

MONITOREO DE PLÁNTULAS EMERGENTES DEL BANCO DE SEMILLAS
GERMINABLES (BSG) EN ÁREAS FRAGMENTADAS DE PIEDEMONTE VECINAS A
VILLAVICENCIO Y SU RELACIÓN CON LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS
DEL SUELO



CARLOS ANDRÉS PÉREZ GARCÍA

JOHANNA ANDREA SABOGAL MORALES



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

INGENIERÍA AMBIENTAL

VILLAVICENCIO

2020

MONITOREO DE PLÁNTULAS EMERGENTES DEL BANCO DE SEMILLAS
GERMINABLES (BSG) EN ÁREAS FRAGMENTADAS DE PIEDEMONTE VECINAS A
VILLAVICENCIO Y SU RELACIÓN CON LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS
DEL SUELO

CARLOS ANDRÉS PÉREZ GARCÍA

JOHANNA ANDREA SABOGAL MORALES

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniería Ambiental

Director

RODRIGO ISAAC VELOSA CAICEDO

Biol.M.Sc.

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

INGENIERÍA AMBIENTAL

VILLAVICENCIO

2020

Autoridades Académicas

P. JOSÉ GABRIEL MESA ANGULO, O.P.

Rector General

P. EDUARDO GONZALEZ GIL, O.P.

Vicerrector Académico General

P. JOSÉ ANTONIO BALAGUERA CEPEDA, O.P.

Rector Sede Villavicencio

P. RODRIGO GARCÍA JARA, O.P.

Vicerrector Académico Sede Villavicencio

Mg. JULIETH ANDREA SIERRA TOBÓN

Secretaria de División Sede Villavicencio

YÉSSICA NATALIA MOSQUERA BELTRÁN

Decano Facultad de Ingeniería Ambiental

Nota de Aceptación

NATALIA MOSQUERA BELTRÁN

Decano de Facultad

RODRIGO ISAAC VELOSA CAICEDO

Director Trabajo de Grado

JORGE ELIECER PARDO MAYORGA

Jurado 1

ALFONSINA BOCANEGRA GOMEZ

Jurado 2

Villavicencio, Mayo de 2020

Primeramente, a Dios, por su protección y sabiduría, la cual me otorgó desde el primer hasta el último día de carrera universitaria, resguardándome de innumerables peligros y brindándome apoyo en los momentos difíciles, segundo a mis padres por darme la vida, apoyarme y acompañarme en todas las etapas de mi vida diaria, este sueño es suyo también, a mis hermanos por apoyarme siempre que los necesité.

Carlos Andrés

Primeramente a Dios. A mis padres y hermanas, quienes me brindaron todo su amor, apoyo incondicional, durante mi formación personal y profesional motivándome diariamente a ser mejor cada día, a Paula Rincón y Josué Hoyos, quienes compartieron conmigo una de las etapas más importantes para mi vida apoyándome y entregándome su amor.

Johanna Andrea

Agradecimientos

A Dios, por ser luz en nuestro camino y permitir que nuestros sueños se hagan realidad.

A nuestros padres, por su apoyo infinito e inmenso cariño reflejado en el esfuerzo y sacrificio que realizaron para que hiciéramos posible este sueño.

A nuestro director Rodrigo Velosa, por su acompañamiento, paciencia, guiarnos y compartir experiencias y conocimientos.

A todos y cada uno de los docentes de la institución, que nos brindaron sus conocimientos y experiencias para nuestra formación como profesionales íntegros.

Finalmente a nuestros compañeros y amigos que durante la carrera y desarrollo de este proyecto, nos acompañaron y aportaron con pequeñas cosas que ayudaron a construir este gran logro.

Johanna Andrea y Carlos Andrés

Tabla de contenido

Introducción	14
1 CAPITULO I	15
1.1 Planteamiento problema	15
1.2 Objetivos	17
1.2.1 Objetivo general	17
1.2.2 Objetivos específicos	17
1.3 Justificación	17
1.4 Alcance del proyecto	19
2 CAPITULO II	22
2.1 Antecedentes	22
3 CAPITULO III	25
3.1 Marco de Referencia	25
3.1.1 Marco Teórico	25
3.1.2 Marco Conceptual	26
3.1.3 Marco Legal	30
4 CAPITULO IV	33
4.1 Metodología	33
5 CAPITULO V	42
5.1 Resultados y Análisis	42
5.1.1 Composición de plántulas emergentes del BSG	42
5.1.2 Diversidad de especies (Beta)	48
5.1.3 Análisis físico-químico del suelo	58

5.1.4 Relación del BSG y características físico-químicas del suelo	63
Discusión y Recomendaciones	69
Conclusiones	71
Referencias Bibliográficas	72
Anexos	80

Lista de Tablas

Tabla 1 Fragmentos del áreas de estudio	33
Tabla 2 Especies de plántulas emergentes provenientes del BSG en el área de estudio.	42
Tabla 3 Índices de diversidad alfa en 13 transectos de estudio.	44
Tabla 4 Índices de diversidad. Para el fragmento N°1.	51
Tabla 5 Índices de diversidad. Para el fragmento N°2.	54
Tabla 6 . Índices de diversidad para el Fragmento N°3 área de bosque ubicada abajo del caño grande junto al condominio residencial el rincón de las lomas.	56
Tabla 7 pH de suelo de las tres áreas de fragmentos.	60
Tabla 8 Correlación de variables fisicoquímicas del suelo con el índice de Shannon y Matriz de correlación multivariada de estas del fragmento N°1.	63
Tabla 9 Correlación de variables fisicoquímicas del suelo con el índice de Shannon y Matriz de correlación multivariada de estas del fragmento N°2 (pH y humedad con relación positiva con la diversidad; densidad no está relacionada con diversidad; materia orgánica con relación negativa con diversidad).	64
Tabla 10 Correlación de variables fisicoquímicas del suelo con el índice de Shannon y Matriz de correlación multivariada de estas del fragmento N°3.	64
Tabla 11 Correlación de variables fisicoquímicas del suelo con el índice de Simpson y Matriz de correlación multivariada de estas del fragmento N°1.	65
Tabla 12 Correlación de variables fisicoquímicas del suelo con el índice de Simpson y Matriz de correlación multivariada de estas del fragmento N°2.	66
Tabla 13 Correlación de variables fisicoquímicas del suelo con el índice de Simpson y Matriz de correlación multivariada de estas del fragmento N°3.	66
Tabla 14 Correlación de variables fisicoquímicas del suelo con el índice de Margalef y Matriz de correlación multivariada de estas del fragmento N°1.	67
Tabla 15 Correlación de variables fisicoquímicas del suelo con el índice de Margalef y Matriz de correlación multivariada de estas del fragmento N°2.	68

