	11	0	11
Passifloraceae	<i>Turnera ulmifolia</i>	0	0	4	0	4
Petiveriaceae	<i>Petiveria alliacea</i>	0	0	11	0	11
Petiveriaceae	<i>Rivina humilis</i>	0	0	2	5	7
Petiveriaceae	<i>Trichostigma octandrum</i>	0	0	14	0	14
Piperaceae	<i>Piper cf amalago</i>	3	0	0	0	3
Plantaginaceae	<i>Scoparia dulcis</i>	0	0	18	0	18
Plumbaginaceae	<i>Plumbago scandens</i>	0	0	9	0	9
Poaceae	<i>Cenchrus ciliaris</i>	0	0	0	273	273
Poaceae	<i>Dichanthium aristatum</i>	0	20	60	102	182
Poaceae	<i>Digitaria californica</i>	0	0	0	2	2
Poaceae	<i>Sporobolus jaquemontii</i>	0	0	15	0	15
Portulacaceae	<i>Portulaca pilosa</i>	0	79	0	0	79
Rutaceae	<i>Zanthoxylum fagara</i>	67	18	12	9	106
Salicaceae	Salicaceae	8	0	0	3	11
Selaginela	<i>Selaginella sellowii</i>	0	0	0	10	10
Solanaceae	<i>Capsicum rhomboideum</i>	0	0	2	2	4
Solanaceae	<i>Solanum agrarium</i>	0	17	0	0	17
Solanaceae	<i>Solanum cf nigrum</i>	0	0	3	0	3
Solanaceae	<i>Solanum crinitum</i>	0	0	2	0	2
Solanaceae	<i>Solanum rudepannum</i>	0	0	3	0	3
Sterculiaceae	<i>Melochia mollis</i>	0	0	15	0	15
Talinaceae	<i>Talinum fruticosum</i>	0	35	0	48	83
Urticaceae	<i>Laportea aestuans</i>	0	0	6	0	6
Verbeaceae	<i>Lantana Haughtii</i>	0	21	0	0	21
Verbeaceae	<i>Lippia oreganoides</i>	0	0	0	15	15
Verbeaceae	<i>Lippia sp</i>	0	0	0	12	12
Verbenaceae	<i>Citharexylum cf kunthianum</i>	0	0	3	0	3
TOTAL		328	633	640	946	2547

Las curvas de acumulación de especies realizadas evidencian que la representatividad del muestreo en cada unidad de suelo presentado en el mapa (Figura 8), muestra valores de riqueza esperados muy cercanos a los valores observados.

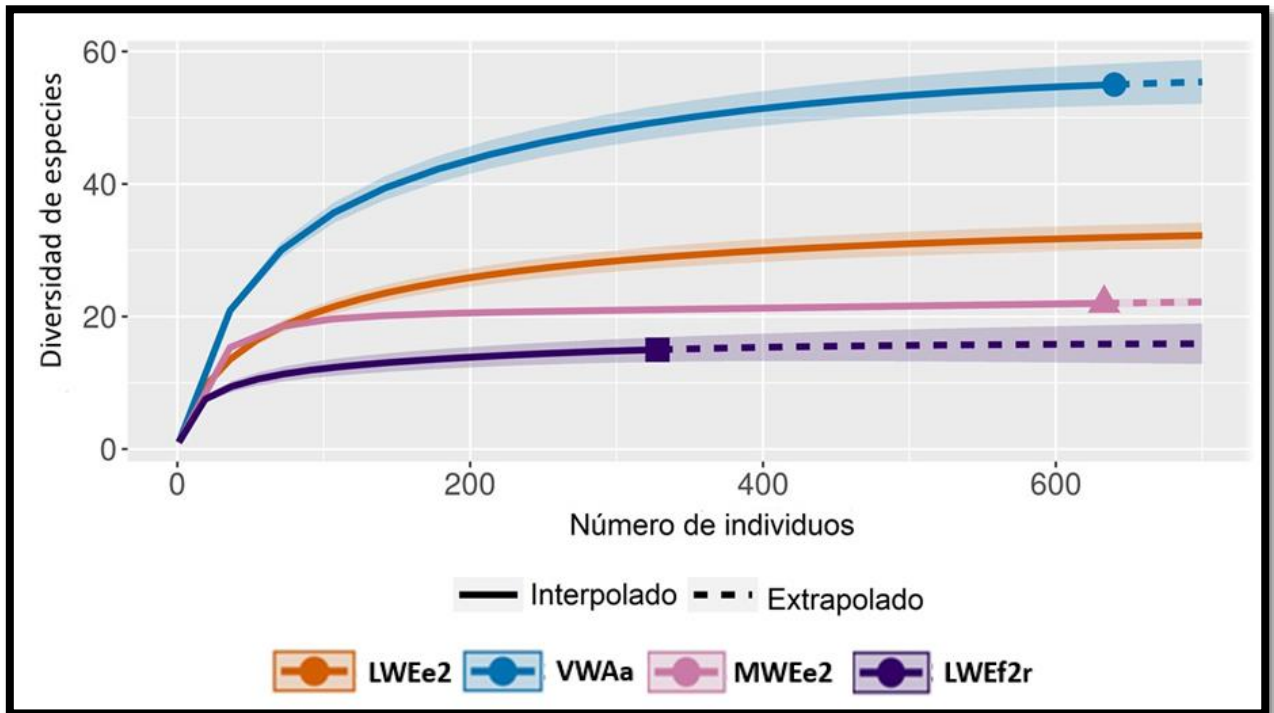


Figura 8. Curvas de Acumulación de Especies por Unidad del suelo.

Las curvas de acumulación representan el número de especies acumulado en el inventario frente al esfuerzo de muestreo empleado, los valores esperados (Tabla 3) para cada una de las unidades de muestreo evidencian que se alcanzó a muestrear más del 90% de la población esperada. Para el suelo LWEE2, se pudo encontrar el total de las especies esperadas (33 especies), para esta área, sin embargo, en los otros suelos la diferencia entre los valores de interpolación y extrapolación no superaron más de tres individuos. Estos resultados exponen la representatividad del muestreo en cada una de las unidades de suelo y resalta la importancia de continuar con estos estudios en esta área con procesos de regeneración natural tras las intervenciones insostenibles practicadas aquí.

Tabla 3. Dato de interpolación y Extrapolación.

Unidad de suelo	Límite inferior	Interpolación	Límite Superior	Extrapolación
LWEe2	32.23	33	34.17	33
VWAa	51.55	55	58.45	56
MWDe2	21.29	22	23.45	23
LWEf2r	12.89	14	19.89	19

7.2.1 Coberturas Vegetales

Se identificaron un total de 7 tipos de coberturas vegetales; en el área de estudio (Figura 9) las coberturas de mayor extensión son los arbustales con una extensión de 185 ha, el bosque ripario con 181,87 ha y el bosque abierto con 172 ha. Otras coberturas fueron las de Bosque Denso, Pastos arbolados, Pastos limpios y Zonas Arenosas Naturales. A continuación, se hace una descripción de cada cobertura.

Arbustales: Los arbustos se caracterizan por la presencia de tallo leñoso y muy ramificado, con coberturas densas a abiertas y con una continuidad que puede ser alteradas en áreas cuyos procesos de regeneración natural ha sido más lenta y dependiendo del suelo en el que se encuentre. Tienen una altura promedio de 3 a 5 m y representan el 19,75% del área total.

Correlación florística: Se relaciona con la presencia de especies como *Opuntia pittieri*, *Opuntia pubescens*, *Cnidoscolus urens*, *Cucumis dipsaceus*, *Senna palida*, *Mimosa albida*, *Sida rhombifolia*, *Bastardia viscosa*, *Talinum fruticosum*, *calliandra cf pittieri* y *Mimosa púdica* entre otras.

Distribución: Se distribuye en suelos correspondientes a las unidades LWEe2 y MWDe2 caracterizados por tener buena capacidad de drenaje, arrastres de nutrientes y poco profundo. El área ocupada por esta cobertura es de 185,08 ha en el área de interés.

Usos principales y amenazas: No presenta uso, son áreas en regeneración. Los principales usos para esta cobertura se dirigieron hacia la agricultura, prácticas agrícolas y la ganadería extensiva.

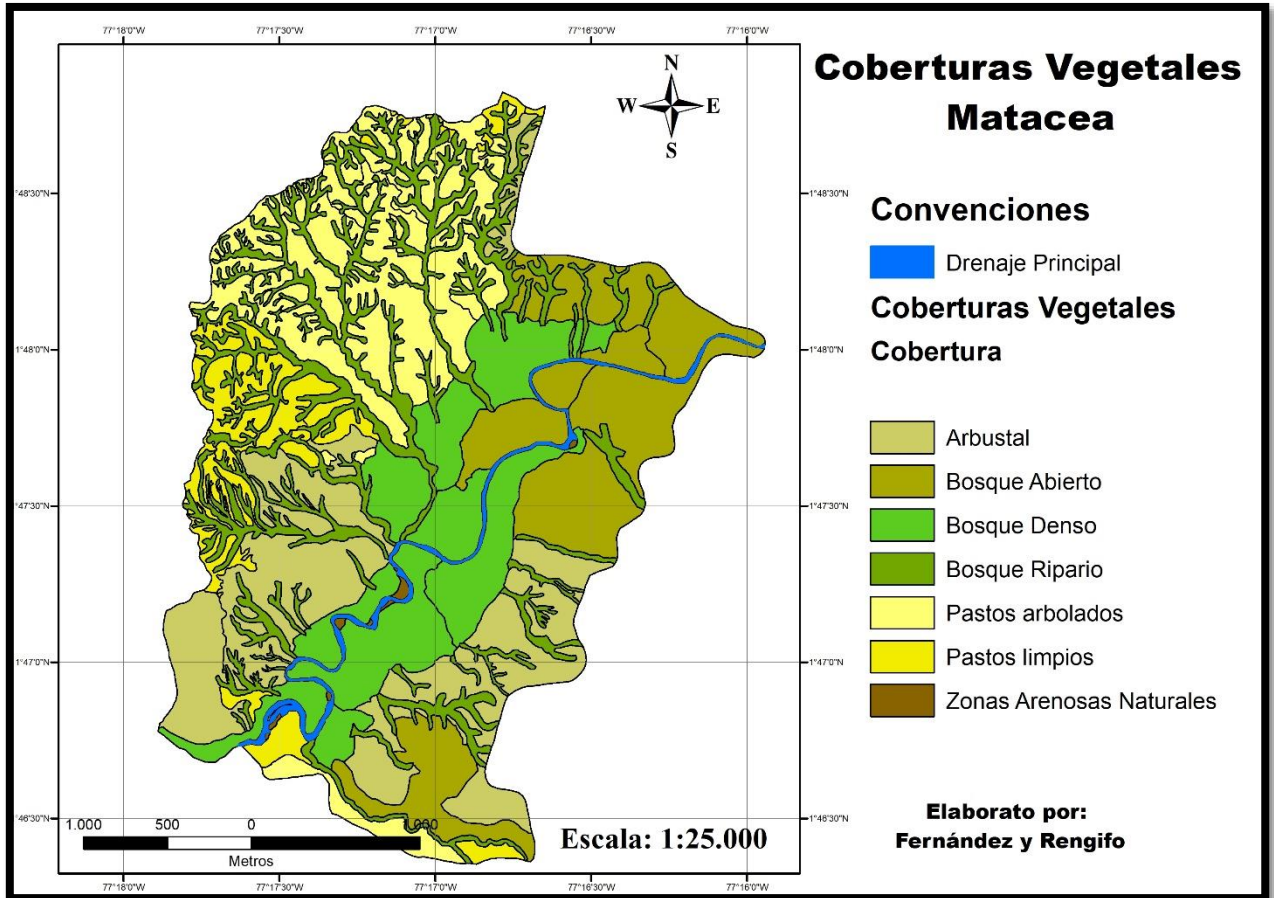


Figura 9. Mapa producto de la clasificación supervisada, indicando las diferentes coberturas vegetales.

Bosque Abierto: El bosque abierto se caracteriza por presentar taño leñoso y muy poco ramificado, su cobertura es bastante discontinua asociada a disponibilidad de luz en el área, además posee una altura promedio entre los 6 y 10 metros y cuya área de cobertura arbórea representa 18,37 %, del área total.

Correlación florística: Esta cobertura se relaciona con la presencia de especies como *Guazuma ulmifolia*, *Petiveria alliacea*, *Acacia farnesiana*, *Albizia saman*, *Jatropha gossypifolia*, *Abutilon ibarrense*, *Capsicum rhomboideum*, *Amaranthus spinosus*, entre otras especies más.

Distribución: Esta cobertura está presente en las unidades de suelos VWAa, MWDe2 y LWEf2r, que tienen en común los valores de humedad más altos y pendientes menos marcadas que la unidad de suelo LWEe2. La extensión total de esta cobertura es de 172,14 Ha.

Usos principales y amenazas: Actualmente no presenta uso, se encuentra en estado de regeneración. En estas áreas se reportaron anteriormente usos como deforestación, canalización artificial de agua, además de la ganadería intensiva.

Bosque Denso: Esta cobertura posee elementos arbóreos, con tallo leñoso poco ramificado y con mayor continuidad en sus copas, a diferencia del bosque abierto. Y también está asociada mayormente al cauce del drenaje principal de la parte baja de la quebrada Matacea. Posee una altura promedio entre 7 y 15 metros de altura y su cobertura ocupa el 17,65% del área.

Correlación florística: En estos lugares se reportaron la presencia de especies como *Zanthoxylum fagara*, *Bromelia pinguin*, *Anona muricata*, *Pithecellobium lanceolatum*, *Guazuma ulmifolia*, *Caesalpinia cassiodes*, *Gliricidia sepium*, *Mimordica charantia*, son una de las más notorias.

Distribución: Esta cobertura se logró observar únicamente en la unidad de suelo VWAa, que corresponde al suelo con mayor humedad en esta área, menores temperaturas, y mayor acumulación de nutrientes. La extensión de esta cobertura es de 165, 33 Ha.

Usos principales y amenazas: No presente un uso, pero históricamente a interior de esta cobertura se habían reportado actividades como pisoteo de ganado y desgaste de vegetación natural, sin embargo, las principales amenazas en esta cobertura con mayor vegetación es el cambio de uso del suelo y el cambio de coberturas naturales por cultivos a gran escala.

Bosque ripario: Esta cobertura presenta estratos arbóreos de tallo leñoso y con mayor continuidad en las copas de sus árboles, esta cobertura está asociado a todos los drenajes presentes en la parte baja de la quebrada Matacea, dado que se ubicada en las márgenes de cursos de agua permanentes o temporales. La altura de su estrato arbórea oscila entre los 6 a 15 m. Su área depende de las características de los cursos de agua. Su área representa el 20 % y junto a la cobertura de arbustales representan la mayor cubierta del área.

Correlación florística: El bosque ripario tiene presencia de especies como: *Aphelandra cf glabrata*, *Carica papaya*, *Guazuma ulmifolia*, *Abutilon ibarrense*, *Ricinus communis*,

Solanum crinitum, *Solanum rudepannum*, *Piper cf amalago*, *Aphelandra cf glabrata*,
Acalypha schiedeana, *Acalypha macrostachya*,

Distribución: La cobertura riparia se encuentra ubicada en todas las unidades de los suelos evaluados, en algunos como el suelo LWEE2 con mayor extensión de área debido a la densidad de drenaje, seguida del suelo VWAa, el cual tiene el drenaje principal de la quebrada y a su vez tiene mayor caudal. El área total ocupada por esta cobertura es de 181,87 Ha, dentro del área de estudio.

Usos principales y amenazas: En la actualidad no existe un uso para esta cobertura, pero las principales amenazas que enfrentó se dirigieron principalmente hacia el pisoteo de ganado y ganadería extensiva.

Pastos arbolados: Esta cobertura es una combinación entre pastos y la presencia ocasional de árboles muy dispersos en la matriz de pastizales, los pastos poseen tallo herbáceo y están asociados principalmente a los suelos con mayor incidencia de luz al interior de esta área. Los árboles presentes en esta cobertura no superan los 4 o 5 metros de altura y los pastos pueden llegar a medir hasta 1 m de altura. Su área esta representa por el 17 % del área total.

Correlación florística: En estas áreas se reportaron con mayor intensidad especies como *Cenchrus ciliaris*, *Digitaria Californica*, *Lippia oreganoides*, *Lippia sp*, acompañada de la presencia ocasional de especies arboladas como *Handroanthus sp*.

Distribución: Esta cobertura se distribuye únicamente en la unidad de suelo LWEE2, la cual posee unos de los menores valores de humedad, mayor incidencia lumínica, presencia ocasional de suelos expuestos y cuenta con área de 161,96 ha en total.

Usos principales y amenazas: No presenta un uso de suelo actualmente y dentro de las mayores amenazas se encuentran la ganadería extensiva, el pisoteo de ganado, el pastoreo, la deforestación, erosión y suelos expuestos.

Pastos limpios: Se caracteriza por presentarse de manera continua y son muy competitivos por el recurso suelo, ya que no está acompañada de otras especies, puede soportar altas temperaturas y presenta una altura que puede llegar a 1 m.

Correlación florística: esta cobertura tiene dominancia de especies como: *Brachiaria mollis*, *Dichanthium aristatum*, *Sporobolus jaquemontii* entre otras más.

Distribución: Esta cobertura se distribuye en los suelos LWEee2, LWEe2 y MWDe2. En los cuales se presente con mayor extensión en el primero al igual que la cobertura de pastos arbolados. Se presenta con un área de 68,71 ha en total.

Usos principales y amenazas: Para esta cobertura los usos reportados fueron las quemas, malas prácticas agrícolas, ganadería intensiva, deforestación, pastoreo estas prácticas impiden la presencia o el desarrollo de otras coberturas.

Zonas arenosas Naturales: Esta cobertura tiene como principal característica la presencia de suelos constituidos principalmente por arenas asociados al cauce intermitentes del drenaje principal de la parte baja de la quebrada Matacea, es una área baja y plana y no tiene vegetación, está rodeado de coberturas arbustivas y riparias favorecidas por la humedad que albergan estas áreas.

Correlación florística: En esta cobertura es común encontrar especies como: *Carica papaya*, *Tessaria integrifolia*, *Cyperus luzulae*, *Senna reticulata*, *Wigandia urens*, *Sarcostema clausum*

Distribución: Esta cobertura es única del suelo LWEe2, que corresponden a las áreas de inundación del cauce principal y cuenta con una extensión total de 2,36 Ha.

Usos principales y amenazas: No se reporta un uso de suelo en estas áreas, pero las principales amenazas de esta cobertura se deben a la extracción de arenas, la cual perjudica los cauces y altera las dinámicas fluviales.

7.2.2 Similitud entre las unidades de suelos evaluados.

La similitud en la composición de especies en los diferentes tipos de vegetación es < al 30% (Tabla 4), lo que indica que estos ambientes presentan escasa similitud florística.

El análisis de ordenación jerárquica (Figura 10) sustentó un grupo conformado por las unidades de suelo MWDe2 y LWEe2, los cuales comparten 10 especies de las 88 encontradas y con una similitud de 0,227 esto indica una alta diferencia en la composición y riqueza florísticas de los tipos de suelo evaluados.

. **Tabla 4.** Índices de Similitud de Jaccard entre los diferentes tipos de suelo evaluados.

Unidad de Suelo	LWEf2r	MWDe2	VWAa	LWEe2
LWEf2r	1			
MWDe2	0,12121	1		
VWAa	0,11111	0,11594	1	
LWEe2	0,175	0,22727	0,17568	1

A partir de este grupo se desprende la unidad de suelo LWEf2r y VWAa, con una similitud muy baja respecto al grupo inicial con un valor de 0,121 y 0.111 respectivamente, lo anterior indica que las características de la vegetación guardan una alta disimilitud entre las unidades de los suelos evaluados y a su vez estos deben presentar características, fisionómicas, taxonómicas o geomorfológicas entre otras, cuya composición florística evidencia estas marcadas diferencias y una composición florística única albergada en cada tipo de suelo.

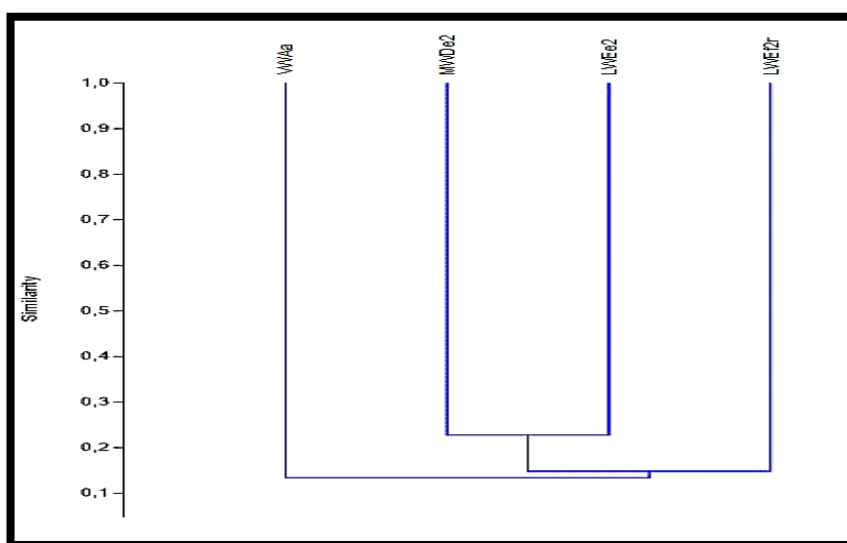


Figura 10. Dendrograma basado en el índice de similitud de Jaccard comparando los tipos de suelo.

Dentro de las especies que se encontraron en todos los tipos de suelo se reportan únicamente *Abutilon ibarrense*, *Acacia cf farmesiana* y *Zanthoxylum fagara*. Siendo sus características fisiológicas las más flexibles para colonizar en suelos con diferentes características edafológicas, ambientales, geomorfológicas, entre otras.

En cuanto a las presencia de especies únicas en cada unidad de suelo se encontraron repartidas de la siguiente manera: Para la unida de suelo LWEE, se reportaron 6 especies dentro de las cuales están: *Anona muricata*, *Aphelandra cf glabrata*, *Calliandra sp*, *Ficus cf* , *Lippia sp*, *Piper cf amalago*.

Para la unidad de suelo VWAA, se observaron 33 especies que no se repiten en otra unidad de suelo, estas son: *Albizia saman*, *Amaranthus spinosus*, *Caricca papaya*, *Chaetocalix scandens*, *Citharexylum cf kunthianum*, *Cyanthillium cinereum*, *Cyperus luzulae* , *Desmodium tortuosum*, *Fabaceae sp2*, *Laportea aestuans* , *Leonitis neoetifolia*, *Leucaena leucocephala*, *Mimosa albida*, *Mimosa pudica*, *Mimordica charantia*, *Mimosa sp*, *Mucuna pruriens*, *Ocimum campechianum*, *Parthenium hysterophorus*, *Petiveria alliacea*, *Pisonia aculeata*, *Ricinus communis*, *Sarcostema clausum*, *Scoparia dulcis*, *Senna reticulata*, *Sida sp*, *Simisia fruticulosa*, *Solanum crinitum*, *Solanum nigrum*, *Solanum rudepannun*, *Sporobolus jaquemontii*, *Turnera ulmifolia*, *Trichostigma octandrum* y *Tessaria integrifolia*.

En la unidad de suelo MWDe2 se encontraron 8 especies únicas, que son: *Achyranthes aspera*, *Fabaceae sp*, *Lantana Haughtii*, *Myrtaceae sp*, *Portulaca pilosa*, *Solanum agrarium*, *Ipomea Rubens* y *Cucumis dipsaceus*.

Por último, para la unidad de suelo LWEf2r, se logró observar la presencia única de especies como: *Bignoniaceae sp*, *Bromelia pinguin*, *Cenchrus ciliaris*, *Digitaria californica*, *Galactia striata*, *Galactia latisiliqua*, *Selaginella sellowii hieren*, *Lippia organoides* y *Malvaceae sp*.

Perfil de Vegetación.

El perfil de vegetación (Figura 11) muestra aspectos de correlación florística con las unidades de suelo del área y la representación esquemáticas de la distribución espacial de las plantas a lo largo de un perfil altitudinal, en cuatro unidades de suelos.

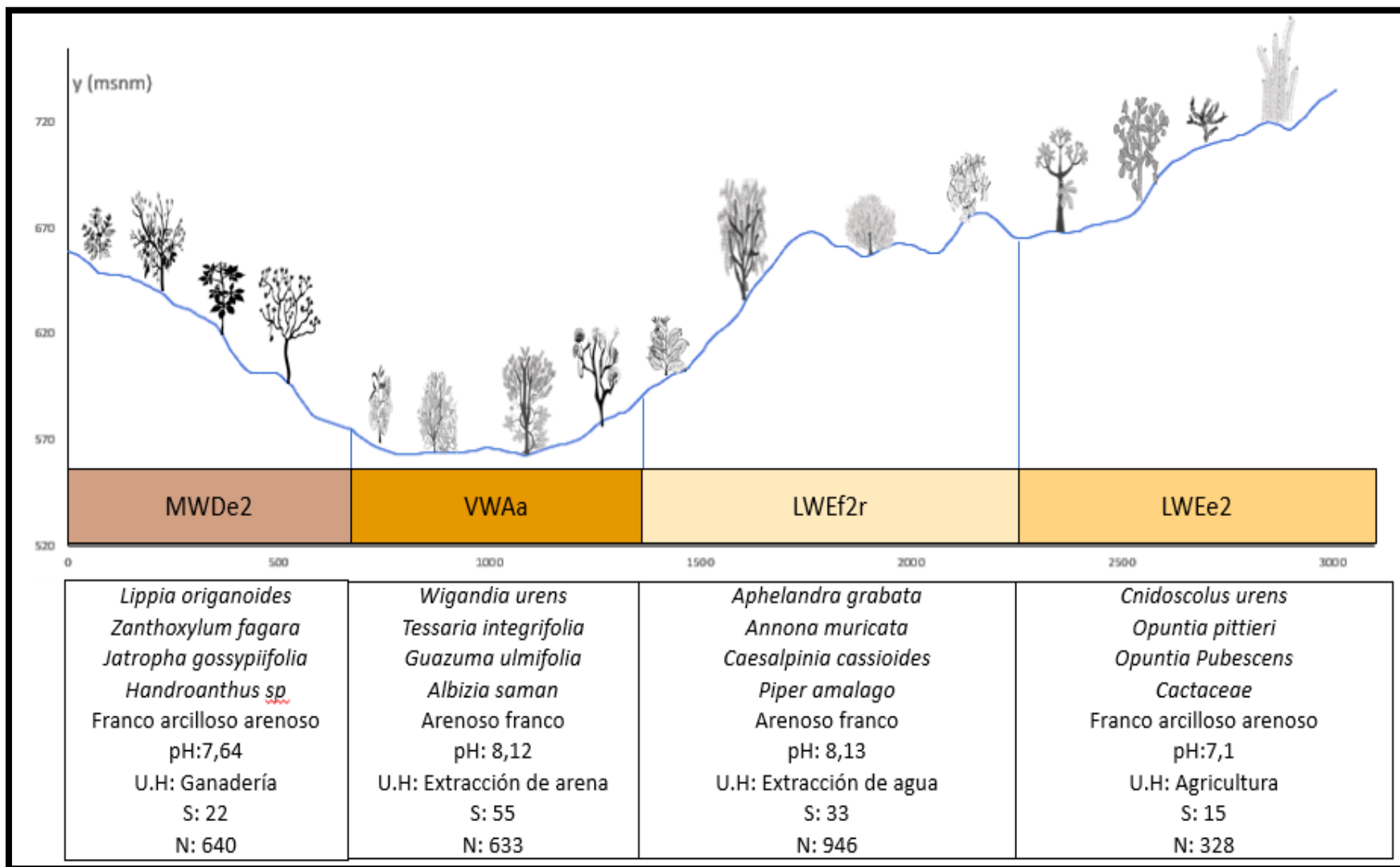


Figura 11. Perfil de vegetación. Relación entre Unidades de Suelo y composición florística. Convenciones: U.H: Uso Histórico, S: Número de especies, N: Número de individuos.

7.3 Caracterización del suelo

En el área de estudio están representadas cuatro unidades de suelo para el área de estudio, estas son LWEE2, VWAA, MWDe2 y LWEf2, característicos del bosque seco tropical. A continuación, se hace una descripción de cada unidad según el estudio general de suelos del IGAC (2009).

Unidad de suelo LWEE2: Son Suelos moderadamente superficiales, bien drenados, con texturas de arcillosas a arenosas, posee valores neutros de pH, tiene baja a alta fertilidad y con pequeños parches de suelo expuestos y afloramientos rocosos, inmersos en lomeríos. Poseen alta compactación y vegetación principalmente herbácea en algunos sectores por sus pendientes fuertes ha permitido la conservación del bosque primario, los usos a los que ha sido sometido se dirigieron a la agricultura, el pastoreo y la ganadería.

Unidad de suelo VWAA.

Los suelos son muy superficiales a moderadamente profundos, presenta capas arenosas y buenas contenidos de material pedregoso y con mayores porcentajes de porosidad gracias a las texturas moderadamente gruesas y arenosas. Tiene un nivel freático intermitente, están bien a muy bien drenados y son inundables. Son suelos alcalinos con mediana a baja fertilidad se distribuye en “terrazas fluviales y llanuras aluviales” (Rengifo, 2019). La vegetación de este suelo se caracteriza por presentar elementos arbustivos y arbóreos con coberturas continuas y densas. Los principales usos se han dirigido al pisoteo de ganado y extracción de arena.

Unidad de suelo MWDe2: Estos suelos son muy superficiales a moderadamente profundos, moderadamente drenados a moderadamente, presentan extensiones de suelo rocoso y poco desarrollo del mismo. Presentan texturas moderadamente gruesas y moderadamente finas. Posee pH alcalinos y de fertilidad baja a media, se observa formaciones fisiográficas de “conos y lóbulos”. La vegetación natural está representada por bosque secundario intervenido. El principal uso histórico para estos suelos eran la ganadería extensiva y pastoreo.

Unidad de suelo LWEf2r: Estos Suelos son moderadamente profundos a muy superficiales, son moderadamente drenados, texturas gruesas, y con terreno con afloramiento de rocas bastante pronunciado a lo largo de esta unidad. Presenta pH alcalino con baja fertilidad se encuentran inmersos en paisajes de lomeríos. La vegetación natural ha sido reducida, aunque en algunos sectores por sus pendientes fuertes ha permitido la subsistencia del bosque primario y la vegetación existente está representada por especies propias de estas condiciones climáticas. En muchas áreas la cobertura está representada por bosques primarios o secundarios y pequeñas áreas en pastos tradicionales donde ha ocurrido la deforestación.

Factores edáficos:

Las tablas 5 y 6 muestran los resultados de la medición de los parámetros químicos y físicos. En las que se evidencia inicialmente que el pH hallado en esta zona se clasifica de neutro a alcalino, y cuyos mayores valores se presentan en los suelos VWAA y LWEf2r. Los porcentajes de N total y Materia Orgánica son bajos y son indicadores de una baja fertilidad en estas áreas. En cuanto a los rangos óptimos según la fertilidad del suelo, los valores para los macro y micronutrientes se encuentran por debajo de estos niveles en su mayoría, sin embargo, la capacidad y el tiempo de regeneración que ha tenido esta área, ha permitido encontrar valores por encima de los rangos críticos para suelo con potencial de buena fertilidad y para el establecimiento de buena cantidad de vegetación que se ha favorecido gracias a estos procesos.

También se reporta la presencia de Carbonatos de Calcio y Cenizas volcánicas, alta porosidad y medianos a buenos valores de humedad en estas unidades de suelos. Se reporta texturas arcillosas y arenosas principalmente. Presentó estructuras migajosa, columnar y en bloques, asociadas a los suelos con procesos de compactación.

El suelo MWDe2, se caracterizó por presentar principalmente características como: pH neutros, texturas franco arcillosas arenosas, altos contenidos de fósforo, buena capacidad de intercambio catiónico y buenas concentraciones de manganeso. En cuanto a la unidad de suelo VWAA, obtuvo pH alcalinos, texturas arenosas francas, el mayor contenido de fósforo, manganeso y hierro, en comparación con las otras unidades,

además, buena capacidad de intercambio catiónico, el mayor porcentaje de humedad a diferencia de las otras unidades evaluadas.

La unidad de suelo LWEf2r, presentó pH alcalino, texturas arenosas francas. Posee los valores más altos de contenido de magnesio y capacidad de intercambio catiónico y bajos porcentajes de humedad. Por último, en cuanto a la unidad de suelo LWEe2, presentó pH neutros, medianas concentraciones de capacidad de intercambio catiónico y el más bajo contenido de humedad a diferencias de las otras unidades.

Tabla 5. Parámetros químicos evaluados para la quebrada Matacea (Cauca-Colombia).

N° SUELO		MWDe2	VWAa	LWEf2r	LWEe2
Profundidad de muestreo	(m)	0,2	0,2	0,2	0,2
pH 1:2;5	U	7,64	8,12	8,13	7,1
Nitrógeno Total	%	0,21	0,105	0,08	0,12
Materia orgánica		4,25	2,17	1,52	2,32
Fósforo (P)	(ppm)	66,62	74	17,9	22,16
Calcio (Ca)		9,3	17,5	14,2	11,02
Magnesio (Mg)		5,75	7,735	14,34	6,65
Potasio (K)		8,59	1,29	0,86	0,52
Sodio (Na)	(meq/100g)	0,72	0,795	0,81	0,6
Capacidad de Intercambio Catiónico efectiva (CICe)		24,36	27,32	30,21	18,79
Boro B		0,48	0,5	0,5	0,47
Cobre (Cu)		0,82	1,38	1,05	1,01
Hierro (Fe)		1,6	31,605	4,1	2,24
Manganeso (Mn)	ppm o mg/Kg	30,74	46,08	7,68	7,1
Zinc (Zn)		1,4	1,06	0,48	0,52
Cobalto (Co)		0,51	0,65	0,89	0,48
Molibdeno (Mo)		0,5	0,68	0,88	0,47
Evidencia de Cenizas Volcánicas		Si	Si	Si	Si
Presencia de CaCO ₃		Si	Si	No	No

Tabla 6. *Parámetros físicos evaluados para la quebrada Matacea (Cauca-Colombia).*

SUELO		MWDe2	VWAa	LWEf2r	LWEe2
Textura		FAA	AF	AF	FAA
Estructura		BS	GM	PC	BS
Densidad Aparente		1,53	1,345	1,43	1,51
Densidad real	g/cm ³	2,509	2,514	2,51	2,509
Humedad		21,34	39,24	14,41	12,1
Porosidad	%	64,05	86,97	75,52	66,22

FAA: franco arcilloso arenoso. **AF:** arenoso franco. **GM:** Granular y migajosa. **PC:** Prismática y columnar. **BS:** Bloques subangulares.