Tabla 16 Correlación de variables fisicoquímicas del suelo con el índice de Margalef y Matriz de correlación multivariada de estas del fragmento N°3. _____68

Lista de figuras

<i>Figura 1 Mapa de distribución de las tres zonas a estudiar, Fragmento 1; Jardín Botánico(Amarillo), Fragmento 2; Playa rica (Naranja), Fragmento 3; Rincón de las limas(Rosado), que pertenecen al cinturón verde de piedemonte vecino a Villavicencio. Por: Pérez, C & Sabogal, J, 2020.</i>	20
<i>Figura 2 Diagrama de las fases de la metodología. 2019.</i>	33
<i>Figura 3. Distribución de abundancias (%) por hábito de crecimiento de plántulas del BSG.</i>	46
<i>Figura 4 Agrupamiento de transectos de muestreo según el índice de similitud de Bray-Curtis.</i>	48
<i>Figura 5 Curva de Rarefacción de las tres áreas de Fragmento (Jardín Botánico de Villavicencio, Playa Rica, Rincon de las Lomas)</i>	50
<i>Figura 6 Curva de rango-abundancia de las tres áreas de fragmento (Jardín Botánico, Playa Rica, Rincón de las Lomas)</i>	51
<i>Figura 7 Dendograma de especies para el fragmento N°1.</i>	53
<i>Figura 8 Dendograma de especies para el fragmento N°2.</i>	55
<i>Figura 9 Dendograma de especies para el fragmento N°3.</i>	57
<i>Figura 10 Porcentaje de Materia orgánica por método de titulación (W&B), fragmento 1, 2 y 3.</i>	61
<i>Figura 11 Porcentaje de Materia orgánica por método de calcinación, fragmento 1, 2 y 3.</i>	62

Resumen

El piedemonte Llanero es un ecosistema estratégico que presta importantes servicios ecosistémicos, en este se encuentra ubicada la ciudad de Villavicencio, que cuenta con un área conocida como el cinturón verde de la cual hace parte la reserva forestal de vanguardia, el jardín botánico de Villavicencio, playa rica y la parte superior del condominio residencial el rincón de las lomas. Debido a la expansión urbana y otras actividades antropogénicas se ha presentado problemas de fragmentación que comprometen la composición y diversidad del banco de semillas (BSG), a su vez, modificando la composición del suelo. El presente estudio realizó un monitoreo ex-situ durante un periodo de 4 meses de las plántulas emergentes provenientes del BSG en tres áreas fragmentadas con diferentes tamaños (fragmento N°1: 138,3 ha, fragmento N°2: 23,5 ha, fragmento N°3: 76,5 ha) y su relación con las características físico-químicas del suelo (pH, Textura, Color, humedad relativa, densidad aparente y porcentaje de materia orgánica). Para ello se realizaron transectos de 100 metros en cada uno de los fragmentos a estudiar, a partir de los cuales se recolectaron 84 muestras de suelo en total para vivero y 42 muestras para análisis de variables fisicoquímicas del suelo. Se realizó un conteo de plántulas por especie, monitoreando su crecimiento y comparación de la abundancia de plántulas emergentes con las variables fisicoquímicas del suelo entre los diferentes fragmentos con el fin de determinar de qué manera influye el tamaño del fragmento en el ecosistema de piedemonte. Los resultados de este estudio forman parte de la generación de línea base para el establecimiento de protocolos de restauración ecológica de áreas de piedemonte alteradas, incluyendo la conformación de un listado de plantas con potencial para la restauración de estos sitios.

Palabras clave: Suelo, Fragmentación, piedemonte, BSG, monitoreo

Abstract

The Piedmont Plains is a strategic ecosystem that provides important ecosystem services, in Villavicencio's located, which has an area known as the green belt of which it is part of the avant-garde forest reserve, the botanical garden of Villavicencio, Playa Rica and the sector of the residential condominium "Rincon de las Lomas". Due to urban expansion and other anthropogenic activities, it has presented fragmentation problems that compromise the composition and diversity of the seed bank (GSB), in turn, modifying the soil composition. The present study performed an ex-situ monitoring over a period of four months of emerging seedlings from the GSB in three fragmented areas with different size (Fragment N°1: 138,5 ha, fragment N°2: 23,5 ha, fragment N°3: 76,5 ha) and its relation with the physicochemical characteristics of the soil (pH, texture, color, humidity, apparent density and percentage of organic matter). To do this, analyze the 100 meter transects in each of the fragments to study. From which 84 soil samples will be collected in total for vivarium and 42 samples for analysis of physicochemical variables of the soil. A seedling count per species was performed, monitoring its growth, diversity and abundance of emerging seedlings with the physicochemical variables of the soil between the different fragments in order to determine how fragment size influences the piedmont ecosystem. The results of this study are part of the baseline generation for the establishment of ecological restoration protocols for altered areas of piedmont, including the formation of a list of plants with potential for the restoration of these sites.

Keywords: Fragmentation, Soil, Piedmont, GSB, monitoring.

Introducción

Las actividades antropogénicas, el uso y explotación de recursos naturales, generan problemas que deterioran la cobertura vegetal, en las áreas de piedemonte llanero vecinas a Villavicencio, provocando un problema de fragmentación ecosistémica, la cual tiene grandes efectos sobre el estado natural de las áreas verdes, generando cambios en la cobertura vegetal y transformando las áreas de bosque en pastizales. (*Cardona Cardozo & Vargas Ríos, 2004*), este cambio de cobertura afecta directamente al Banco de Semillas Germinables (BSG) presente en el suelo, por consiguiente, las especies de plantas presentes en el piedemonte y su población. (*Velosa Caicedo, Domínguez Guarín, & Romero Perdomo, 2018*).