7.4 Uso de la tierra.

En la actualidad las 956 ha que comprende el área de estudio, no cuentan con un uso o un manejo de origen antrópico desde hace más de 10 años, lo cual ha generado procesos de regeneración en la vegetación de esta área, esto se puede evidenciar en las diversas coberturas vegetales que se identificaron y se describe en la figura 9.

Según el recuento histórico por parte del guía el uso que se le daba hace años, fue de áreas de cultivos, como maíz, maní y cebolla. Estas actividades agropecuarias se llevaban a cabo junto a procesos culturales basados en prácticas agrícolas que agotaban el terreno, ya que se dejaba por mucho tiempo el suelo expuestos a la radiación directa y a procesos erosivos. Las posibilidades de recuperación de los suelos y de la vegetación natural eran muy pocas, sin mencionar los posibles procesos de desertificación que generalmente quedan como resultados de estas actividades. Adicional a esto se realizaban actividades de ganadería intensiva y procesos de extracción de arenas.

Estas prácticas realizadas de manera insostenible dejaron gran parte de los suelos con alta compactación, suelos desnudos, procesos erosivos avanzados y con poca capacidad de retención de agua o abono por un largo tiempo, según las declaraciones obtenidas. Sin embargo, gracias al paso del tiempo el cual ha sido superior a diez años sin realizar alguna actividad de carácter antrópico, se evidencia la capacidad que ha tenido el BST de regeneración en esta área. Los remanentes de suelo desnudo que se

observaron son insignificantes en comparación con las diversas coberturas vegetales del área, el bosque ripario ocupa una de las mayores áreas. En la actualidad no se reporta uso alguno de carácter antrópico que se practique en la quebrada Matacea, se destaca que esta área se encuentra dentro del polígono propuesto por Parques Nacionales Naturales (PNN) para declararla de conservación dentro de alguna de las categorías para áreas protegidas de gran interés.

7.5 Factores edáficos -Vegetación

Las interrelaciones entre los factores edáficos y las especies analizadas por el ACC, mostraron inicialmente fuertes relaciones entre las especies de las parcelas 5 (Figura 12) con factores edáficos como la estructura y densidad aparente, los cuales pertenecen a la unidad de suelo LWEE. Este grupo está fuertemente distante de las demás especies y muestran preferencias por estructuras en forma de bloque subangulares y valores de densidad aparentes ($1,53 \text{ g/cm}^3$) medianos que indican buena porosidad (64,05 %), los cuales permiten buena capacidad de aireación al interior del suelo y transporte de agua y otros fluidos al interior del mismo.

Otro grupo que está fuertemente marcado son las especies pertenecientes a la parcela 2, que corresponde a la unidad de suelo VWAA, las cuales se asocian a características edáficas como la densidad real (D_r), que es un factor indispensable para el cálculo de los porcentajes de porosidad presentes en el suelo. La porosidad (POR) en esta unidad tiene un porcentaje de 86,97%, asociados a las texturas arenosas presentes en esta unidad y además presenta bajos contenidos de nitrógeno.

La Humedad (Hum), en esta área tiene el mayor porcentaje a diferencia de los otros suelos, ya que estas áreas correspondientes a llanuras de inundación con drenaje intermitente, lo que otorga a este suelo mayor capacidad de albergar agua en su interior a diferencias de otros suelos. Esta unidad además presenta altos contenidos de Fósforo (P) asociado a los bajos contenidos de materia orgánica presentes y con quien además presenta una relación antagónica. Presenta además el mayor contenido de Calcio (Ca), una mediana Capacidad de Intercambio Catiónico efectivo (CICE) (27,32) y los más altos contenidos de Manganeso (Mn) asociado a las altas temperaturas y bajos contenidos de materia orgánica.

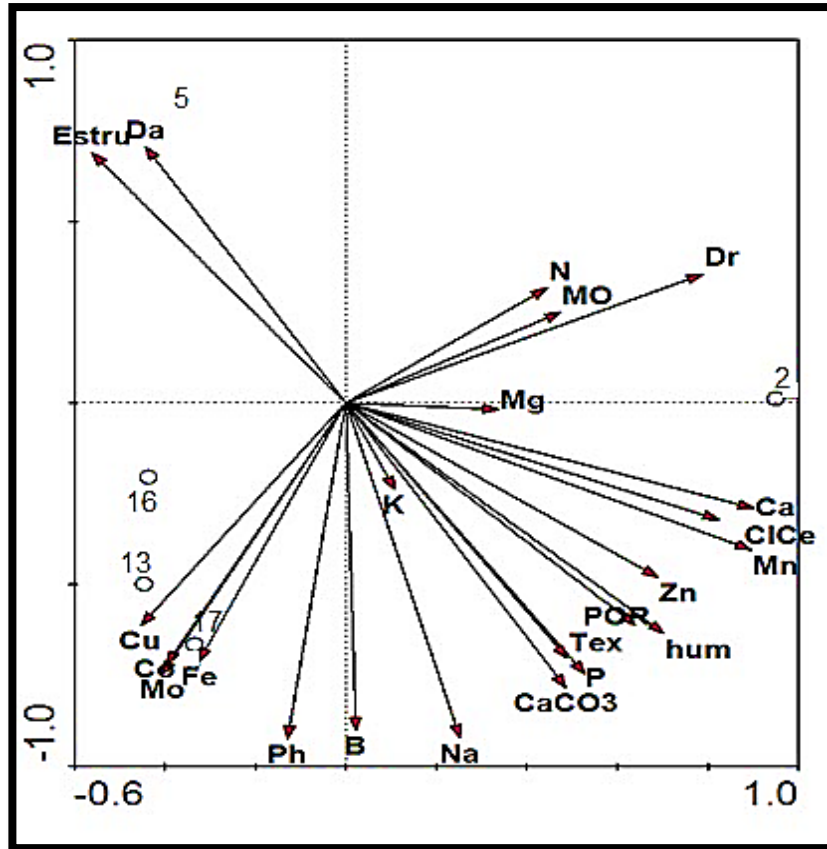


Figura 12. Diagrama de ordenación del análisis de correspondencia canónica (CCA) de parcelas y factores edáficos.

Por último, el resto de especies reportadas en las parcelas 13, 16 y 17 pertenecientes a las unidades de suelos LWEf2r y LWEe2, muestran una relación fuerte con características edafológicas como: Valores óptimos de Cobre (Cu) (1-20mg/kg), bajos contenidos de cobalto (Co), bajas concentraciones de hierro (Fe) y molibdeno (Mo), pH de neutro a alcalinos, bajas concentraciones de boro (B) y altos contenidos de sodio (Na).

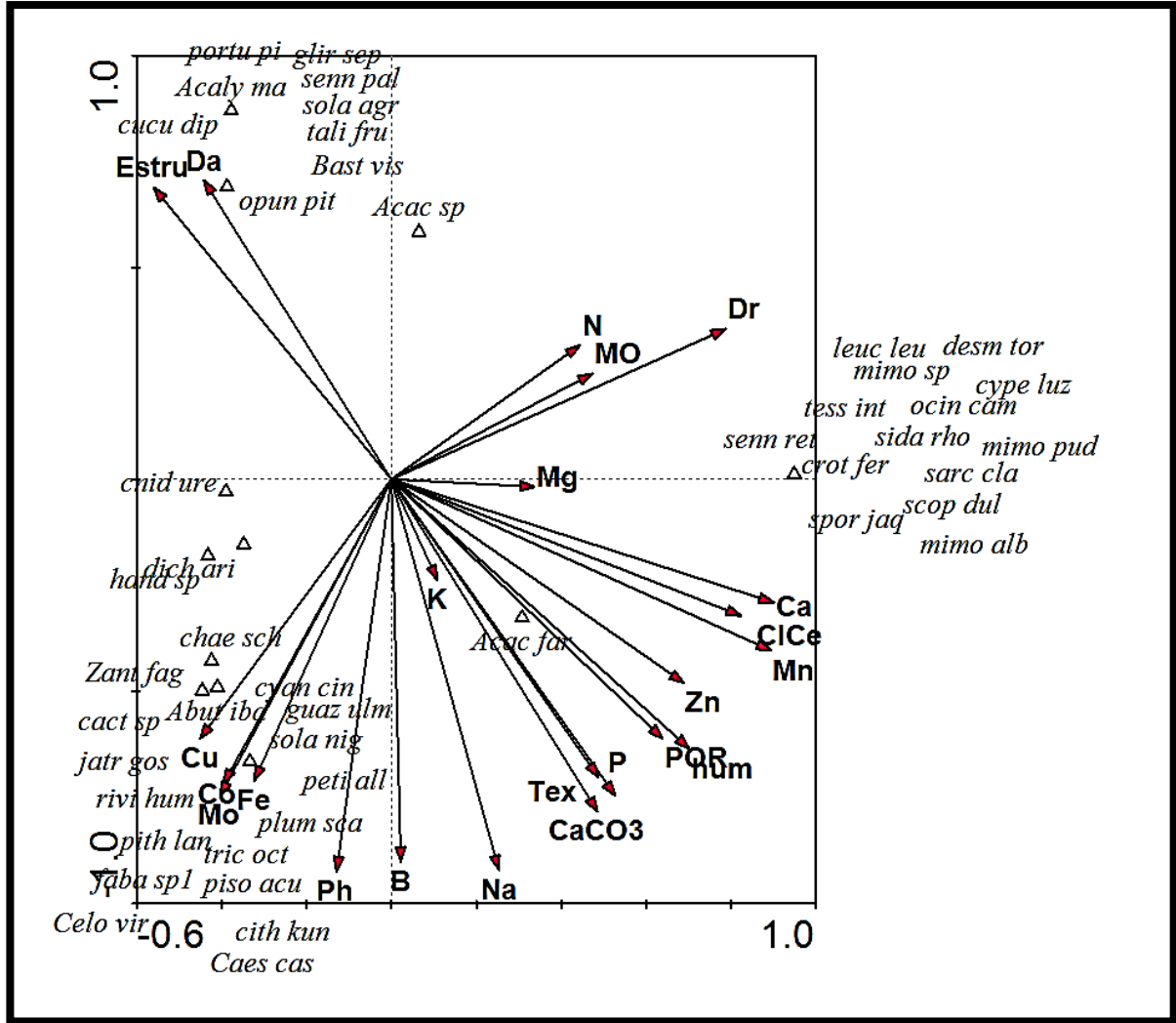


Figura 13. Diagrama de ordenación del análisis de correspondencia canónica (CCA) de especies vegetales y factores edáficos.

8. DISCUSIÓN

8.1 Caracterización de la vegetación.

Los remanentes de bosques secos ubicados al sur del Cauca no están siendo protegidos eficientemente, a ello se le suma que son poco estudiados, muy deteriorados y constantemente amenazados y aun así mantienen una importancia ecológica y económica para grandes segmentos de la población que depende de los bienes y servicios que este tipo de ecosistemas les brinda (Muñoz et al., 2014). Cuando se analiza la riqueza de especies, en el remanente de bosque seco de la quebrada Matacea, muestra un valor de Menhinick con un valor de 1,74 considerado alto, teniendo en cuenta que es un área compuesta por vegetación que se encuentra en procesos de sucesión avanzada, tras años de uso de la tierra dedicada principalmente a la ganadería y agricultura, lo cual dejó la vegetación de bosque seco deteriorada y reducida a remanentes, muestra del estado de deterioro de este se encuentra el ecosistema al sur del Cauca, considerado uno de los más impactados por la acción antrópica. Esta área se caracteriza por ser una zona abierta sin la presencia de especies de alto porte, con una mayor incidencia de luz, alta evapotranspiración y temperaturas que dificultan la incidencia o presencia de algunas especies.

Cuando se analiza la riqueza y abundancia florística del área de estudio se evidenció que la familia fabácea, presentó uno de los mayores valores de especies y abundancias, al igual que en los estudios realizados por Carrillo y Fajardo *et al* (2007) sobre bosque seco, convirtiéndose en la más diversa dentro del área de estudio, para la cual se registraron 11 géneros (*Acacia, Albizia, Caesalpinia, Chaetocalix, Desmodium, Galactia, Gliricidia, Leucaena, Mimosa, Pithecellobium y Senna*) y un total de 323 individuos censados. Este grupo taxonómico es considerado como el más importante en este ecosistema (Linares-Palomino et al., 2011; Pennington et al., 2009), debido a las adaptaciones fisiológicas y estructurales, como son la presencia de hojas compuestas, folíolos pequeños, presencia de espinas o aguijones, hábitos de crecimiento y formas de vida (Ceroni, 2003) y su capacidad de asociarse con microorganismos fijadores de nitrógeno que les permiten crecer en suelos con baja presencia de este elemento.

Así mismo, son importantes en términos de riqueza y abundancia las familias como Asteraceae en la cual se presentaron 4 géneros (*Cyanthillium*, *Parthenium*, *Simisia*, y *Tessaria*) y 89 individuos censados distribuidos en 4 especies, la presencia de la familia malvaceae se evidencia en un total de 3 géneros acompañados de 194 individuos y distribuidos en 5 especies y la familia cactácea se logró reportar con un género (*Opuntia*) pero con 150 individuos distribuidos en 3 especies. Esto coincide con lo observado por Vargas y colaboradores (2016) en otras zonas secas del Neotrópico donde representan las familias con mayor número de especies.

Además de esto se encontró una fuerte presencia de la familia Euphorbiaceae con 5 géneros (*Acalypha*, *Cnidoscolus*, *Croton*, *Jatropha* y *Ricinus*) y 245 individuos distribuidos en 6 especies, siendo la segunda familia con más especies dentro del área de estudio, después de la familia Fabaceae, coincidiendo con las observaciones de Mendoza (1999) quien afirma que la presencia de la familia euphorbiaceae es una de las más abundantes dentro de estos ecosistemas secos. Murillo (2008), por su lado encuentra que este taxón está ampliamente distribuido por todas las regiones naturales de Colombia, además su alta representación en el bosque seco no es un dato atípico según lo sugerido por Murillo.

Otro grupo que también es importante, pero con una especie es la familia Bignoniaceae y su presencia se marca con 264 individuos, lo cual confirma lo reportado por Murphy y Lugo (1986), que, aunque se reporta con una sola especie son importantes representantes del ecosistema secos.

Adicional a esto se logró observar que los valores más altos en abundancias corresponden a especies como el *Abutilon ibarrense* con 98 individuos, *Acalypha schiedeana* con 143, *Bastardía viscosa* con 113, *Cenchrus ciliaris* con 273, *Dichanthium aristatum* con 182, *Handroanthus sp* con 264, *Talinum fruticosum* con 83 y *Zanthoxylum fagara* con 106 individuos, siendo estas especies las más dominantes dentro del área de estudio. Dicho reporte está acompañado de la presencia de especies como *Citharexylum kunthianum*, *Calliandra Pittieri*; las cuales son reportadas también para esta región por Vergara y Torres (2017) y se consideran además importantes representantes de ecosistemas como el de BST. Adicional a esto se obtuvo también la presencia especies

como *Pithecellobium lanceolatum*, *Guazuma ulmifolia*, *Albizia saman* y *Zanthoxylum fagara*, las cuales coinciden con las observaciones hecha por *Erazo et al.*, (2017), quienes reportan estas especies como las más abundantes, a diferencias de lo aquí reportado, donde su presencia es notoria en términos de composición y no de abundancia.

Para el caso de especies como *Guazuma ulmifolia*, la cual se presenta con 36 individuos, se establece es uno de los grupos más importantes de ecosistemas de BST, y estos datos pueden ser el resultado de la rápida dispersión de sus semillas por especies de mamíferos silvestres y de ganado vacuno, lo cual favorece la regeneración ecológica de una zona que se encuentra en estado de sucesión, (Sanmartin *et al.*, 2016) como lo es la quebrada Matacea. Otro dato importante es la presencia familias como Piperaceae, resultado que coincide con los estudios de Sanmartin *et al.*, (2016) el cual no es incluida normalmente en los reportes realizados en otros ecosistemas de bosque seco, pero que se logra reportar aquí.

Los resultados muestran que la riqueza y abundancia de las especies presentes en la quebrada Matacea puede ser considerados uno de los más altos en esta región al sur del Cuaca, con un total de 88 especies registradas y distribuidas en 2547 individuos, en comparación a los estudios realizados por Erazo en 2016 en 0,1 Ha, en la Pachuca donde se reportan 17 especies distribuidas en 369 individuos. Sin embargo, dicho valores son cercanos a los reportados en Mariquita con 94 especies reportadas, Santo Tomás con 77 especies y Naguanje con 67 especies registradas (*Erazo et al.*, 2017). Estos resultados están sujetos a la extensión del área estudio y sin embargo, son una muestra representativa de un bosque seco que inicio su proceso de regeneración natural hace más de 10 años, sin intervención alguna durante este tiempo, pero que aspectos ambientales tales como la compactación de suelo, la fuerte sequía, la lenta capacidad de recuperación de este bosque, los claros, caminos y el impacto de borde son aspectos que han limitado la recuperación natural de esta área.

Estos resultados pueden ser el reflejo de las condiciones del bosque seco en la quebrada Matacea, el cual presenta un proceso de regeneración natural y acorde al estudio desarrollado por Olascuaga y Mercado (2016), los bosques en estado de regeneración

natural, son más propensos a ser colonizados por diferentes especies para las cuales la luz no es un factor primordial de competencia, de tal forma que se puede observar mayor diversidad que la establecida en un bosque maduro. Por ello, la riqueza observada en el bosque de la quebrada Matacea, puede ser el resultado del proceso de regeneración natural al cual ha sido sometido. Sanmartin *et al.*, (2016) propone que este tipo de bosques sean clasificados como bosques secundarios, ya que ofrecen bases científicas para el establecimiento de áreas de protección.

Es de gran importancia resaltar que la riqueza observada a partir de muestreos es una subestimación de la riqueza, pues siempre hay especies que no se registran en el inventario. Entonces es necesario evaluar la riqueza mediante algún método estadístico (Chiarucci *et al.*, 2003; Lopez *et al.*, 2006). Es por tanto que para la evaluación de la vegetación se realizó la construcción de la curva de acumulación de especies (Figura. 7), donde se logró observar mediante los resultados de interpolación y extrapolación que los valores obtenidos para la riqueza en el caso de la unidad de suelo LWEE2, se encontró el 100 por ciento de los individuos esperados, a diferencias de los suelos VWAA, MWDe2 y LWEf2r, cuya curva de acumulación alcanzaron la posición asintótica al obtener 55, 22 y 15 especies respectivamente y además refleja que los valores de extrapolación son muy cercanos a los valores obtenidos de los individuos observados aquí, es decir que la eficiencia de muestreo mayor al 90%, permitió observar gran parte de la riqueza de esta área y que las muestras recolectadas son muestras representativas del bosque seco en el área de estudio.

De forma adicional, se realizó el agrupamiento de las unidades de suelo a partir de la incidencia de especies, dando como resultado un Dendrograma con base en el índice de Jaccard (Figura 10), muestra muy baja similitud (<30) entre las unidades de suelo evaluados, probablemente se deba a que las unidades poseen características taxonómicas, edafológicas y de uso histórico que atienden a diferentes procesos tanto de regeneración como composición, manteniéndose así en un proceso de colonización diferentes en cada unidad de suelo evaluado en termino de vegetación. Además de ello en cada uno se evidencia la generación de un microclima propicio para el desarrollo de las especies del bosque con unos comportamientos diferentes en los 4 suelos evaluados

y que van a depender de factores como el clima el relieve, el tiempo, el suelo, la actividad microbiana, tipos de intervención entre otros.

Tal es el caso de especies como *Caricca papaya*, *Tessaria integrifolia* o *Sarcostemma clausum*, que son especies halladas únicamente en suelos pedregosos con un nivel freático fluctuante, bien a muy pobremente drenados, inundables, texturas moderadamente gruesas. Dichos suelos generan unas condiciones únicas de crecimiento vegetal para especies con necesidades más exigentes, además dichas necesidades son también un factor limitante para el establecimiento de estas plantas en cualquier otra unidad de suelo, ya que ninguna otra unidad de suelo posee estas características tanto climáticas como físicas que permitan el desarrollo de algunas poblaciones en otros lugares diferentes.

Sin duda, esta área tiene un potencial para estudiar la riqueza de los ecosistemas de bosque seco en la Región Sur del Cauca, por la riqueza y abundancia que presenta y que la hacen diferente a otros sitios de estudios, la riqueza del bosque seco de la quebrada Matacea es catalogada como buena, ya se trata de una zona que fue sometida a procesos de degradativos pero con gran capacidad de recuperación tras 10 años sin un uso y actualmente se convierte en un escenario para comprender procesos de restauración ecológica y estudios acerca de las dinámicas que comprende este ecosistema al interior de esta área.

8.2 Caracterización del suelo.

De acuerdo con los valores obtenidos de los análisis químicos (Tabla 3) y físicos (Tabla 4) el comportamiento de las variables en el sistema edáfico se describe de la siguiente manera:

Parámetros físicos.

La densidad (Da): Presenta valores medianos ($1,34 - 1,53 \text{ g/cm}^3$) que incide de manera directa en las características texturales del suelo, las cuales inciden en aspectos como el espacio poroso de los agregados del suelo, limitando de cierta forma la conducción

de aire y fluidos al interior del suelo, esto dan lugar a densidades aparentes cercanas a $1,5 \text{ g/cm}^3$, que además “son un limitante para el crecimiento radical de las plantas” como lo expresa Salamanca, (2005) y cuya observación coincide con el sistema radical de plantas de bosque seco, ya que estas deben aprovechar al máximo la fuentes más cercanas de agua ya que no alcanzan a llegar a fuentes subterráneas de este recurso. Para Clarc en el 2002, la presencia de horizontes poco profundos como el caso de bosques tropicales que presenten estaciones secas muy marcadas y donde el suelo no permite el acceso de las raíces al agua profunda se presentan vegetación de origen caducifolia, característica del BST.

Densidad real (Dr): En los suelos evaluados está oscila entre 2,504 a 2,514 g/cm^3 que es un rango bastante estrecho y presenta valores bajos debido a la característica textural de franco-arenosa que presenta los suelos (Torrez et al., 2017), estas características están asociada a la profundidad del suelo y la estructura del mismo, siendo una estructura granular y migajosa la que presenta los valores más altos dentro de este estudio. El porcentaje de porosidad es un elemento determinante para administrar Oxígeno a las raíces y determina la formación de un sistema radicular asociado a la absorción de nutrientes, este factor edáfico presenta valores altos a muy altos, indicando una condición porosa ideal para el movimiento de las moléculas de agua (Le Bissonnais y Arrouays, 1997; Seguel. 2003; Torrez et al., 2017) y aire en el suelo, en este caso el porcentaje de porosidad presenta valores que van desde 64 a 86 %, estos altos porcentajes estarían asociados con el aumento del contenido de carbono orgánico del suelo como lo afirman de Lal et al. (1997) y Kay et al. (1997), sin embargo en este caso el contenido de MO fue bajo los cuales van desde 1,32 a 4, 25 %, (para suelos fértiles) contrario a los altos porcentajes de porosidad presentes en estos suelos, es decir similar a los resultados de Anderson et al. (1990) quienes con la aplicación anual de abono orgánico no notaron cambios significativos en la porosidad, este resultado afirmarían un mayor contenido de agua aprovechable del suelo (Seguel. 2003).

Porcentaje de humedad: El porcentaje de humedad teniendo en cuenta que se tomaron en épocas de lluvias, presenta valores bajos a medios (14 – 39 %) (Torrez et al., 2017) los cuales están correlacionados positivamente con la porosidad del suelo (Morell y

Hernández, 2008) para el almacenamiento de agua, sin embargo, los suelos LWDe2 y MWDe2 presentan niveles medianamente bajos debido a la evaporación por presentar vegetación herbácea desprovista de árboles, y a una desintegración del suelo por procesos de erosión, para Salamanca y Sadeghian (2005); estos valores representarían una mejora en las condiciones físicas del suelo para el crecimiento radicular de las plantas.

Textura: Es una propiedad poco variable en el tiempo (Navarro *et al.*, 2000) y es uno de los factores más importantes del suelo, ya que es el lugar donde ocurren las reacciones. En el sitio experimental el suelo está constituido por las texturas franco arcilloso arenoso (61% arena, 16% limo y 22% arcilla) y texturas franco-arenosa (70% arena, 20% limo y 10% arcilla) la cual mantiene un porcentaje de porosidad y humedad adecuado para el mantenimiento de la fase gaseosa y líquida (Torrez *et al.*, 2017). La textura franca se considera la textura ideal, porque tiene una mezcla equilibrada de arena, limo y arcilla (Muñoz y Toirá, 2013). Esto supone un equilibrio entre permeabilidad y retención de agua y de nutrientes. Sin embargo los resultados obtenidos de la textura se asocian a los reportados por Villamil *et al.* (1997) quienes registraron disminuciones en la Porosidad Total debida al uso pecuario, dicho resultado está relacionado con los antecedentes de uso de la tierra que se presentaron en esta área 10 años atrás, donde aún se logra observar un suelo con procesos de compactación, pero gracias a los procesos de regeneración presentes en el área características como la porosidad y la textura se han visto beneficiados.

Estructura: La estructura predominante en estos suelos fue prismática y columnar. En menor proporción presentó estructuras en bloques subangulares y granular/migajosa, esta última estructura “indica movimiento de los agregados y permiten un buen movimiento del agua, así como el crecimiento y desarrollo de las raíces de las plantas” (Torrez *et al.*, 2017). Dichos resultados están asociados a los resultados reportados por Tamura *et al.* 1990, quien estudio los cambios de las propiedades del suelo y quien observó cambios en la estructura después de pocos años de la instalación de la vegetación secundaria, en un suelo desnudo donde la estructura migajosa y agregados eran casi ausentes. En los 6 o 10 años posteriores se desarrolló una estructura granular.

Según la vegetación que fue sustituyendo a la primera sucesión se observó un cambio macroestructural lo cual una vez se empieza la instalación de la vegetación secundaria y con el paso de unos años, dicho caso se asocia estrechamente con el proceso de sucesión natural que se encontró en la quebrada Matacea, la cual una vez iniciado el procesos de regeneración y tras 10 años sin intervención, ha generado una mejor estructura del suelo y ha sido lugar de asentamiento de especies vegetales en el área de gran importancia.

Microelementos

Boro: Los niveles de Boro (B) en general son bajos para los cuatro tipos de suelos evaluados, esto es debido a que su disponibilidad está asociada con los valores de pH (neutros), ya que la disponibilidad de B disminuye al aumenta el Ph; además se ve afectado por la textura franco-arenosa, tal como lo confirma Torrez *et al.* (2017).

Cobre: En cuanto al Cobre (Cu) se presenta en niveles óptimos (1-20 mg/kg), indicando que el pH al acercarse a la neutralidad reduce su solubilidad en el suelo, dichos resultados coinciden con las observaciones reportados por Torrez *et al.*, (2017), en su trabajo.

Como se puede observar en la tabla 5, el Cobre (Cu) en este suelo es deficiente ya que se encuentra por debajo de los 2 ppm. Esta deficiencia de Cu puede producir una reducción en la lignificación, además de necrosis en el ápice de hojas jóvenes que va progresando hasta que se pierden las hojas. Por lo tanto, a pesar de que el Cu se requiere en baja cantidad, es necesario, para tener un buen desarrollo de la planta (Hyvönen y Orama, 2003).

Manganeso (Mn): presenta altos niveles en especial para los suelos VWAa y MWDe2 (46,08 y 30,74 meq/100g) cercanos a valores de riesgo (>50mg/L) (Orozco, 2011) y pueden causar toxicidad en las plantas, generando impactos importantes en la el desarrollo de la clorofila y sistemas enzimáticos vegetales, estos valores están asociados a los bajos valores de humedad, ya que el exceso de este elemento ocurre principalmente en suelos con bajo contenido de humedad. Otro factor que influye en la presencia de dicho elemento es la textura, ya que al ser catalogado como franco arenoso

arcilloso y poseer pH básicos, estos suelos son ricos en manganeso porque la mayor parte de su provisión se ha favorecido por no presentar un lavado constante, ya que en este tipo de suelos la oxidación y la basicidad disminuyen su solubilidad, como lo reporta Thompson (1980).

La semejanza entre el Manganeso (Mn) y el Hierro (Fe) da lugar a una forma de competencia entre ambos (antagonismo) (Thompson, 1980). Por lo tanto, los síntomas generados por el valor de hierro bajos (observados en la tabla 5) corresponden al exceso de manganeso. Ese exceso de Mn implica que se pueda generar clorosis e impactos asociados con el desarrollo de la planta.

Hierro: (Fe): Por otra parte, en este suelo, el contenido de Fe obtenido (en promedio 9,88 ppm) se considera como muy bajo, ya que se encuentra por debajo del rango del nivel óptimo (25 a 45 ppm), a excepción del suelo VWAA, que, si presenta niveles óptimos en su contenido, con un valor de 31,60 mg/kg. Autores como Sánchez (1981) mencionan que el Fe en altas concentraciones es un elemento precursor de la acidez, dichas observaciones concuerdan con los resultados obtenidos en el presente estudio, ya que los valores de pH, varían de neutros a básicos y con bajo contenido de Fe. Adicional a esto, cabe mencionar que, aunque el Fe se encontrara a altas concentraciones el nivel disponible para las plantas sería bajo, es decir hay un déficit significativo de este elemento y aún más si se habla de la disponibilidad que requiere las plantas para su aprovechamiento natural.

Zinc (Zn): En cuanto al Zinc (Zn), la disponibilidad de este micronutriente está condicionada por varios parámetros, como por ejemplo el pH, o la adsorción de este elemento por las arcillas. Teniendo en cuenta que el porcentaje de arcillas del suelo evaluado es bajo, las arcillas afectarán muy poco la disponibilidad del elemento. Se considera que hay mayor disponibilidad de este elemento a pH ácido; y teniendo en cuenta que este suelo tiene un pH básico es correcto que estos suelos presenten niveles adecuados de Zn (en promedio 0,86 ppm). El Zn es de gran importancia, ya que afecta el metabolismo de los carbohidratos, a través de su participación en la fotosíntesis y la transformación de azúcares debido a una reducción en la actividad de una enzima y en la formación de almidón (Hyvönen y Orama, 2003).

Cobalto (Co): Las concentraciones de Cobalto (Co), en los suelos evaluados fueron bajas (< 4 mg/kg), oscilando entre 0,48 a 0,89 mg/kg, estos valores concuerdan con los reportados por Peris (2006), eso es debido a que a valores de pH que estén entre 5 a 8, similares a los reportados aquí, provocando una disminución en las formas solubles y por lo tanto la planta va a absorber menos. Por ello el pH del suelo es el mayor responsable de la disponibilidad de muchos elementos (Peris, 2006), además se atribuye este contenido a las condiciones pobre de drenaje presente en el área.

Molibdeno (Mo): Los valores de Mo presenta condiciones óptimas para su absorción para lo cual se requieren en bajas concentraciones, esto es debido de igual manera que dependen en gran medida de los niveles de acidez del suelo, los cuales deben ser cercanos a la neutralidad para su óptima absorción. Además, el Mo es el único micronutriente que aumenta su disponibilidad si aumenta el pH (Silva, 2001).

Macroelementos

El Fósforo (P): Se encuentra en niveles altos (>10 ppm), como consecuencia del bajo contenido de MO que poseen los suelos y que influye en la oferta nutricional de este elemento como lo expresa Zilio, 2015.

Nitrógeno: Los valores de Nitrógeno (N) total obtenidos a través de los muestreos presentaron valores entre 0,08 a 0,21 %, considerados como valores bajos según lo señalado por Marín (1979). Sin embargo, se encuentran dentro del rango establecido para zonas tropicales (0,02 – 0,4%). Las cantidades de N presentes en el suelo van a estar controladas especialmente por las condiciones climáticas y la vegetación. (Fassbender y Bornemisza, 1987). En cuanto a las condiciones climáticas, el sitio de muestreo pertenece a una región de clima cálido y según la literatura, a medida que aumenta la temperatura, disminuye el contenido de nitrógeno en el suelo (Navarro, 2003), pues la falta de lluvias ocasiona que haya poco desarrollo de vegetación, lo cual trae como consecuencia poca deposición de restos orgánicos; así de esta manera el bajo contenido de nitrógeno en la muestra estaría relacionada con estos dos factores.

Además, teniendo en cuenta que la humedad del suelo fue en promedio de 21.77%, el cual es un porcentaje de humedad baja, esta humedad es importante para la actividad

biológica, puesto que los microorganismos no tienen el medio adecuado para realizar su trabajo, afectando directamente la mineralización del N (Sánchez, 1981).

Otro parámetro que está ligado con el contenido de N presente en la muestra de suelo es la cantidad de MO, los cuales se encuentran entre 1.52 a 4,25% , el cual se clasificó como suelo con contenido de MO baja, este resultado es muestra de que esta área no ha sido destinada para fines agrícolas, de esta manera se descarta la posibilidad de pérdida de MO debido al cambio de uso del suelo y por ende no se le ha aplicado ningún tipo de tratamiento, como abonado ya que los abonos orgánicos son la principal razón por la cual se presentan grandes contenidos de N.

Calcio (Ca) y Magnesio (Mg): Para los elementos como el Ca y el Mg se presenta en niveles altos (Torrez *et al.*, 2017 y Pérez *et al.*, 2008) y se aprecia un aumento considerable en su concentración en los suelos VWAA y LWEf2r, con valores de 17,5 y 14,2 meq/100g para el Ca y 7,735 y 14,34 meq/100g para el Mg Según Pérez *et al.* (2008), estos valores están asociados bajo valores de humedad y por ende menor lavado de elementos solubles. El Ca en el suelo tiende a mejorar la aireación mientras que el Mg favorece la adhesión de partículas del suelo.