El BSG es un fuerte indicador del estado natural de un área de bosque, debido a que en él se guardan las semillas que en un futuro germinarán para ser parte del ecosistema, estas semillas garantizan la sucesión ecológica de estos ecosistemas, ya que apoyaran en la población, intercambio genético, diversidad y otros factores que determinan el éxito a través del tiempo de un ecosistema, además de esto, las plántulas emergentes del BSG requieren de características ecosistémicas muy específicas para su correcto crecimiento, al ser el suelo la matriz donde éstas se encuentran, juega un factor muy importante, por ello se realiza un análisis de características fisicoquímicas en las diferentes zonas a medir, determinando los cambios y su influencia en el comportamiento del BSG.

En base a lo anterior un estudio del BSG ofrece la oportunidad de observar el comportamiento de las plántulas emergentes de un ecosistema con características tan específicas como el piedemonte llanero, el cual es fuente hídrica y regulador climático de la ciudad de Villavicencio, mediante la técnica de monitoreo ex-situ de tres fragmentos de diferente tamaño en el piedemonte de Villavicencio, haciendo estudios de diversidad mediante el uso de software como Past3 y Biodiversity Pro, calcular los índices de biodiversidad, entre otros.

1 Capítulo I

1.1 Planteamiento problema

El piedemonte en Villavicencio es considerado un ecosistema estratégico que presta servicios ambientales. La intromisión de los seres humanos sobre los paisajes bióticos con fines agrícolas y ganaderos han ocasionado graves problemas de fragmentación afectando la composición físico-química de los suelos y el banco de semillas germinables (BSG) produciendo una pérdida en la capacidad regenerativa del área (Lindner, 2009) Estas zonas de fragmentos presentan distintas presiones que comprometen la biodiversidad, abundancia, crecimiento, mortalidad, altura y estado fitosanitario del BSG y sus plantas emergentes, aspectos que están relacionados a la calidad del suelo y sus características fisicoquímicas como pH, textura, humedad relativa, porcentaje del orgánico, densidad aparente, pendiente y color, aunque dichas condiciones pueden variar según el tamaño del fragmento ya que el mismo influye en la vulnerabilidad del ecosistema (Gutiérrez, 2008).

Las semillas y las plántulas emergentes son un indicador de las condiciones presentes en un ecosistema, puesto que al presentar una alta vulnerabilidad a los factores que las rodean estas son claves para el estudio y monitoreo del ecosistema. Existe una relación intrínseca entre el tamaño del fragmento y lo saludable de su ecosistema in situ ya que entre menor sea su área, el efecto de borde y las influencias del exterior lo afectan en mayor medida ocasionando que las semillas presentes en el BSG no logren desarrollarse poniendo en riesgo la continuidad futura del ecosistema mismo en zonas muy alteradas por la influencia de la presión urbanística ocasionarían que las especies arbóreas sean cada vez más reducidas y las pocas semillas que logren germinar tengan una duración de vida muy corta causando una pérdida ecosistémica.(Universidad Nacional de Colombia. Departamento de Biología, 2012).

El Biólogo Msc en Ciencias Rodrigo Velosa comenta que “en los años 70-80, probablemente los disturbios se intensificaron debido a la extracción de árboles maderables y quemas superficiales para habilitar potreros para la ganadería, agricultura y urbanización, aunque actualmente los

usos del suelo están restringidos a usos de protección aún sigue presentándose zonas de invasión en la vecindad inmediata del sitio de estudio”(Anzola, 2018), especialmente causadas por barrios como Playa Rica, La Nohora, La Cuncia en la zona sur de la ciudad , La Azotea, Vereda Mesetas en la zona noreste de la ciudad por ejemplo el fragmento más grande se encuentra en el área del jardín botánico el cual perdió conexión total con la reserva de Buenavista. Teniendo en cuenta que el crecimiento poblacional de Villavicencio es de 2,2 %/Año, para el último censo (2015-2017), ya realizando una estimación de la población para el año 2019 está será de 528.511 habitantes. Debido al crecimiento exponencial de Villavicencio, se ha producido una expansión urbana, en donde, de los 446 que hay en la ciudad, 319 barrios son informales así demostrando una planeación urbana desordenada. (EDILBERTO, 2016).

La calidad de suelo ha cambiado debido a que se han perdido características físico-químicas de suma importancia para el ecosistema con aquellas actividades antrópicas que se han presentado en estos sectores generando erosión del suelo, remoción del horizonte O (materia orgánica que mantiene el suelo en condiciones adecuadas para germinación de semillas), en Villavicencio hay 583,61 ha amenazadas por remoción de suelo y 10,37 ha que se encuentran en riesgo. (POT Villavicencio meta - 2015, 2013).

Otro factor que se ve afectado es la distribución de semillas y al presentarse esto la recuperación vegetal se verá comprometida junto con los seres vivos que dependen de estos lugares fragmentados impidiendo que se reproduzcan con individuos de otras áreas haciendo que su diversidad genética sea menor y posiblemente causando una tasa de mortalidad más alta. (Izquierdo & Enciso, 2018).

El BSG representa un indicador poderoso del estado actual de un área de bosque en el piedemonte llanero ya que de este depende finalmente la sucesión ecológica, puesto que la cantidad de semillas que lleguen al suelo son obtenidas directamente de la presencia de vegetación y su dispersión, es importante reconocer la relación estrecha que existe entre las semillas y la diversidad de un ecosistema. (Zhang & Chu, 2013).

Dada la importancia del BSG en la permanencia de la vegetación y existencia del ecosistema de piedemonte surge la siguiente pregunta de investigación **¿cómo se relacionan las plántulas emergentes con las condiciones físico-químicas del suelo (Color, textura, pH, humedad, porcentaje de materia orgánica, densidad aparente) y qué cambios presentan las variables**

biológicas (abundancia, crecimiento, mortalidad, biodiversidad, altura,) del BSG con relación a los diferentes tamaños de cada uno de los tres fragmentos de piedemonte estudiados vecinos a Villavicencio, durante un periodo de 4 meses?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general.