El Sodio (Na): Presenta contenidos altos los cuales van desde 0,6 a 0,81 meq/100g, (Torrez *et al.*, 2017), pero no representa riesgo para la vegetación, esto es debido a que, en suelos no sódicos, las partículas de arcilla se mantienen floculadas, así ellos conservan el ordenamiento de sus partículas minerales (arena, limo y arcilla) y orgánicas y la porosidad. En el caso de contener alto valores como los reportados aquí, las fuerzas que mantienen unidas a las partículas de arcilla se interrumpen y éstas tienden a separarse, generando migración de estas en el perfil y obstruyendo los poros, provocando disminución de la infiltración y movimiento de agua, es decir, disminuye su capacidad de conducir agua. Además, se expanden en estado húmedo y cuando se secan se cuartejan y exhiben una dureza tal que afecta negativamente la profundización y proliferación de raíces. La magnitud del daño depende de la cantidad de sodio intercambiable. Situación similar a la evidenciada en los suelos evaluados.

Potasio (K): Los valores reportados son bajos, con un aumento considerable en el suelo MWDe2, el cual reporta un valor de 8,59 meq/100g, sin embargo, los valores de K para

los suelos evaluados tienden a tener contenidos bajos, situación que influye en la condición de acidez, al igual que la cantidad de MO (Torrez *et al.*, 2017).

Parámetros químicos.

La capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICe): Es la propiedad química que en realidad me indica la capacidad que tiene el suelo de intercambiar los iones (Ca, Mg, K, Na, además de Al y H). La CICe presente en los suelos de esta área tiene valores medios (18 a 30 meq/kg) que favorecen la retención y la disposición nutrientes procedentes de la mineralización de la MO, como lo expresa Frye (1986).

pH: Las 4 unidades de suelos evaluados presentaron un rango de valores de pH que osciló entre 7,1 a 8,13, siendo estos valores los reportados por algunos autores como “neutros y ligera a moderadamente alcalinos” (Ramírez, 2000), favoreciendo la movilidad de iones, la precipitación y disolución de minerales, la actividad microbiana y la disponibilidad de nutrientes.

Materia orgánica (MO): en suelos de climas cálidos y altitudes entre los 0 y 1500 msnm, corresponden a un contenido de 2 a 4%, de MO, (Fassbender y Bornemisza, 1987), los cuales coinciden con los valores reportados en el presente estudio (2-4%), sin embargo, el rango óptimos para un contenido de MO están entre los 5 y 8 %; siendo estos valores mayores a los obtenidos, una de las razones por las cuales se puede explicar este resultado es debido a que son suelos sin un algún tipo de uso agrícola, por tanto la materia orgánica es baja.

Otros aspectos importantes de la materia orgánica (MO), es que se trata de una mezcla heterogénea de compuestos orgánicos con propiedades diferentes y en distintos grados de transformación (Galantini y Suñer, 2008). Para el área de estudio, encontramos valores asociados a la observaciones realizadas por Martínez (2008), los cuales se relacionan con el pH, La MO tiende a aumentar el pH cuando el suelo es ácido y tiende a disminuirlo cuando el pH del suelo es alcalino (tabla 3), esto se debe a que en suelos cercanos a la neutralidad o que tienen cantidades altas de carbonatos y bicarbonatos, el pH disminuye por aumento en la presión parcial de CO₂ en la atmósfera del suelo. El CO₂ de la atmósfera se combina con agua y forma ácido carbónico, que al disociarse

genera H⁺ que acidifica el suelo (Carrasco, 1992). Dichos valores de MO otorgan al suelo una alta capacidad de resistir procesos de acidificación, lo cual está asociado a los resultados presentes en este estudio

8.3 Uso de la tierra.

Para el departamento del Cauca se puede indicar que, debido a las grandes limitaciones de los suelos como las difíciles condiciones ambientales, el acceso a estas áreas por orden público o características topográficas de terreno, hoy en día amplios sectores de estas tierras se encuentran bien conservadas (IGAC, 2009). Sin embargo, hay áreas cuyo interés económico ha sobrepasado la capacidad de resiliencia de ecosistemas como el bosque seco, y unas de esas áreas son precisamente las cuencas de los ríos Cauca y Patía, cuyo interés exploratorio se ha extendido hacia las actividades pecuarias con pastos para ganadería extensiva y semi-intensiva (Pizano y García, 2014).

Aspectos como el tipo de cobertura, la vocación, conflicto y desertificación del suelo, muestran un panorama de deterioro y amenaza del BST. Además, su elevada fragmentación y remanencia de parches (Pizano y García, 2014), dan como resultado áreas en procesos de desertificación, pérdida de nutrientes, pérdida en la estructura de la vegetación natural entre otras.

En áreas como Patía se han presentado conflictos políticos y económicos que han generado grandes impactos sobre la conservación de los bosques secos tropicales hasta el punto de ser una de las regiones con menor extensión de este bioma al sur del Cauca, sin embargo en la quebrada Matacea el BST comenzó un proceso de regeneración hace más de diez años luego del poco interés por parte del dueño en seguir explotando esta área y de haber sido expuesta a actividades insostenibles como quemas, ganadería extensiva, extracción de arena y agricultura tiempo atrás, lo cual ha generado aportes importantes y muy provechosos para la regeneración natural que ha tenido este fragmento de BST en esta localidad.

Lo cual es un avance importante para el estado de BST en el departamento de Cauca, ya que este es el resultado de la alteración realizada en el pasado, buscando en él

condiciones aptas para la ganadería y agricultura. Por este motivo la deforestación se dio en muchas partes, en otras se utilizó el fuego para despejar el terreno con mayor rapidez (Mendoza y Jiménez. 2010). Contrario a estas observaciones, en este estudio encontramos avanzado proceso de regeneración natural que han ayudado a mantener valores de riqueza importantes (Menhinink, 1,74).

Dichos resultados se pueden evidenciar en la figura 8, donde se reportan 8 tipos de coberturas entre las que se encuentran la dominancia de bosque ripario y arbustales densos con vegetación caducifolia, seguida de coberturas de bosque abierto, pastos arbolados y zonas arenosas naturales. Sin embargo, la intensidad de las actividades antrópicas que se realizaron en esta área ha dejado factores limitantes para una recuperación más avanzada, entre los que se encuentran áreas desnudas o con poca vegetación, suelos erosionado y compactados, poca capacidad de retención de agua, entre otras; razones por las cuales la recuperación de estas áreas es más lenta.

Estas observaciones podrían aportar de forma positiva a la recuperación y preservación del BST, ya que observaciones hechas por Pizano (2015), demuestran que del total de tierras que presenta desertificación en el país, el 27% se presenta en áreas de BST, donde más del 65% de las áreas transformadas presentan problemas de desertificación en la actualidad. Lo anterior es debido principalmente a la lenta capacidad de regeneración y a la persistente amenaza de deforestación por causas naturales o antropogénicas (Janzen, 1988), que ha hecho que se considere como uno de los ecosistemas más frágiles debido a las condiciones de sequía que padecen los bosques secos, el reclutamiento de plántulas y las tasas de crecimiento son afectadas y son menores a la de los bosques tropicales húmedos (McLaren & McDonald 2003). Los patrones de regeneración pueden o no mantenerse de igual manera en otros lugares y dependerá más del tipo de uso que estén teniendo estos bosques o especies.

Finalmente es importante notar que los resultados sugieren que el BST se encuentra en estado de regeneración, por lo que debe considerarse frágil pero de gran importancia para el aporte en el estudio de un ecosistema tan amenazado como el de BST, además es de considerar que esta área hace más de 10 años que no ha sufrido grandes perturbaciones por lo que puede aportar importante información acerca de las dinámicas

ecológica que se dan al interior del BST, y con apoyo de la comunidades y de entidades ambientalistas puede considerarse para propósitos de manejo, y preservación de áreas de especial interés como la quebrada Matacea.

8.4 Relación del suelo y vegetación.

Las relaciones entre la vegetación y el ambiente son de gran importancia en las comunidades ecológicas y son varios los factores ambientales que influyen en los cambios de los patrones de la vegetación (Vergara, 2015). Para el presente caso, una aproximación al entendimiento de las dinámicas entre la vegetación y el ambiente mismo, es la relación entre los patrones de distribución de las especies (vegetales) y los factores edáficos.

Todo paisaje presenta múltiples combinaciones de tipos de suelo, pendientes o historias de perturbación. El estudio de la interrelación de estos aspectos y su efecto sobre la distribución de las plantas ofrece una nueva y poderosa visión acerca de la organización y funcionamiento acerca de los bosques tropicales.

Ahora bien, para las condiciones edáficas y su vínculo con la ocurrencia de especies vegetales, se observó una relación bastante estrecha, la cual se puede observar en la Figura 13, donde se evidencia la distribución de tres grandes grupos de especies repartidas y favorecidas por los factores edáficos evaluados. En primera estancia y según los resultados obtenidos podemos observar (Figura 12) que la influencia que tienen los factores edáficos sobre la distribución de especies evidencian la conformación de tres grupos de especies bastante diferenciados, que están correlacionados con los factores edáficos positiva y negativamente, lo cual coincide con la teoría de que el suelo es el producto de la interacción no de un solo parámetro, sino tanto de parámetros ambientales como el relieve clima, tiempo, material parental, organismos, la actividad antrópica, y de los parámetros internos como lo son los factores edáficos, lo cuales están dados por la relaciones de antagonismo y sinergismo que regulan estos comportamientos al interior del suelo.

Es por tanto que autores como Clarck (2002), la cantidad y tipo de nutrientes disponibles afectan de manera muy marcada la distribución de las plantas en un paisaje boscoso, por ejemplo y tomando en consideración todo el gradiente de fertilidad que de forma natural existe en los bosques, se observa que los peores suelos (en cuanto a nutrientes) son suelos de arenas blancas, sin embargo, el efecto de la fertilidad sobre el número de especies de plantas no es tan obvio. Huston, (1997) expone que la diversidad de las plantas es baja en suelos pobres y también en suelos muy fértiles, pero esta diversidad tiende a aumentar cuando los contenidos se mantienen en óptimas cantidades. Lo cual va a depender de varios factores adicionales como las condiciones climáticas la zona de vida, el tipo de ecosistema, el uso de la tierra, entre otros.

Son muy pocas las especies que pueden sobrevivir en condiciones extremas (de ahí escasa diversidad que se puede encontrar en sitios poco fértiles), sin embargo cuando aumenta el nivel de nutrientes se abren más oportunidades para la coexistencia de especies, y un acercamiento de ello se puede observar aquí, ya que aunque lo suelos presentan baja fertilidad, también presentaron un índice de Menhinick importante (1,74), cuyo valor es símbolo de una buena cantidad de especies presentes en el área a pesar de presentar un historial de uso de la tierra que se enfocó en la ganadería y las malas prácticas agrícolas lo que afectó al suelo con procesos como la compactación o exposición directa a la radiación, debido a la poca vegetación que inicialmente quedó.

Sin embargo reportes hechos por Erazo *et al.*, (2017) donde se observa dominancia de algunas especies para estas áreas del Patía, así como en el presente estudio, la principal razón puede deberse a que los niveles de nutrientes tras alguna actividad son muy altos o muy bajos, y en este caso las especies mejor calificadas se encargan de desplazar el resto, y la dominancia de algunas especies se va a hacer clara a simple vista, similar a lo observado aquí, en familias como Fabaceae, pero además se puede observar también la coexistencia de varias especies con buenas densidades poblacionales, es decir se puede observar una variada dinámica entre nutrientes y la ocurrencia de especies vegetales.

Se tiene que los factores edáficos como la porosidad, porcentaje de humedad, fósforo, calcio, CICE, manganeso, Materia orgánica, el nitrógeno, y la Densidad real, se

relacionaron positivamente con un grupo de especies lideradas por: *Leucaena leucocephala*, *Desmodium tortuosum*, *Mimosa sp.*, *Cyperus luzulae*, *Tessaria integrifolia*, *Ocimum campechianum*, *Senna reticulata*, *Sida rhombifolia*, *Mimosa púdica*, *Croton ferrugineus*, *Sarcostemma clausum*, *Scoparia dulcis*, *Sporobolus jacquemontii*, *Mimosa albida*.

Estas especies coexisten en suelos con características que son superficiales a moderadamente profundos limitados por la presencia de capas arenosas y nivel freático fluctuante, bien a muy pobremente drenados e inundables (VWAa). Estos resultados se relacionan con observaciones hechas por Foth (1990) y Clarck (2002), quienes exponen que las plantas son muy sensibles a las variaciones en la aireación del suelo, así que es común observar que la vegetación de un área mal drenada sea distinta a la de un área de tierra firme, gracias a la cantidad de oxígeno presente en el suelo está determinada, en parte, por la estructura física, la densidad del suelo y en parte por el nivel freático, ya que la difusión de oxígeno es de 10.000 veces más lenta en el agua que en el aire.

Además, especies como *Tessaria integrifolia* o *Cyperus luzulae*, que debido a su fisiología se han acogido única y exclusivamente a áreas inundables ya que aspectos como su método de propagación se asocia fuertemente a las corrientes de las aguas, además de las condiciones fisiológicas de las plantas que dependen en gran medida de un buen flujo de agua y una dinámica de nutrientes y aspectos físicos que generan condición óptimas y únicas para el establecimiento y distribución de las mismas.

Adicional a esto es importante resaltar que este grupo al estar relacionado positivamente con factores como la materia orgánica y el N, presentan valores bajos para estos parámetros, puede ser debido al constante lavado de estos nutrientes gracias al flujo intermitente de agua que es transportado a través de la quebrada Matacea, la cual no permite el asentamiento y aporte continuo de materia orgánica y N, mediante la actividad biológica, a diferencia de suelos de tierra firme, donde la descomposición biológica de animales, plantas y agregados, los contenidos son mayores y más adecuados, es por tanto que esta relación puede deberse precisamente a las dinámicas únicas que ocurren en suelos inundables dominadas por los contenido de materia orgánica y N, ya que el

asentamiento de especies en estos lugares debe resistir dichas exigencias además de responder a los factores ambientales que presentan estas áreas.

Otro aspecto importante a mencionar de acuerdo Novikoff (1983), es que debido a factores como escorrentía y eliminación de vegetación, en áreas de suelos inundables, puede conducir a una pérdida constante de suelo, impactando con mayor fuerza las primeras capas del mismo, que son los lugares donde se realiza la mayor actividad microbiana y donde el contenido de factores edáficos como la MO y el N, son más abundantes y al ser constantemente lavados la cantidad de estos va a ser considerablemente baja, similar a lo presentado aquí.

Otro resultado importante, es la relación entre factores edáficos como la estructura y la densidad aparente, con un grupo de especies compuesto principalmente por: *Acalypha macrostachya*, *Portulaca pilosa*, *Bastardia viscosa*, *Talinum fruticosum*, *Opuntia pittieri*, *Acacia sp*, *Gliricidia sepium*, *Senna pallida*, *Solanum agrarium*, *Bastardía viscosa*.

Dicha relación podría estar influenciada inicialmente por el abastecimiento de agua y de aire a las raíces, la disponibilidad de los nutrientes, la penetración y desarrollo de las raíces y el desarrollo de la microfauna del suelo, los cuales están regulados por la estructura del suelo (FAO, 2000) y menor medida a factores físicos como la densidad del suelo. Además especies como *Solanum agrarium* y *Opuntia pittieri*, son especies que se caracterizan por presentar abundantes espinas y en especies provenientes de la familia Cactaceae por ejemplo, poseen una ausencia total de hojas y les ha permitido adaptarse precisamente a condiciones de estrés hídrico, altas temperaturas y tasas de evapotranspiración asociadas también a esta zonas, en suelos como LWEE2, los cuales además presentan procesos de compactación por pisoteo de ganado y los periodos de sequía que deben soportar son algunas de las características, que no han sido un factor limitante para el asentamiento de estas plantas en ecosistemas como BST.

Además, observaciones realizadas por Porta *et al.*, (1999)) los suelos con poca retención de humedad no favorecen la presencia de plantas con mayor biomasa como los arbustos densos y altos. Por el contrario, permite el desarrollo de individuos de porte bajo y adaptados a una sequía mayor como las plantas suculentas. Este hecho también explica

que la densidad de las especies fue mayor aquí. Además este suelo (LWEe2) presentó una buena densidad de drenaje (Figura 2) y según Rodríguez *et al.*, (2015), estas características son preferidas por las cactáceas, porque permiten un mayor drenaje que favorece un hábitat adecuado para estas especies, además de poder crecer en ambientes con escasez de nutrientes, lo cual sería un factor determinante en la conformación de este grupo, ya que a diferencia de los otros grupos obtenidos por el ACC, estos no presentaron una relación cercana con otros factores edáficos y/o nutrientes.

Otro aspecto importante a resaltar es que estos suelos presentaron proceso de compactación importantes, lo cual es un factor determinante en la influencia de la estructura y la densidad aparente ya que, en términos físicos, la compactación disminuye el volumen de poros, modifica la estructura porosa y aumenta la densidad aparente (Baver *et al.*, 1991 y Leirana *et al.*, 2009), similar a los resultados aquí obtenidos.

Por último, se obtuvo una asociación importante entre especies como: *Cnidocolus urens*, *Dichanthium aristatum*, *Zanthoxylum fagara*, *Abutilon ibarrense*, *Guazuma ulmifolia*, *Solanum nigrum*, *Abutilon ibarrense*, *Rivina humilis*, *Plumbago scandens*, *Pithecellobium lanceolatum*, *Trichostigma octandrum*, *Pisonia aculeata*, *Celosia virgata*, *Caesalpinia cassioides*, las cuales se asociaron fuertemente con características edafológicas como: Valores óptimos de Cobre (Cu) (1-20mg/kg), bajos contenidos de cobalto (Co), bajas concentraciones de hierro (Fe) y molibdeno (Mo), pH de neutro a alcalinos, bajas concentraciones de boro (B) y altos contenidos de sodio (Na).

Dicha relación en primera estancia puede estar asociada principalmente a las características de esta zona, cuya densidad de drenaje es menor en comparación con los otros suelos, (Figura 2), las inclinaciones además son menores en comparación con el suelo LWEe2, donde se encuentra el grupo anteriormente mencionado y tienden por tanto a acumular nutrientes (Krebs, 1994). Y se supone por ende que los procesos de reciclamiento de nutrientes se hacen más eficientes, y disminuye la lixiviación. Adicional a esto una diferencia de los suelos inundables y los suelos de tierra firme es que presentan texturas arcillosas o arenosas y presentan un buen drenaje y tiene por tanto una cantidad

de oxígeno adecuada para proporcionar crecimiento a las raíces (Kursar *et al.*,1995). Dichas características estarían asociada a la cercanía que presenta este grupo con factores edáficos como la porosidad y la textura.

Otro aspecto importante dentro de esta relación son factores como el pH, el cual se relaciona fuertemente con la conformación de este tercer y último grupo, algunas de las posibles razones se pueden deber a que los suelos se mantienen en un nivel moderado (básico) que no afecta la vegetación, pero disminuye la concentración de elementos como el P y el K, los cuales son importante en la agrupación de este último grupo de especies. Además, el pH ha sido fundamental para el establecimiento de la vegetación actual, el cual ha presentado una disminución progresiva de la acidificación, favoreciendo la disponibilidad y asimilación de los nutrimentos por las plantas (Torrez, 2017).

Así pues, el conocimiento de los parámetros fisicoquímicos del suelo, ayuda a entender la composición de la vegetación, sino también los cambios en la riqueza de especies, el descriptor más básico de la biodiversidad (Leitner & Turner, 2001).

Por lo anterior, se presume que la presencia de especies vegetales si está relacionado con los cambios en las condiciones edáficas, pero además aspectos como la taxonomía, las formaciones vegetales, los factores externos y el uso de la tierra, son aspectos fundamentales que también son determinantes tanto en el asentamiento de especies, como en su riqueza; y productos de todas estas interacciones generan características muy particulares en cada suelo, otorgándole una identidad propia y rasgos de manejo futuro que se le puedan aplicar en proyectos de conservación como en el presente caso.

9. CONCLUSIONES

- Las coberturas boscosas aumentaron tras más de 10 años sin uso alguno de estas tierras, las cuales están distribuidas en seis tipos de coberturas dada por vegetación, densa semidensa y abierta. Esto indica una reducción total de tierra destinadas a la ganadería o la agricultura al interior del área
- Los factores edáficos y las características de las áreas son gestores determinantes en la vegetación de BST, influyendo el desarrollo vegetal, la colonización de especies, la sucesión natural, entre otros.
- Los estudios edafológicos son indispensables para el entendimiento de las dinámicas al interior del ecosistema y su respuesta a las presiones antropogénicas, además de comprender su relación con las características climáticas del área.
- Una de las formas de contribuir al logro de la conservación de ecosistemas de bosques secos es el manejo sostenible de las tierras en estas zonas, las cuales, en conjunto con las bases científicas generadas, pueden prevenir su degradación.
- Los patrones de distribución de especies vegetales están asociados a tres grupos, definidos por: factores físicos, la presencia de macroelementos y un grupo determinado por la presencia de microelementos.
- EL conocimiento científico, la transmisión de saberes y el apoyo de entidades, son la clave más indispensable para la ejecución y ÉXITO, de los planes de manejo, conservación y recuperación de los ecosistemas.

10. RECOMENDACIONES

- Realizar una mayor intensidad de muestreos de suelos para un mejor detalle de este recurso, además son indispensables para el éxito y conservación de BST.
- Dar prioridad a la conservación de los bosques secos del Valle alto del río Patía y donde se encuentran completamente sin protección.
- Las políticas de conservación de BST deben acoger estudios que fortalezcan el entendimiento de las dinámicas edafológicas asociadas a la geomorfología del área para asegurar el adecuado manejo y uso de estas áreas.
- El monitoreo a estas áreas en proceso de sucesión natural es indispensable para comprender de mejor manera la dinámica sucesional del BST.
- Integrar a la comunidad en un proceso de apropiación del ecosistema, indicando la importancia de su conservación y relevancia que tiene este ecosistema en el entorno, para generar proyectos de uso sostenible.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña, O.; Peña, W.; Serrano, E.; Pocasangre, L.; Rosales, F.; Delgado, E.; Trejos, J. & Segura, A. (2006). La importancia de los microorganismos en la calidad y salud de los suelos. XVII Reunión Anual Internacional de la Asociación para la Cooperación y la Investigación sobre el Banano en el Caribe y América Tropical, Santa Catarina, Brasil. **131 p.** (ed). pp. 287-399. Junk, La Haya.
- Aguirre, Z.; Aguirre, N. (1999). Guía práctica para realizar estudios de comunidades vegetales. Herbario Loja No. 5. Departamento de Botánica y Ecología de la Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador, 30 p.
- Albanesi, A. & A. Anriquez. 2004. El fuego y el suelo. In: KUNST C., BRAVO S. & PANIGATTI J.L. (eds.), Fuego en los ecosistemas Argentinos, pp. 47-60.
- FAO. (2001). Situación de los bosques del mundo 2001. FAO, Roma, and ecology in the tropics: perspectives from dry tropical forests. Annual Review of
- Anderson, S.H., C.J. Gantzer, and J.R. Brown. 1990. Soil physical properties after 100 years of continuous cultivation. J. Soil Water Conserv. 45:117- 121.
- Baver, L. D., W. H. Gardner, and W. R. Gardner. (1991). Física de Suelos. Limusa. México. 529 p.
- Blanco-S. R. (2009). La relación entre la densidad aparente y la resistencia mecánica como indicadores de la compactación del suelo. Agrociencia, 43(3), 231-239.

- Broguen. P, Falbo. G, Girardin. L, Guido. M, Martinese. P. (2000). Estructura y porosidad en andisoles con vegetación natural y con plantaciones de pinus ponderosa Dougl. En el sudoeste de Neuquen, Argentina. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Comahue. Bosque. Pg 26-36.
- Buckman, HO & NC Brady. (1966). Naturaleza y propiedades de los suelos. Ed. Montaner y Simón. Barcelona, España.
- Buzzard, V. , Hulshof, C. M., Birt, T. , Violle, C. and Enquist, B. J. (2016), Re-growing a tropical dry forest: functional plant trait composition and community assembly during succession. *Funct Ecol*, 30: 1006- 1013. doi:10.1111/1365-2435.12579.
- Buzzard, V. , Hulshof, C. M., Birt, T. , Violle, C. and Enquist, B. J. (2016), Re-growing a tropical dry forest: functional plant trait composition and community assembly during succession. *Funct Ecol*, 30: 1006- 1013. doi:10.1111/1365-2435.12579.
- Carrasco, M.A., (1992). El suelo como sistema químico. En Vera W.: Suelos, una visión actualizada del recurso. Publicaciones Misceláneas Agrícolas N° 38, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, 345 p.
- Carrillo, F. M; Rivera, D. O y Sanchez, M. R. (2007). Caracterización florística y estructural del bosque seco tropical del cerro tasajero, San José de Cúcuta (Norte de Santander), Colombia.
- Carrillo-Fajardo, M., Rivera-Díaz, O., & Sánchez-Montaño, R. (2007). Caracterización florística y estructural del Bosque seco Tropical del Cerro Tasajero, San José de Cúcuta (Norte de Santander), Colombia. *Actualidades Biológicas*, 29(86), 55-73
- Ceccon, E., Olmsted, I., Vázquez, C. and Campo, J. (2002). Vegetation and soil properties in two tropical dry forests of differing regeneration status in yucatan. *Agrociencia*, 36(5), pp.622- 623- 626-628.
- Ceroni, A. (2003). Distribución de las Leguminosas de la parte alta de la Cuenca La Gallega. Morropón. Piura. *Ecología Aplicada*, 2(1), 9-13
- Chao, A., Ma, KH y Hsieh, TC (2016) iNEXT (Interpolación y EXTrapolación) en línea. Guía del programa y del usuario publicada en http://chao.stat.nthu.edu.tw/wordpress/software_download/.
- Cheng X, An S, Chen J, Li B, Liu Y, Liu S (2007). Spatial relationships among species, above-ground biomass, N, and P in degraded grasslands in Ordos Plateau, northwestern China. *J Arid Environ* 68:652–667

- Chiarucci A., Enright N.J., Perry G.L., Miller B.P. y Lamont B.B. (2003). Performance of nonparametric species richness estimators in a high diversity plant community. *Diversity and Distributions* 9:283-295
- Clark, D.B. (2002). Los factores edáficos y la distribución de las plantas, p. 193-221. In M.R. Guariguata & G.H. Kattan (eds.). *Ecología y conservación de bosques neotropicales*. LUR, Cartago, Costa Rica.
- Cotler, H., & Ortega-Larrocea, M. P. (2006). Effects of land use on soil erosion in a tropical dry forest ecosystem, Chamela watershed, Mexico. *CATENA*, 65(2), 107–117.
- Currie, DJ. (1991). Energy and large-scale patterns of animal- and plant-species richness. *American Naturalist* 137:27-49.
- Díaz Mendoza, C., Herrera Atencio, C. and Prada Sánchez, K. (2017). Características físico químicas de suelos con relación a su conformación estructural. *Investigación e Innovación en Ingenierías*, 6(1).
- Díaz, J.M. (2006). *Bosque Seco Tropical Colombia*. Cali: Banco de Occidente. *Ecology, Evolution, and Systematics*, 40, 437-457.
- Ellingson, L.J., J.B. Kauffman, D.L. Cummings, R.L. Sanford & V.J. Jamarillo. (2000). Soil N dynamics associated with deforestation, biomass burning, and pasture conversion in a Mexican tropical dry forest. *For. Ecol. Manage.* 137: 41-51.
- Etter A, McAlpine C and Possingham H. (2008). Historical patterns and drivers of landscape change in Colombia since 1500: a regionalized spatial approach *Ann. Assoc. Am. Geogr.* 98 2–23.
- FAO (2001) *Global forest resources assessment. Main report*. FAO Forestry Paper 140. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- Fassbender, H., Bornemisza, E. (1987). *Química de los Suelos con Énfasis en Suelos de América Latina*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 5ª Edición. Costa Rica. pp 55 – 78
- Fernandez-Méndez F, Melo O, Alvarez E, Perez U and Lozano A´ (2014). Status of knowledge, conservation and management of tropical dry forest in the Magdalena river valley, Colombia *Tropical dry forests in the Americas: Ecology, Conservation and Management*.

- Sanchez-Azofeifa, J S Powers, G W Fernandes and M Quesada (Boca Raton, FL: CRC Press) pp 35–54.
- Foth, H.D. (1990). *Fundamentals of Soil Science*. 8TH. Edición. John Wiley y Sons, USA.
- Frye, A. (1986). Caracterización físico-química y diagnóstico edafológico de los aluviones volcánicos de Armero. Ibagué: Universidad del Tolima.
- Galantini, JA & L Suñer. (2008). Las fracciones orgánicas del suelo: análisis en los suelos de la Argentina. *Agriscientia* 45: 41-55.
- Garcia, E.E. (2008). Tesis: El proceso de expansión urbana y su impacto en el uso de suelo y vegetación del municipio de Juárez, Chihuahua. Colegio de la Frontera Norte. México.
- García, H., Corzo, G., Isaacs, P., Y Etter, A. (2014). Distribución y estado Actual de Los Remanentes de Bosque Seco Tropical de Colombia, Insumos para su Gestión. En: Pizano, C y García, H (Eds) *Bosque Seco Tropical en Colombia*. Instituto de Investigaciones Alexander von Humboldt. (Pg. 229- 230) Bogotá D.C. Colombia.
- Gentry, A.H. (1988). Changes in plant community Diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals of Missouri Botanical Garden*, 75(1), 1-34.
- Giorgis, M., Cingolani, A. and Cabido, M. (2013). El efecto del fuego y las características topográficas sobre la vegetación y las propiedades del suelo en la zona de transición entre bosques y pastizales de las sierras de Córdoba, Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 48 (3-4), p.10.
- GÓMEZ F, D. (2015). Evaluación De La Eficiencia Del Maní Forrajero. En *El Mejoramiento De La Calidad De Suelos, En Condiciones De Competencia En Un Arreglo Agroforestal Sin Manejo Agronómico*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Escuela de Ciencias Agrarias Pecuarias y del Medio Ambiente. Acacias – Colombia.
- Gonzales, R. M., Issacs, P., García, H Y Pizano, C. (2014). Memoria Técnica para la Verificación en Campo del Mapa de Bosque Seco Tropical en Colombia. Escala 1:100.000, Programa de Biología de la conservación y Uso de la Biodiversidad. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
- González, O. J. and D. R. Zak. (1994). Geostatistical analysis of soil properties in a secondary tropical dry forest, St. Lucia, West Indies. *Plant Soil* 163: 45-54.

Gonzalez, R; García, H; Isaacs, P; Cuadros, H; Lopez, L; Rodriguez, N; Perez, K, Mijares, F; Castano, A; Jurado, R; Idarraga, A; Rojas, A, Vergara, H and Pizano, C. (2018). Disentangling the environmental heterogeneity, floristic distinctiveness and current threats of tropical dry forests in Colombia. *Environmental Research Letters*. (Vol. 13).

Gonzalez-Carranza, Z., Berrio, J. C. Hooghiemstra, H., Duivenvoorden, J. F. & Behling, H. (2008). Changes of seasonally dry forest in the Colombian Patia Valley during the early and middle Holocene and the development of a dry climatic record for the northernmost Andes. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 152(1–2), 1–10.

González-M, R., García, H., Isaacs, P., Cuadros, H., López-Camacho, R., Rodríguez, N., Pérez, K., Mijares, F., Castaño-Naranjo, A., Jurado, R., Idárraga-Piedrahíta, Á., Rojas, A., Vergara, H. Y Pizano, C. (1992). Disentangling the environmental heterogeneity, floristic distinctiveness and current threats of tropical dry forests in Colombia. *Environmental Research Letters*, 13(4), 045007. doi: 10.1088/1748-9326/aaad74

Grubb, P.J. A positive distrust in simplicity lessons from plant defence and from competition among plants and among animals. *Journal of Ecology* 80: 585-610.

Hammer, R.D (1998), Space and time in the soil landscape the ill-defined universe. Pp: 105-140. En D.L Peterson, y V.T Parker, editores, *Ecological Scale: Theory and application*. Columbia University press, USA.

Herrera, B. & B. Finegan. (1997). Substrate conditions, foliar nutrients and the distributions of two canopy tree species in a Costa Rican secondary rain forest. *Plant and Soil* 191: 259-267.

Hoekstra, J. M., Boucher, T. M., Ricketts, T. H. & Roberts, C. (2005), Confronting a biome crisis: global disparities of habitat loss and protection. *Ecology Letters*, 8, 23–29.

Hoekstra, J., Boucher, T., Ricketts, T., Roberts, C., (2005). Confronting a biome crisis: global disparities of habitat loss and protection. *Ecology Letters* 8, 23–29.

Holdridge, L. (1967). *Life Zone Ecology*, Photographic supplement prepared by, J.A. Tosi J., rev. Ed. San Jose, Costa Rica. Tropical Science Center.

- Houghton, R.A., Lefkowitz, D.S., Skole, D.L., 1991. Change in the landscapes of Latin America between 1850 and 1985. *Forest Ecology and Management* 38, 143 – 172.
- Hudson, B. (1994). Soil organic matter and available water capacity. *J. Soil Water Conserv.* 49:189-194.
- Huston, M. 1980. Soil nutrients and tree species richness in Costa Rican forests. *J. Biogeogr.* 7: 147-157.
- Huston, M.A. (1997). Hidden treatments in ecological experiments: re-evaluating the ecosystem functions of Biodiversity. *Oecologia*.
- Hyvönen. H y Orama. M (2003). Studies on biodegradable chelating ligands: complexation of iminodisuccinic acid (ISA) with Cu(II), Zn(II), Mn(II) and Fe(III) ions in aqueous solution, *Green Chemistry*, Vol 4, 2003.
- IDEAM, 2010. Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D. C., 72p.
- IDEAM, (2010). Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D. C., 72p.
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. (2014). Informe Nacional sobre el estado de la Biodiversidad Colombia Tomo I. Bogotá D.C., Colombia.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2009). Mapa de suelo departamento del Cauca. Hoja No: 386, 387, 363, 364 y hoja anexo leyenda general de suelos.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (1999). Paisajes Fisiográficos de Orinoquía Amazonía. En revista: *Análisis Geográficos* N° 27-28, 361 p. Island Press. Washintong. DC. EEUU.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (1992). Cauca, características geográficas. Santafé de Bogotá. 159 pp.
- Murillo-A, C. Polanía, y A. León-P. (2008). "Los helechos y licófitos de la región del Guavio", *Biota Colombiana*, vol. 9, pp. 63-76, 2008.
- J.E. (2006). A global overview of the conservation status of tropical dry forests.