Realizar el monitoreo de las plántulas emergentes del Banco de Semillas Germinable y su relación con las características físico químicas del suelo bajo condiciones de vivero como insumo para el establecimiento de protocolos de recuperación en áreas fragmentadas de piedemonte vecinas a Villavicencio.

1.2.2 Objetivos específicos.

- Calcular la abundancia, diversidad, crecimiento y altura de las plántulas emergentes del BSG mediante índices de diversidad.
- Determinar las variables físico-químicas del suelo en las muestras provenientes del BSG.
- Relacionar las variables del monitoreo con las variables de suelo mediante análisis de correlación.

1.3 Justificación

En la actualidad la ciudad de Villavicencio presenta un crecimiento exponencial en su población y urbanización, este crecimiento se ve reflejado en el uso del suelo que durante años ha sido transformado y adaptado para actividades agropecuarias y de expansión urbana informal, (*Aguilar-Garavito & Ramírez- Hernández, 2016*) esto ha generado graves problemas de fragmentación en la zona del piedemonte que compromete diversos factores ecosistémicos como el BSG, las

características físico-químicas del suelo y la cobertura vegetal. Proteger la gran riqueza ecosistémica que ofrece la ciudad de Villavicencio es un tema importante al ser catalogado como área de protección y restauración perteneciente al área de cinturón verde. (*Meta & Cap, 2015a*).

Realizar un monitoreo de las plántulas emergentes del BSG en estas zonas afectadas y el cómo este se relaciona con las características físico-químicas de suelo en fragmentos de diferentes tamaños ofrece la oportunidad de adquirir conocimiento e información que podrá ser utilizada para un protocolo de restauración y recuperación ecosistémica de zonas fragmentadas y así contribuir al desarrollo sostenible en los planes de desarrollo municipales. Además de ayudar en procesos de Regeneración natural siendo posible una valoración de la resiliencia de las áreas estudio, realizar un monitoreo ex-situ de plántulas emergentes ofrece la posibilidad de analizar específicamente las semillas que se encuentren presentes en el BSG descartando directamente otras producto de la lluvia de semillas o de transporte animal, recreando las condiciones naturales del ecosistema podemos observar como las plántulas del BSG responden a este durante su desarrollo.

El estudio de temas relacionados con el BSG, la fragmentación ecosistémica, su conservación y restauración ha sido un tema de crecimiento exponencial durante los últimos años, se resalta el estudio realizado por Hao Zhang en el 2013, el cual habla sobre un estudio del banco de semillas germinables en tres canteras diferentes de la provincia de Hong Kong en China (*Zhang & Chu, 2013*), en este estudio se analizaba la presencia y composición de especies en tres etapas diferentes de restauración en las canteras.

En Villavicencio se han realizado estudios referentes al tema del BSG y conservación de ecosistemas fragmentados, como el de Velosa Rodrigo en el 2018 en donde se evaluó el efecto de dos tipos de vegetación sobre la composición, densidad y diversidad del banco de semillas en un área de la Universidad Santo Tomás, Villavicencio, en este se comparó la composición florística, la densidad de plántulas emergentes, la riqueza y la diversidad alfa y beta de la comunidad en las dos áreas estudiadas (pastizal y bosque secundario). Sin embargo no se han realizado estudios que monitoreen las plántulas emergentes del BSG con las características físico-químicas del suelo en estas zonas de fragmento de la ciudad de Villavicencio, también cabe resaltar que no se han realizado estudios que contemplen tres zonas de fragmentos con diferentes tamaños en la ciudad como lo son el jardín botánico de Villavicencio, la zona verde en el barrio de playa rica y la universidad Santo Tomás y la zona ubicada detrás del condominio El rincón de

las lomas, estas son pertenecientes al cinturón verde de Villavicencio, el área total de estudio cubre casi toda la zona del piedemonte.

Durante el estudio del presente proyecto, se realizó el monitoreo de las plántulas emergentes provenientes de las tres áreas fragmentadas, con esto se analizó la relación existente entre la plántula y el tipo de suelo contemplando el tamaño de cada fragmento y cómo éste genera cambios en el mismo.

Por otro lado, las plántulas que emergieron del banco de semillas se utilizaron para restaurar áreas con parches de baja cobertura vegetal arbórea en las áreas estudiadas, aunque se tomaron en cuenta para esta actividad únicamente las especies de plantas que son consideradas árboles, para el fragmento N°1 se utilizó además la especie *socratea exorrhiza*.

1.4 Alcance del proyecto

El presente documento complementa el desarrollo del objetivo específico 3 del macro-proyecto de investigación “*Efectos de la fragmentación sobre la composición y diversidad del banco de semillas germinables en áreas de piedemonte vecinas a Villavicencio, Meta*”, desarrollado por el grupo de investigación GAUV bajo el liderazgo del docente Rodrigo I. Velosa C., actuando en calidad de auxiliares de investigación del mismo. El objetivo específico del mencionado macroproyecto se relaciona con la “identificación del tipo y cantidad de especies de plantas para la conformación de núcleos de restauración activa y/o pasiva de acuerdo a la abundancia de las mismas en el BSG”.

Esta investigación se llevó a cabo en tres áreas pertenecientes al cinturón verde de la ciudad de Villavicencio, dichas áreas se describen como fragmentos de piedemonte, las cuales son:

1. Fragmento N°1: Jardín botánico de Villavicencio con 138,3 ha.
2. Fragmento N°2: Área Playa rica con 23,5 ha.
3. Fragmento N°3: Área Junto al Condominio el Rincón de las lomas, al norte de Caño Grande con 76,5 ha.

Estas zonas corresponden a áreas de protección forestal e hídrica, el fragmento N°1 se encuentra en zona de preservación (*Meta & Cap, 2015b*).

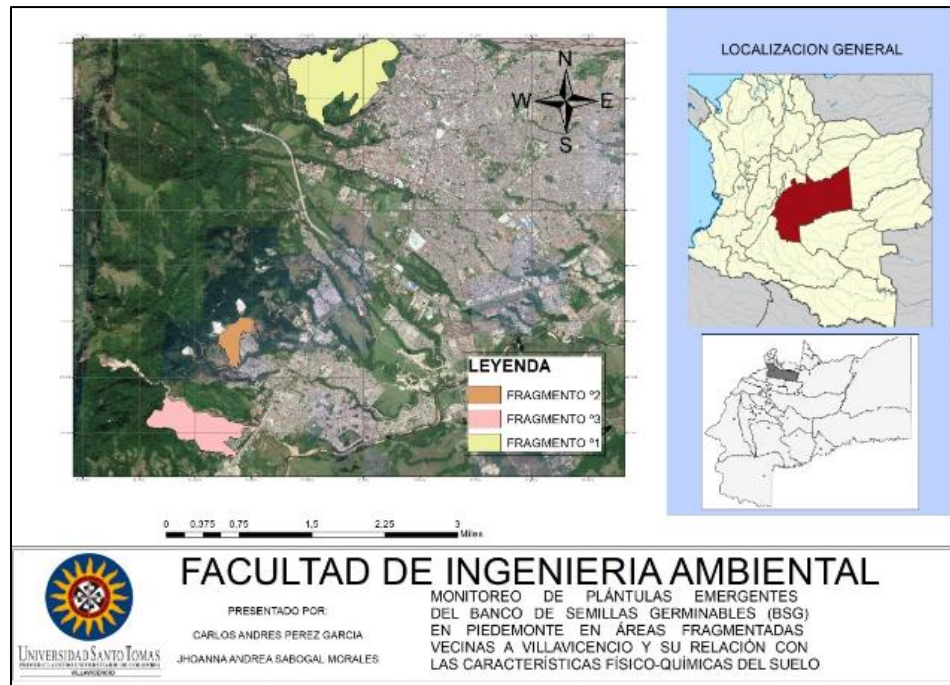


Figura 1 Mapa de distribución de las tres zonas a estudiar, Fragmento 1; Jardín Botánico (Amarillo), Fragmento 2; Playa rica (Naranja), Fragmento 3; Rincón de las limas (Rosado), que pertenecen al cinturón verde de piedemonte vecino a Villavicencio. Por Pérez, C & Sabogal, J, 2020.

El área de estudio se encuentra ubicada en el costado occidental de la cordillera Oriental, en la zona de piedemonte vecina a la ciudad de Villavicencio.

Según la clasificación climática de Holdridge, el área de estudio está ubicada entre las zonas de Bosque húmedo tropical (Bmh-T) y Bosque pluvial premontano (Bp-PM) (POT municipio Villavicencio, 2000). Según la clasificación de Caldas –Lang, en el área se presenta un clima súper-húmedo con un piso térmico cálido húmedo en la zona de mayor altitud y un clima cálido semi-húmedo en la zona más baja. La precipitación promedio es de 4.600 mm/año, con un régimen de distribución mono-modal, donde el periodo de mayor lluvia corresponde a los meses de abril – julio y el de estiaje a los meses de diciembre – marzo. La mayor parte de los suelos se derivan de areniscas y arcillolitas, son bien drenados, superficiales, muy poco fértiles y limitados por pedregosidad superficial y dentro del perfil (Velosa Caicedo, 2017).

El presente proyecto tuvo una duración de 7 meses (inició en julio y terminó en diciembre), se desarrolló en tres áreas del piedemonte vecino a Villavicencio (Jardín Botánico, Playa Rica y

Rincón de las Lomas), las cuales presentan fragmentos de diferentes tamaños, derivados de las actividades antropogénicas. Se monitorea las plántulas emergentes con el fin de analizar los índices de biodiversidad presentes y se estudió las características físico-químicas del suelo para analizar de qué manera pueden influir estas características en la composición del BSG.

En estas áreas se encuentra una cobertura de bosque secundario con algunos relictos de bosque primario, se caracteriza por ser una zona con pendientes leves para el fragmento N°1 y pendientes elevadas para los fragmentos N°2 y N°3, en las tres áreas de estudio es común la presencia de cuerpos hídricos de cuenca media y alta.

2 Capítulo II

2.1 Antecedentes

Existe una tendencia creciente en la investigación teórica y práctica por el tema de estudios con el BSG y su rol en la conservación de ecosistemas fragmentados siendo el 2018 el año con mayor cantidad de estudios.

El primer estudio del que se tiene registro es el de Mitchley, J. en 1998, el cual realiza una restauración de especies de pastizal en Gran Bretaña, en zonas afectadas por el pastoreo, teniendo como componente principal el BSG. En este estudio se registra el cambio de especies leñosas a pastizales debido a la actividad antropológica (*Mitchley, 1988*). En su estudio demuestra de qué manera las actividades agropecuarias generan cambios en la composición del BSG, que a largo plazo modifican casi en su totalidad la cobertura vegetal de las áreas afectadas.

Abbey, D.G.A. en su estudio de restauración del río Tangipahoa de 1988, recalca la importante afectación que generan las actividades agropecuarias en los ecosistemas ribereños, ocasionando graves problemas de fragmentación en áreas anteriormente boscosas. En este proyecto de restauración primeramente realizó un inventario del banco de semillas germinables y realizó procesos de control de erosión del suelo demostrando la relación intrínseca que existe entre el componente suelo y el BSG (*Abbey, 1988*).

Las afectaciones por actividades antrópicas usualmente abarcan distintas áreas de estudio, en procesos de restauración de áreas fragmentadas de distintas áreas es posible realizar comparaciones entre estas midiendo diferentes variables. Zhang, Hao y Chu, L.M. en 2013 evaluaron la contribución del BSG a la revegetación natural de tres canteras abandonadas durante diferentes años en Hong Kong - China, en donde midieron a modo de comparación las tres zonas, las variables como la diversidad, la dominancia, el número de individuos, densidad de semillas, mediante el estudio de plántulas emergentes en las áreas de estudio, determinaron las diferencias existentes a causa del estado actual de cada cantera, las cuales fueron abandonadas en diferentes años, haciendo que al momento de intervenirlas cada una presentara un grado diferente de afectación (*Zhang & Chu, 2013*).