- Janzen, D. H. (1988). Management of habitat fragments in a tropical dry forest: growth. *Annals of Missouri Botanical Garden* 75: 105-116.
- Jaramillo, V.J. A, Martinez Yrizar Y R.L . Sanford, Jr. (2011). Primary productivity and biogeochemistry of seasonally dry forests. Paginas 109-128 en R. Dirzon H.S, Jordan, C.F. 1985. Soils of the Amazon rainforest. Pp. 83-94 en G. T. Prance & T.E. Lovejoy, editores. Amazonia. Pergamon Press, USA.
- Kass, D. (1996). Fertilidad de suelos (p. 272). San José: EUNED *Journal of Biogeography*, 33, 491-505.
- Kauffman, J.B., D.L. Cummings & D.E. Ward. 1998. Fire in the Brazilian Amazon: biomass, nutrient pools and losses in cattle pasture. *Oecologia* 113: 415-427.
- Kay, B.D., Da Silva. A.P, and Baldock J.A. (1997). Sensitivity of soil structure to changes in organic C content: predictions using pedotransfer functions. *Can. J. Soil Sci.* 77:655-667.
- Killen, T. J., A. Jardim, F. Mamani, y N. Rojas. (1998). Diversity, composition and structure of a tropical semideciduous forest in the Chiquitania región of Santa Cruz, Bolivia. *Journal of tropical Ecology* 14:803-827.
- Krebs, C.J., 1994. *Ecology, the Experimental Analysis of Distribution and Abundance*. Harper Collins.
- Kursar, T. A., Wright. S. J. y Radulovich. R. (1995). The effects of the rainy season and irrigation on soil water and oxygen in a seasonal forest in Panamá. *Journal of Tropical Ecology*.
- Laguna, D. (2012). Propuesta de clasificación de cobertura vegetal y uso del suelo 2012. Programa conjunto de las Naciones Unidas para la reducción de emisiones provenientes de deforestación y de degradación de los bosques en Panamá.
- Lal, R., A.A. Mahboubi, and N.R. Fausey. (1997). Long-term tillage and rotation effects on properties of a Central Ohio soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57:517-522.

- Bissonnai. Y y Arrouays. D. (1997). Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodability: II. Application to humic loamy soils with various organic carbon contents. *Eur. J. Soil Sci.* 48: 39-48.
- Leigh Jr., E.G., P. Davidar, C.W. Dick, J.P. Puyravaud, J. Terborgh, H. ter Steege & S.J. Wright. (2004). Why do some tropical forests have so many species of trees? *Biotropica* 36: 447-473.
- LEITNER, W.; TURNER, W.R., (2001). Measurement and analysis of biodiversity, pp. 123-144. En: *Encyclopedia of Biodiversity*, Volume 4. Ed. S.A. Levin. Academic Press. Princeton.
- Leiva, J., Rocha, O., Mata, R. and Gutiérrez-Soto, M..(2008). Cronología de la regeneración del bosque tropical seco en Santa Rosa, Guanacaste, Costa Rica. II. La vegetación en relación con el suelo. *Revista de Biología Tropical*, 57(3), pp.10-11.
- Linares-P. R., Kvist, L.P., AguirreMendoza, Z., Gonzales-Inca, C. (2010). Diversity and endemism of woody plant species in the Equatorial Pacific seasonally dry forests. *Biodiversity and Conservation* 19:169-185
- López G. A y Williams L. G. (20066). Evaluación de métodos no paramétricos para la estimación de riqueza de especies de plantas leñosas en cafetales *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, núm. 78, pp. 7-15 Sociedad Botánica de México Distrito Federal, México
- Luis Roberto. (2016) Análisis De La Vegetación Sucesional En Un Fragmento De Bosque Seco Tropical En Toluviejo-Sucre (Colombia) *Colombia Forestal*, vol. 19, núm. 1, pp. 23-40 Universidad Distrital Francisco José de Caldas Bogotá, Colombia.
- Maćkiewicz, A. and Ratajczak, W. (1993). Principal components analysis (PCA). *Computers & Geosciences*, 19(3), pp.303-342.
- MADS. Ministerios de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012). Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y Sus servicios Ecosistémicos (PNGIBSE). Bogotá. MADS, Pg. 134.
- Marín, E. (1979). Definiciones y parámetros de variables edafológicas. Managua: IICA.
- Martínez H, Eduardo, Fuentes E, Juan Pablo, & Acevedo H, Edmundo. (2008). CARBONO ORGÁNICO Y PROPIEDADES DEL SUELO. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, 8(1), 68-96. h

- Martins, K., Marques, M., dos Santos, E. and Marques, R. (2015). Effects of soil conditions on the diversity of tropical forests across a successional gradient. *Forest Ecology and Management*, 349, pp.4-11.
- Mazo, N. A, Rubiano. J. E y Castro. A. (2016). "Sistemas agroforestales como estrategia para el manejo de ecosistemas de Bosque seco Tropical en el suroccidente colombiano utilizando los SIG". *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía* 25 (1): 65-77.
- McLaren, K. P. & M. A. McDonald. (2003). The effects of moisture and shade on seed germination and seedling survival in a tropical dry forest in Jamaica. *Forest Ecology and Management* 183: 61-75.
- Mendoza, J y Jiménez, E. (2010). Estructura de la Vegetación, Diversidad y Regeneración Natural de Árboles en Bosque Seco en la Comuna Limoncito-Provincia de Santa Elena. Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL). Guayaquil, Ecuador.
- Mendoza. H.C. (1999). Estructura Y Riqueza Florística Del Bosque Seco Tropical En La Región Caribe Y El Valle Del Río Magdalena, Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. *Caldasia*, Vol. 21, No. pp. 70-94.
- Mendoza-C., H. (1999). Estructura y riqueza florística del bosque seco tropical en la región Caribe y el valle del río Magdalena, Colombia. *Caldasia*, 21(1), 70-94.
- Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2019). Resolución 0960 de 2019. República de Colombia
- Miles, L., Newton, A.C., DeFries, R.S., Ravillious, C. May, I., Blyth, S., Kapos, V. & Gordon, Miglietta, S. (1994). Patrón de ocurrencia de fuegos y su efecto sobre la vegetación en el bosque Serrano de Córdoba. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina.
- Molina E. (1999) Fertilización y nutrición de naranja en Costa Rica (pp. 291-304). XI Congreso Nacional Agronómico y III Congreso Nacional de Suelos, San José, Costa Rica.
- Montaño, L. and Roa Bustamante, J. (2012). Estado de conservación de los bosques secos de la provincia de Loja, Ecuador. *Arnaldoa*, 24(1).

- Morell. P. F y Hernández. J. A. (2008). Degradación de las propiedades agrobiológicas de los suelos ferralíticos rojos lixiviados por la influencia antrópica y su respuesta agroproductiva al mejoramiento. *Agronomía Tropical*. Vol.58. No: 4.
- Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 pp.
- Muñoz, G. S y Toirá. F. L. (2013). Universidad de Valladolid. Escuela Universitaria de Ingenierías Agrarias.
- Muñoz. J; Erazo. S; Armijos. D. (2014). Composición florística y estructura del bosque seco de la quinta experimental “El Chilco” en el suroccidente del Ecuador. *CEDAMAZ*. Vol. 4, No. 1, P: 53 – 61.
- Murphy P. G. y A. E. Lugo. 1986. Ecology of tropical dry forest. *Annals Review of Ecology and Systematics*.17:67-68.
- Murphy, P. G., y A.E Lugol. 1986. Ecology of Tropical dry forest. *Annual Review, Ecology and Systematics* 17: 67-88
- Navarro G G, Navarro G. (2003). *Química Agrícola*. Ediciones Mundi- Prensa, Madrid, 2003, pp 261-303
- Navarro. B. A; Figueroa S. B; Ordaz C. V y González C.F. (2000) Effect of Tillage on Soil Structure and on Germination and Development of Corn and Beans. *Terra Latinoamericana*, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México. Pag. 61-69. vol. 18, núm. 1.
- Olascuaga. D y Mercado. J. G. (2016) "Análisis de la vegetación sucesional en un fragmento de bosque seco tropical en Tolviejo-Sucre (Colombia)", *Colombia Forestal* vol. 19, pp. 23-40.
- Oliveira-Filho, A. T., N. Curi, E. A. Vilela, and D. A. Carvalho. 1998. Effects of canopy gaps, topography, and soils on the distribution of woody species in a Central Brazilian deciduous dry forest. *Biotropica* 30: 362-375.
- Organizacio de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura. 2015. Año Internacional de los Suelos. [online] Disponible en: <http://www.fao.org/soils-2015/news/news-detail/es/c/287559/> [Visto 16 Mar. 2018].
- Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentacion. (2001). Situación de los bosques del mundo 2001. FAO, Roma, 131 p.

- Orozco, R; Muñoz, R. (2011). Efecto de abonos orgánicos en las propiedades químicas del suelo y el rendimiento de la mora (*Rubus adenotrichus*) en dos zonas agroecológicas de Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. Vol. 25, N° 1.
- Parques Nacionales Naturales. (2015). Resumen Sitios prioritarios para conservación-Reserva Temporal de Recursos Naturales Ámbito de Gestión Nacional – SPNN. Datos Generales Sitios prioritarios de PNN.
- Paruelo, J.M; Guerschman, J.P; Piñeiro, G; Jobbágy, E.G;Verón, S.R; Baldi, G y Baeza, S. 2006. Cambios en el uso de la tierra en argentina y uruguay: marcos conceptuales para su análisis. *Agrociencia*. Vol 10. No2. Pag47-61.
- Pennington, R. T., G. P. Lewis, y J.A. Ratter. 2006. An overview of the plant diversity, biogeography and conservation of neotropical savannas and seasonally dry forest. Pages 1-30 en R.T. Pennington, G. P. Lewis, y J.A Ratter, editores. *Neotropical Savannas and Seasonally Dry Forest*. CRC.
- Pennington, R. T., Lavin, M., & Oliveira-Filho, A. (2009). Woody Plant Diversity, Evolution, and Ecology in the Tropics: Perspectives from Seasonally Dry Tropical Forests. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 40(1), 437-457.
- Pennington, R.T., Lavin, M. & Oliveira-Filho, A. (2009). Woody plant diversity, evolution, Peña-Venegas, C., Cardona, G., Arguelles, J. and
- Arcos, A. 2017. Micorrizas arbusculares del sur de la Amazonia colombiana y su relación con algunos factores fisicoquímicos y biológicos del suelo. Pérez, Aridio, Céspedes, Carlos, & Núñez, Pedro. (2008). Caracterización física-química y biológica de enmiendas orgánicas aplicadas en la producción de cultivos en república dominicana. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, 8(3), 10-29.
- Peris. M. M. (2006). Estudio de metales pesados en suelos bajo cultivos hortícolas de la provincia de castellón. Universidad de valencia. Servei de Publicacions.
- Pinto. I, Martins. S, Barros. S, Carlos. N, Díaz. T, and Kunz. H. (2007). Influence of environmental variables on the shrub and tree species distribution in two Semideciduous Forest sites in Viçosa, Minas Gerais, Brazil. *Revista de Biología Tropical*, 56(3).

- Pizano, C. (2017). Especial Bosque Seco Tropical. Novedades Colombianas. Museo de Historia Natural. Universidad del Cauca. Vol.2. No1.
- Pinzón, A. y Amézquita, E. 1991. Compactación de suelos por el pisoteo de animales en pastoreo en el piedemonte amazónico de Colombia. *Pasturas Tropicales*, 13(02), pp.21-26.
- Pizano C, González R, López R, Jurado R, Cuadros H, Castaño A, Rojas A, Pérez K, Vergara H, Idárraga A, Isaacs P y García H. 2015. Bosque Seco Tropical en Colombia: Distribución y estado de Conservación.
- Pizano, C., González-M., R., González, M. F., Castro-Lima, F., López, R., Rodríguez, N., Idárraga-Piedrahita, A., Vargas, W., Vergara-Varela, H., Castaño-Naranjo, A., Devia, W., Rojas, A., Cuadros, H. y
- En Gómez, M.F., Moreno, L.A., Andrade, G.I. y Rueda, C. (Eds.) (2017). *BIO Diversidad 2015: Estado y Tendencia de la Biodiversidad Continental en Colombia*. Instituto Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C.Colombia.
- Pizano C., Cabrera M, García, H. 2014 Bosques seco tropical en Colombia; Generalidades y contexto. En Pizano, y H. García (Editores). 2014. *El Bosque Seco Tropical en Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D.C., Colombia.
- Pizano, C., Gonzáles, R., Lopéz, R., Jurado, R.D., Cuadros, H., Castaño, A., Rojas, A., Perez, Karen., Vergara, H., Idárraga, A., Isaacs y Garia, H. 2016. El bosque seco tropical en Colombia. Gómez, M.F., Moreno, L.A., Andrade, G.I. y Rueda, C. (Eds.) 2016. *Biodiversidad 2015. Estado y tendencias de la Biodiversidad de Colombia*. Instituto Alenxander von Humboldt. Bogotá. D.C., Colombia.
- Toro. J. L. (2014). Las plantas de los bosques secos de Colombia. En Pizano C. y H. García (editores) *El Bosque Seco Tropical en Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogota. D.C. Colombia.
- Plan de Ordenamiento Territorial. (2016). CRC.
- PNUD. 2000. Evaluación rápida de las capacidades nacionales para el manejo de la degradación de suelos en Colombia. Bogotá D.C., Colombia.
- Porta, J., M. López-Acevedo y C. Roquero. (1999). *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Mundi-Prensa. Madrid, España. 849 pp

- Portillo-Quitero, C.A., y G.A Sanchez Azofeifa. (2010). Extent and conservation of tropical dry forests in the Americas .*Biological Conservation* 143: 144-155.
- Quesada, M., Sanchez-Azofeifa, G.A., Alvarez-Anorve, M., Stoner, K.E., Avila-Cabadilla, L., Calvo-Alvarado, J., Espirito-Santo, M.M., Fagundes, M., Fernandes, G.W., Gamon, J., Lopezaraiza-Mikel, M., Lawrence, D., Cerdeira Morellato, L.P., Powers, J.S., Neves, F.S., Rosas-Guerrero, V., Sayago, R. & Sanchez-Montoya, G. (2009). Succession and management of tropical dry forests in the Americas: Review and new perspectives. *Forest Ecology and Management*, 258, 1014–1024.
- Patiño. R y O. Rangel, (2011). "Estudio de caso. La vegetación boscosa en la estación de primates Coloso -Sucre", in *Colombia diversidad biótica* XI. Patrones de la estructura y de la riqueza de la vegetación en Colombia, O. Rangel-Ch, Ed., Bogotá: Universidad Nacional de Colombia (Sede Bogotá) Facultad de Ciencias Instituto de Ciencias Naturales, pp. 253-268.
- Ramírez. P. B. (1995) Principios y metodos en ecologia vegetal. UNICAUCA - ICFES - SED - BID - ACCB- CRC.
- Ramírez, E. (2000). Efectos de la adición de agua residual tratada y no tratada en las dinámicas del carbono y el nitrógeno y sus características en los suelos de distrito de riego 03 de Tula, Hidalgo. Tesis de Maestría. Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados Instituto Politécnico Nacional, México.
- Ramírez P, B, Macias. D y Varona B, G. (2015). Lista comentada de plantas vasculares del valle seco del río Patía, suroccidente de Colombia. *Biota Colombiana*. 16. 1-50.
- Rangel-Ch, J.O., Lowy, P., Aguilar, M. (1997). Distribución de los tipos de vegetación en las regiones naturales de Colombia. Aproximación inicial. En J.O. Rangel-Ch, Lowy-C, P., Aguilar-P, M. (eds.). *Diversidad Biótica II. Tipos de Vegetación en Colombia* (pp. 403-436). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia- Instituto de Ciencias Naturales, Instituto de hidrología, Meteorología y estudios Ambientales (IDEAM)-Ministerio del Medio Ambiente, Comité de Investigaciones y Desarrollo Científico-CINDEC.U.N, Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
- Ratter, J.A., G. P. Askew R.F. Motgomery y D.R. Gifford. 1978.Observation of vegetation of Northern Mato Grosso. II. Forests and soils of the Rio Sua-

- Rodríguez, A; Mora, E. O; Jiménez, A P; González, J. T; Yerena, M. A; Martínez, J. I; & González, L. E. (2015). Composición y diversidad del matorral desértico rosetófilo en dos tipos de suelo en el noreste de México. *Acta botánica mexicana*, (110), 105-117.
- Russell, A.E., J.W. Raich, O.J. Valverde-Barrantes & R.F. Fisher. (2007). Tree species effects on soil properties in experimental plantations in tropical moist forest. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 71: 1389-1397.
- Salamanca J., A; Sadeghian KH., S. (2005). Densidad aparente y su relación con otras propiedades del suelo de la Zona cafetera colombiana. *Cenicafé*. pg 381-397.
- Sánchez. P.A. (1981). Suelos del trópico, características y manejo. Instituto interamericano de cooperación para la agricultura, San José, Costa Rica. Pág 192-190, 660
- Sánchez-Azofeifa, A., Kalacska, M., Quesada, M., Calvo-Alvarado, J., J., & Rodríguez, J. 2005. Need for integrated research for a sustainable future in tropical dry forests. *Conservation Biology*, 19(2), 1-2.
- Sanmartín-Sierra, Danny Rafael, Angarita-Hernández, Diego Fernando, & Mercado-Gómez, Jorge D. (2016). Estructura y composición florística del bosque seco tropical de Sanguaré-Sucre (Colombia). *Ciencia en Desarrollo*, 7(2), 43-56.
- Santiago, L.S., K. Kitajima, S.J. Wright, y S.S. Mulkey. (2004). Coordinate changes in photosynthesis, water relations and leaf nutritional traits of canopy trees along a precipitation gradient in lowland tropical forest. *Oecología* 139: 495-502.
- Schlesinger WH, Reynolds JF, (1990). Cunningham GL, Huenneke LF, Jarrell WM, Virginia RA, Whitford WG. Biological feedbacks in global desertification. *Science* 247:1043– 1048.
- Seabrook, L., McAlpine, C., Fensham, R. (2007). Spatial and temporal analysis of vegetation change in agricultural landscapes: A case study of two brigalow (*Acacia harpophylla*) landscapes in Queensland, Australia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 120, 211-228.