En la línea de tiempo de Colombia existe un vacío de información respecto al tema del BSG y su uso en restauración de ecosistemas en relación a estudios de suelos, donde los estudios son realizados a partir del año 2007, por la universidad Nacional de Colombia y la Universidad Distrital. No obstante, hasta el periodo de 2015 a 2019 (Anexo 4.), se resalta el aumento de investigaciones respecto a este tema siendo la Universidad Santo Tomás y la Universidad Nacional de Colombia las mayores gestoras de estos proyectos.

En los llanos orientales, una región que ocupa 17 millones de Ha en actividades agropecuarias, han crecido exponencialmente durante los últimos 30 años ocasionando la ocupación de 7 millones de Ha, dicha cifra refleja cómo la actividad agrícola ha afectado ocasionando cambios en la cobertura vegetal de la región (*Abadía, 2007*).

En su artículo Cardozo A, y Vargas O. de 2004 dicen que las especies de plántulas emergentes provenientes del banco de semillas germinables son un reservorio de semillas en el suelo, no germinadas y que representa diversas especies, genotipos y fenotipos, las cuales son potencialmente capaces de reemplazar plantas adultas, según se den las condiciones de humedad, luz y temperatura para su germinación (*Cardona Cardozo & Vargas Ríos, 2004*). Por ello, si se desea realizar un monitoreo únicamente de las plántulas emergente del BSG, es necesario crear unas condiciones de vivero ex-situ que eliminen factores como la dispersión de semillas de origen animal, o el impacto de eventos exteriores a la investigación.

La mayoría de estudios referentes al BSG que se ha realizado en Colombia son en áreas de bosques Alto-andinos y páramos debido a la fragilidad de estos ecosistemas (*Cardona Cardozo & Vargas Ríos, 2004*). Pocos estudios se han realizado en áreas de Piedemonte llanero, siendo un ecosistema encontrado únicamente en la región de los llanos Orientales. En Villavicencio la expansión urbana ha ocasionado que en el BSG la composición de semillas tienda a ser mayormente de pastizales, esto depende directamente del grado de alteración y de la densidad de especies arbóreas que disminuyen su propagación de semillas, dando paso a la inclusión de coberturas resistentes al pastoreo, de esta manera, la dominancia de unas pocas especies del ecosistema original en el banco de semillas en zonas de influencia urbana, podría también afectar la recuperación de la vegetación y la dinámica del bosque en el largo plazo (*Velosa Caicedo et al., 2018*).

La fragmentación en los ecosistemas es uno de los mayores problemas que afronta el área de piedemonte en la ciudad de Villavicencio. Jarold Torres en su trabajo de grado en 2018 comenta

que los acelerados ritmos de fragmentación en las diversas coberturas vegetales, en algunos lugares del municipio se manifiestan de modo alarmante, ya que se presenta la transformación del paisaje a causa de las actividades agrícolas y expansión de infraestructura sobre el área urbana y rural (*Torres, 2018*) A su vez, genera cambios bióticos y abióticos la fragmentación sobre los ecosistemas que se convierten en parches remanentes segregados en una matriz de pastura, los cuales afectan la composición, diversidad, densidad, durabilidad, potencial de sucesión y mantenimiento de especies vegetales establecidas como emergentes (*Anzola, 2018*).

El uso del suelo es un factor muy importante en el estado de las coberturas vegetales, en el departamento del Meta, un 44 por ciento del territorio presenta conflictos de uso del suelo, los cuales generan afectaciones como la erosión, desertificación, compactación y demás procesos de degradación del suelo que perjudican directamente al BSG y su composición (*Izquierdo & Enciso, 2018*).

3 Capítulo III

3.1 Marco de Referencia

3.1.1 Marco Teórico.

Las actividades antropogénicas (Agropecuaria, urbanización, ganadería e infraestructura) han ocasionado en los ecosistemas un nivel de fragmentación alto, generando una alteración en estos (*Cardona Cardozo & Vargas Ríos, 2004*), haciendo el área más pequeña y aislándolos, provocando, a su vez, impactos paisajísticos, flora y fauna, y cambiando las diferentes propiedades físico-químicas y micro-climáticas. Por consiguiente, generando parches y que el proceso ecológico se deteriore, alterando los servicios que brinda y causando reemplazos de bosques nativos por bosques secundarios (*M.Baskin, 2014*).

Los bancos de semillas en el suelo son de suma importancia para la regeneración de los ecosistemas que se encuentran fragmentados, ya que aportan la conformación de los BSG, estos dependen del éxito de la dispersión de las semillas y la composición del terreno, influyendo en características como la diversidad y composición (*Lucía Montenegro & Vargas, 2007*). Tiene un papel importante el BSG en el mantenimiento de la diversidad ecológica, restauración y sucesión natural de la vegetación, a través de las plantas pioneras que son capaces de colonizar las zonas afectadas, contribuir a la protección y estabilización de los ecosistemas (*Henderson, Petersen, & Redak, 1988*).

En Colombia se han realizado estudios enfocados en la caracterización del BSG en diferentes ecosistemas, in-situ y ex-situ, por lo general primeramente se realiza una identificación de la zona a estudiar, seguidos de análisis en las variaciones de la diversidad alfa y beta, como indicadores de los estadios de perturbación (*Anzola, 2018*) (*Abadía, 2007*).

En el piedemonte de los llanos orientales los estudios del BSG son escasos. Los estudios de fragmentación que se realizaron se centran a nivel de biodiversidad y de plántulas emergentes. Sin embargo, el efecto que la fragmentación tiene sobre el BSG e influencia de sus tamaños sobre su dinámica recientemente se están conociendo (*Sousa et al., 2017*).

3.1.2 Marco Conceptual.

El **BSG** es un conjunto de semillas naturales que se encuentra almacenados en la zona superficial del suelo de un hábitat en un momento determinado. Existen diversos factores que determinan el potencial de crecimiento de las plántulas emergentes y del estado actual de los árboles presentes en un área, entre los más importantes se encuentra el **estado fitosanitario**, que expresa la condición de salud que guarda un árbol, como el vigor, color de su follaje y el marchitamiento ocasionado por daños inducidos, tanto físicos, antropogénicos, ambientales, o por el ataque de agentes patógenos. (*Procuraduría Ambiental del D.F, 2011*) que finalmente junto a otros factores de deterioro ecosistémica inducen a la **Fragmentación**, la cual está entendida como la división un ecosistema continuo y extenso, en compartimientos aislados y de menor tamaño (*Maurín Álvarez, n.d.*). Otros medios importantes para determinar el estado de un ecosistema y su potencial son los **Índices ecológicos**, son un método de medición que permite deducir la dinámica y las características del funcionamiento de los ecosistemas (*María, Calvo, & Díaz Varela, 2013*) así mismo, determinar la alteración de un ecosistema, comprender los cambios y composición de la diversidad en relación con la estructura del paisaje y monitorear los efectos de las actividades humanas, entre los índices a tener en cuenta durante esta investigación se tendrán en cuenta los siguientes. (*Moreno, 2001*).

El **suelo** recibe una cantidad grande de restos orgánicos de orígenes diferentes, como los restos de plantas que llegan al suelo, ya sea depositados en la superficie (hojas, ramas, flores, frutos) o quedan en la masa del suelo directamente (las raíces de las plantas al morir), y otras dos de suma importancia que son el plasma microbiano y restos de la fauna que habita allí. Basándonos en esto, la **materia orgánica del suelo** representa un sistema complejo, heterogéneo y dinámico con base de carbono, el cual está integrado por varios componentes parcial o completamente descompuestos en continuo estado de descomposición (*Soto & Melendez, 2003*).

Existen diversos temas para calcular el porcentaje de materia orgánica, sin embargo, los más relevantes son; el **Método de Walkley y Black**, el cual es el más utilizado en los laboratorios edafológicos, con este se estima el contenido de carbono orgánico total en una muestra de suelo, completo o alguna de sus fracciones, puesto que actúa sobre las formas más activas de carbono que hay en el suelo y no produce una oxidación completa de dichos compuestos (*Galvis, Inés, & González, n.d.*). Y el **Método de Calcinación** que es un proceso térmico, utiliza elevadas

temperaturas para alcanzar el punto de ignición de la materia orgánica presente en el suelo (*Ruiz & Becerra, 2016*).

Existen tres tipos de suelo, estos según la predominancia de la fracción textural que presentan; el **suelo arenoso** se compone principalmente por arena, las cuales son partículas de piedra, presenta en abundancia partículas gruesas que se pueden apreciar a simple vista y separarse fácilmente. Este se seca rápidamente en el aire y se satura con una cantidad de agua baja y no presenta adhesividad; el **suelo limoso** es material suelto con granos entre finos y arcillosos, puesto que es un sedimento incoherente transportado en suspensión por ríos y viento, el rasgo que más lo caracteriza es su suavidad en estado húmedo y apariencia talcosa en estado seco. No retiene agua por periodos prolongados y es adhesivo y poca plasticidad cuando se humedece; y el **suelo arcilloso**, que está principalmente compuesto por arcilla, silicato de aluminio hidratado. Está formado por partículas pequeñas y cohesivas que retienen una gran cantidad de agua y se convierte jabonoso, resbaloso y con una plasticidad alta al humedecerse, por lo contrario, al secarse quedan muy compactos y duros, son muy impermeables 7(*FAO, 2019*).

Pero estos tipos de suelo no solo se presentan en estado puro, en muchas ocasiones tienden a mezclarse y así darse las diferentes características de su textura; **textura arenosa**, suelo con las características del suelo arenoso; **Textura Franco-Arenosa**, suelo que presenta bastante arena pero que cuenta también con limo y arcilla, lo cual le otorga algo más de coherencia entre partículas; **textura Franca**, un suelo que tiene una mezcla relativamente uniforme, en términos cuantitativos, de los tres separados textuales. Se desmenuza fácilmente, además de bastante suave y ligeramente plástico; **textura Franco-Arcillosa**, es un suelo que presenta bastante arcilla pero que cuenta también con limo y arena; **textura Arcillosa**, constituye un suelo de textura fina que usualmente forma terrones duros quebradizos en estado seco y es muy plástico y pegajoso al mojarse (*FAO, 2019*).

- **Índice de Shannon**

Indica la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra, y mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a qué especie pertenece a un individuo tomado al azar

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

Ecuación 1 índice de Shannon

Dónde: S = número de especies (la riqueza de especies) Pi = proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i ($i(n_i/N)$))

- **Índice Simpson**

Considera la probabilidad que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes, pertenece a los índices basados en la dominancia y toma en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de las especies.

$$D = \sum (n/N)^2 \quad ; \quad D = \frac{\sum n(n-1)}{\sum N(N-1)}$$

Ecuación 2 índice de Simpson

Dónde:

n = el número total de organismos de una especie en particular; N = el número total de organismos de todas las especies.

El valor de D oscila entre 0 y 1, siendo 0 diversidad infinita, y 1 sin diversidad

- **Índice Margalef**

Es un índice de diversidad no paramétrico, que estima la biodiversidad de una comunidad con base a la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies en función del número de individuos existentes en la muestra analizada.

$$D_{Mg} = \frac{S-1}{\ln N}$$

Ecuación 3 índice de Margalef

Dónde:

S = número de especies

n = número total de individuos

- **Índice de Menhinick**

- Se basa al igual que el índice de Margalef, en la relación entre el número de especies y el número total de individuos observados, que aumenta al aumentar el tamaño de la muestra (Moreno, 2001). La ecuación (2) expresa el índice de Menhinick.