- Seguel. S.o; García. G. V y Casanova. P. M. (2003). Changes in soil physical properties over time after the addition of organic amendments. *Agricultura Técnica*. vol.63 no.3
- Silva. M. F. (2001). Fertilidad de suelos Diagnóstico y control. Segunda Edición. Publicación de la Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Bogotá, D.C., Colombia.
- Smith, C.K., H.L. Gholz & F. de Assis. (1998). Soil nitrogen dynamics and plant- induced soil changes under plantations and primary forest in lowland Amazonia, Brazil. *Plant and Soil* 200: 193-204.
- Sollins, P. 1998. Factors influencing species composition in tropical lowland rain forest: does soil matter? *Ecology* 79: 23-30.
- Soriano, P.J. Y A. Ruiz. (2003). Arbustales xerófilos. Páginas 696-715 en M. Aguilera, A. Azocar y E. Gonzalez, editores. Biodiversidad en Venezuela. Leipzig Alemania, Alemania
- Srivastava. S. C. and Singh. J. S. (1991). C, N and P in Dray Tropical Forest soils: Efects of Alternate land- uses land uses and Nutrient Flx Singh. Department of Botany, Banaras Hindu University, UP, India.
- Tamura. K, Nagatasuka y Oba. (1990). Effect of ecosystem development on soil micromorphology-ecological studies of andosoles in Central Japan. *Transactions 14th International Congress of soil science* . VII: 250-255.
- Thiago F.L.V.B. Rangel, Bini, L. M., Diniz_Filho, Plaza, M., Carvalho, P., Bastos, R. (2007). Human development and biodiversity conservation in Brazilian Cerrado. *Applied Geography*, 27, 14-27.
- Thompson, L., Troeh, F. (1980). Los suelos y su fertilidad. Editorial Reverté. Pág. 424, 425
- Torrez Benitez. A.J; Esquivel H. E y Tinoco F. (2017). Composición física y química de los suelos fluviovolcánicos de Armero Tolima, Colombia. *Ciencias de la Tierra*. Universidad de Ibagué, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia.

- UNEP. (1994) United Nations Convention to Combat Desertification in those countries experiencing serious drought and/or desertification, particularly in Africa. Text with annexes. United Nations Environment Programme for the Convention to Combat Desertification (CCD), Interim Secretariat for the CCD, Geneva, 71p.
- Uslar, Ynes V., Mostacedo, Bonifacio, & Saldias, Mario. (2004). Composición, estructura y dinámica de un bosque seco semideciduo en Santa Cruz, Bolivia. *Ecología en Bolivia*, 39(1), 25-43.
- Vargas. R., y E. B. Allen. (2008), Biomass and carbón accumulation in a fire chronosequence of a seasonally dry tropical forest. *Global Change Biology* 14 : 109-124.
- Vergara V. H y Torres H. P. (2017). Aspecto generales del Valle de Patía. *Novedades Colombianas*. Museo de Historia Natural. Universidad del Cauca. ISSN 0121- 3520. Vol II. No I.
- Vergara Varela, H. (2015). Patrones de la vegetación y tipos de uso de la tierra en el valle del Patía. *Colombia forestal*, 18(1), 25-45.
- Vergara, H. (2014). Valle geográfico del río Patía. Pp: 79. En: Pizano, C. y H. García (Eds.). *El bosque seco tropical en Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia
- Villamil MB; NM Amiotti & N Peinemann. (1997). Pérdida de fertilidad física en suelos del sur del cardenal (Argentina) por sobrepastoreo. *Ci. Suelo* 15:102-104.
- Villareal, H., M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina Y A.M Umaña. (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. Bogotá, Colombia. 236.p
- Vivas, O.M., Martínez B. R. (2009). Capítulo I. Generalidades. Gómez Guzmán. I.D., Cárdenas Contreras. M.A., Pinzón Daza. G., Serna Giraldo. J., Rey Martínez. D.I., Arias Duarte. L.P., Agudelo Padilla. I.N., Trujillo Moya. J., Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento del Cauca / El Instituto. Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia.
- Westhoff, V. y E. van der Maarel. (1978). The Braun Blanquet approach. R.H. Whittaker, Wright, D.H., D.J. Currie, & B.A. Maurer. 1993. Energy supply and patterns of species richness on local and regional scales. Pp. 66-74 en R. E.

Ricklefs & D. Schluter, editores. Species Diversity in Ecological Communities. The University of Chicago Press, USA.

Young, H.A, Monney y Gceballos, editores. Seasonally Dry Tripical Forest.

Zilio. J. (2015). Aspectos De Calidad De Suelos Representativos Del Sur De La Provincia De Buenos Aires y Efectos De La Actividad Agropecuaria Sobre La Misma. Tesis De Magister En Ciencias Agrarias. Universidad Nacional Del Sur. Bahia Blanca. Argentina.

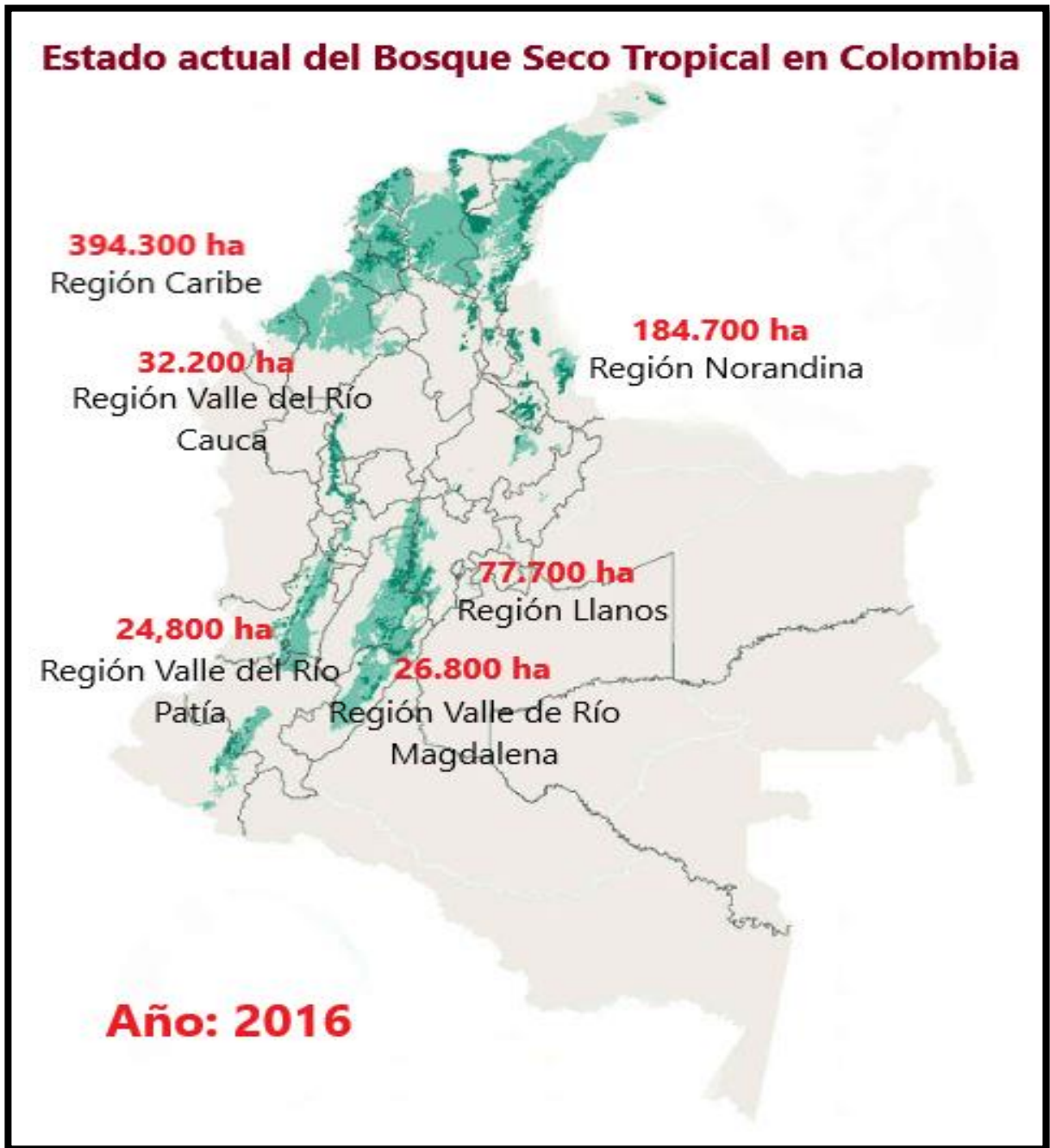
ANEXOS

Anexo A. Hoja de datos de campo Levantamientos Ecológicos - Paisajes transformados. Valle del Patía.

Localización			Fecha Día _____ mes _____ año _____		
Unidad cartográfica preliminar	Observadores		Altitud	Coordenadas: N _____ W _____	
	Terreno:				
Cobertura:	Relieve		Tipo de formación vegetal Bosque ripario Bosque seco denso Bosque seco abierto Matorral		
Geoforma/Posición topográfica en unidad de mapeo	Plano				
Laderas muy escarpadas	Casi plano..... < 2%				
Laderas escarpadas	Ondulado..... 2 - 7%				
Valle	Quebrado..... 7 - 13%				
	Colinado..... 13 - 20%				
	Muy disectado..... 20 - 55%				
	Montañoso..... > 55%				
DRENAJE Excesivo Bueno Moderado Imperfecto Pobre Muy pobre	EROSION		FUENTE AGUA		
	TIPO		Esorrentía _____		
	GRADO		Acuífero _____		
	Laminar		Irrigación _____		
	Surcos		ESCORRENTIA		
	Cárcavas		Muy rápida		
Reptación		Rápida			
Deslizamiento		Media			
Difusa		Lenta			
		Muy Lenta			
		INUNDACION/ENCHARCAMIENTO			
		Agente:			
		Escorrentía			
		Río			
		Lago			
		Duración: días _____			
		semanas _____			
		Meses _____			
SUELOS					
Horizonte	Prof. Efec. cm.	Textura	Estructura	Pedregosidad/Rocas	Formaciones especiales
SITIO DE MUESTREO			UNIDAD DE MAPEO		
	Altura	%Cob.	Spp. Dominantes	COBERTURA	
ARBOREO					
ARBUSTIVO				USO	
HERBACEO					
ESTRUCTURA DE LA VEGETACION - COMPOSICION FLORISTICA				USO - MANEJO	
PORCENTAJE DE COBERTURA					

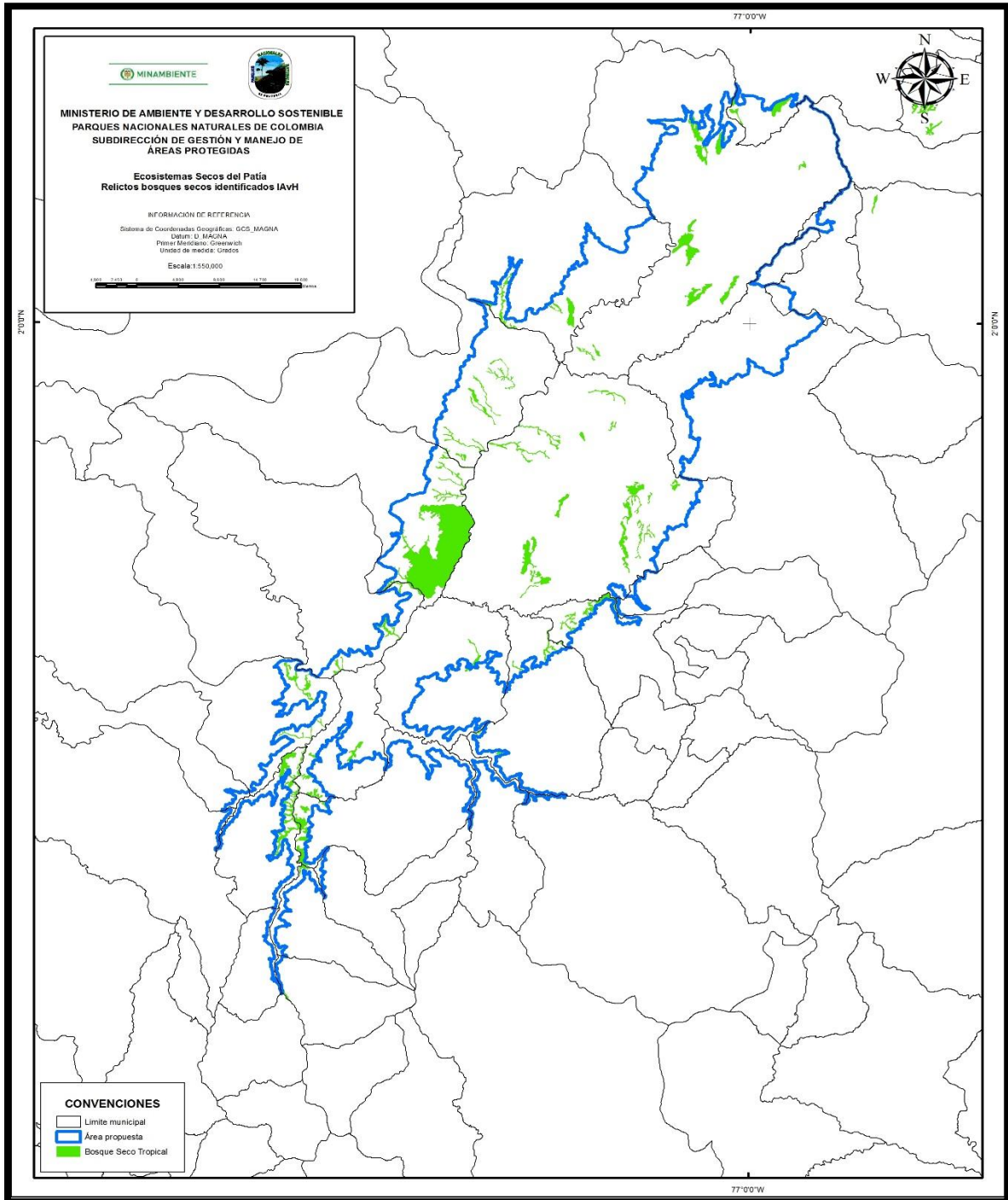
No.	ESPECIE	ALTURA	ARBOREO	ARBUSTIVO	HERBACEO	EPIFITOS	
						P/A	GANADERIA:
							Tipo:
							Pastos mejorados Vegetación (semi) natural
							% cobertura especies leñosas en potreros
							Manejo:
							Quemas (fecha, frecuencia, motivo)
							Excrementos n/100 m ²
							Pisoteo – Estrato herbáceo
							No. tocones
							AGRICULTURA
							Tipo (Perenne – Anual)
							Especies cultivadas
							% de cada cultivo
	No. Ha. totales	% No. Agricultura	Cultivos principales	Otros cultivos	No. Ha. pastoreo	No. Cabeza ganado por ha.	Tenencia: (Privado-arrendamiento)
USO VEGETACION NATURAL							Productos Bosque: (Intensidad)
Pastoreo:		Extracción Leña: Madera:				Orquídeas Musgos Medicinales	

Anexo B. Estado Actual Del Bosque Seco Tropical



Fuente: Rodríguez-Buriticá S., Corzo G., García H., Córdoba D., Isaacs P. y Etter A. (2016). Haciendo visible lo invisible. En: Gómez, M.F., Moreno, L.A., Andrade, G.I. y Rueda, C. (Eds). Biodiversidad 2015. Estados y Tendencias de la Biodiversidad Continental de Colombia. Instituto Alexander von Humboldt. Bogotá D.C.

Anexo C. Polígono de la propuesta de área protegida de Bosque Seco Tropical del Patía



Anexo D. Registro fotográfico.



Foto 1: Muestreo en campo y equipo de trabajo.



Foto 2: Colecta de datos en campo e identificación de la vegetación.

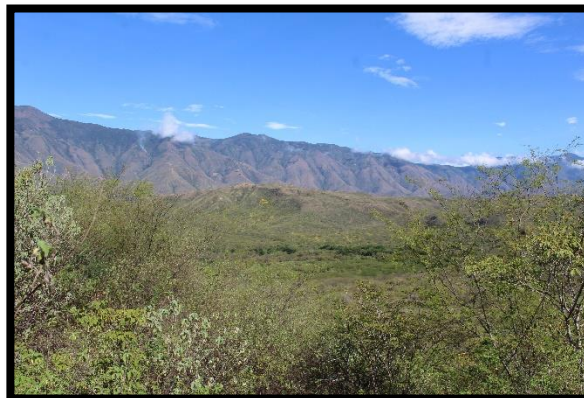


Foto 3: área de estudio



Foto 4: Trabajo de campo.



Foto 5. Muestreo de suelos.



Foto 6: Muestreo de vegetación.