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

Ecuación 4 índice de Menhinick

Dónde:

S = número de especies

n = número total de individuos

- **Densidad aparente**

Se define como la masa de suelo por unidad de volumen, describe la compactación del suelo, representando la relación entre los sólidos y espacios porosos. La densidad aparente varía con la textura del suelo y el contenido de la materia orgánica. (Keller & Håkansson, 2010)

- **Porcentaje de Agua o Humedad del suelo**

La humedad del suelo o porcentaje de agua depende del clima, vegetación, profundidad del suelo y de las características y condiciones físicas del perfil. Se entiende por humedad o porcentaje de agua del suelo a la relación que existe entre la masa de agua presente en una muestra y masa de la muestra después que se ha secado. (Zotarelli, Dukes, & Morgan, 2019)

- **Suelos Oxisoles**

Son suelos minerales, se encuentran en las zonas tropicales cálidas y húmedas, que han sufrido procesos de lavado y meteorización, intensas o prolongadas lo cual posibilita que sean maduros estos suelos. (FAO - Naciones Unidas, 2011)

Los suelos Oxisoles se desarrollan en condiciones climatológicas donde hay un periodo de precipitación mayor que la evapotranspiración, en ciertos periodos del año. Son suelos donde predominan los óxidos de hierro y aluminio, con una capacidad de intercambio catiónico bajo

3.1.3 Marco Legal.

En este estudio el marco legal relacionado con la caracterización del banco de semillas se encontró los siguientes;

- ***Artículo 79 de la Constitución política de Colombia***

“Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La Ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines. (*Constitución política de Colombia, 1991*)

- ***Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB)***

Mediante la ley 165 de 1994 [27] Colombia entró en este convenio celebrado en la cumbre de Río de Janeiro en 1992, con los objetivos principales de:

- Conservación de biodiversidad.
- Uso sostenible de la biodiversidad.
- Participación justa y equitativa de los beneficios derivados del uso de la biodiversidad.

Esta vela por un acceso adecuado a los recursos ofrecidos por la biodiversidad, establece la Política Nacional de Biodiversidad aprobada por el consejo Nacional en 1996 junto con el Instituto Alexander Von Humboldt, donde se declara que la biodiversidad es patrimonio de la nación, por lo tanto, debe ser protegida y se crea el SINAP (Sistema Nacional de Áreas protegidas) (*Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 1996*).

- ***Ley 2 de 1959***

Declara que, para la protección y desarrollo económico de las áreas forestales, la protección hídrica, del suelo y silvestre de Colombia se establecen zonas con carácter de "Zonas Forestales Protectoras" y "bosques de Interés General" comprendidas dentro de los límites de cada bosque nacional se encuentran siete áreas forestales:

- Zona de Reserva Forestal del Pacífico.

- Zona de reserva forestal central.
- Zonas de Reserva Forestal del Río Magdalena.
- Zona de Reserva Forestal de la Sierra Nevada de Santa Marta.
- Zona de Reserva Forestal de la Serranía de los Motilones.
- Zona de Reserva Forestal del Cocuy.
- Zona de Reserva Forestal de la Amazonía.

Se declaran áreas de reserva forestal e hídrica todo terreno baldío que se encuentre dentro de una zona de riqueza hídrica que pueda servir como abastecimiento a alguna comunidad o municipio de Colombia. (*Ministerio de Justicia, 1959*)

- **Decreto 2811 de 1974**

Establece en el artículo 2 “*se debe lograr la preservación y restauración del ambiente y la conservación, mejoramiento y utilización racional de los recursos naturales renovables, según criterios de equidad que aseguren el desarrollo armónico del hombre y de dichos recursos, la disponibilidad permanente de estos y la máxima participación social, para beneficio de la salud y el bienestar de los presentes y futuros habitantes del territorio nacional*” (*Decreto 2811, 1974*)

- **Decreto 2787 de 1980**

el anterior decreto en su artículo N°1 decreta que toda plantación de reforestación que realicen las industrias privadas como medida de mitigación a sus actividades serán propiedades de la nación, una vez hayan terminado su proceso de plantación, en el artículo N°2 se declara que en todos los casos que los particulares deseen realizar programas de reforestación deben avisar a la entidad competente ante de iniciar y en su artículo N°3 define que se debe mencionar si la reforestación se realizará en un terreno baldío (área de terreno que no tiene dueño privado) será propiedad de la nación y si esta es realizada en un área privada, será derecho y propiedad de la propiedad privada. (*DECRETO 2787, 1980*)

- **Ley 99 de 1993**

Es la ley general Ambiental de Colombia, en ella se crea el Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible, en el artículo 5 función 23 y 24 establece que se deben adoptar las medidas necesarias para la protección de fauna y flora silvestre y además que se debe regular la conservación, preservación, uso y manejo del medio ambiente. (*EL CONGRESO DE COLOMBIA, 1993*)

- ***Ley 685 de 2001 Código nacional de minas***

En el artículo 34 se declaran las zonas excluibles de la minería. No podrán ejecutarse trabajos y obras de exploración y explotación mineras en zonas declaradas y delimitadas conforme a la normatividad vigente como de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables o del ambiente y que, de acuerdo con las disposiciones legales sobre la materia, expresamente excluyan dichos trabajos y obras, estas zonas serán las que pertenecen a áreas de parques nacionales y zonas de reserva forestal.

En el artículo 134 se señala la importancia de explotar los recursos mineros del suelo haciendo un manejo sostenible y adecuado, realizando acciones de aprovechamiento racional regulado por las entidades competentes. (*Ley 685 - Código de Minas, 2001*)

- ***Decreto 2372 de 2010***

Este reglamenta el Sistema Nacional de áreas protegidas, el cual define un área protegida como Área definida geográficamente que haya sido designada, regulada y administrada a fin de alcanzar objetivos específicos de conservación. Donde en todo el país se establecen áreas específicas con estrategias, actores sociales e institucionales que se encargan de cumplir los objetivos en conservación del país, delegando primeramente su esfuerzo en conservación a las CAR departamentales. (*SINAP, 2010*)

- ***Decreto 1575 de 2016***

“Según lo establecido en el decreto 2811 de 1974 este decreto establece que los suelos del territorio nacional deberán usarse de acuerdo a sus condiciones y factores constitutivos y que se determinará el uso potencial de los suelos según los factores físicos, ecológicos y socioeconómicos de la región. Según dichos factores también se clasificarán los suelos, donde el aprovechamiento de los suelos deberá efectuarse en forma de mantener su integridad física y su capacidad productora, aplicando normas técnicas de manejo para lograr su recuperación y asegurar su conservación” (*“DECRETO 1575 - LINEAMIENTOS TÉCNICOS PARA ESTUDIO DE SUELOS,” 2016*)

4 Capítulo IV

4.1 Metodología

Este proyecto fue desarrollado en seis (6) fases las cuales se ilustran en la Figura 2.

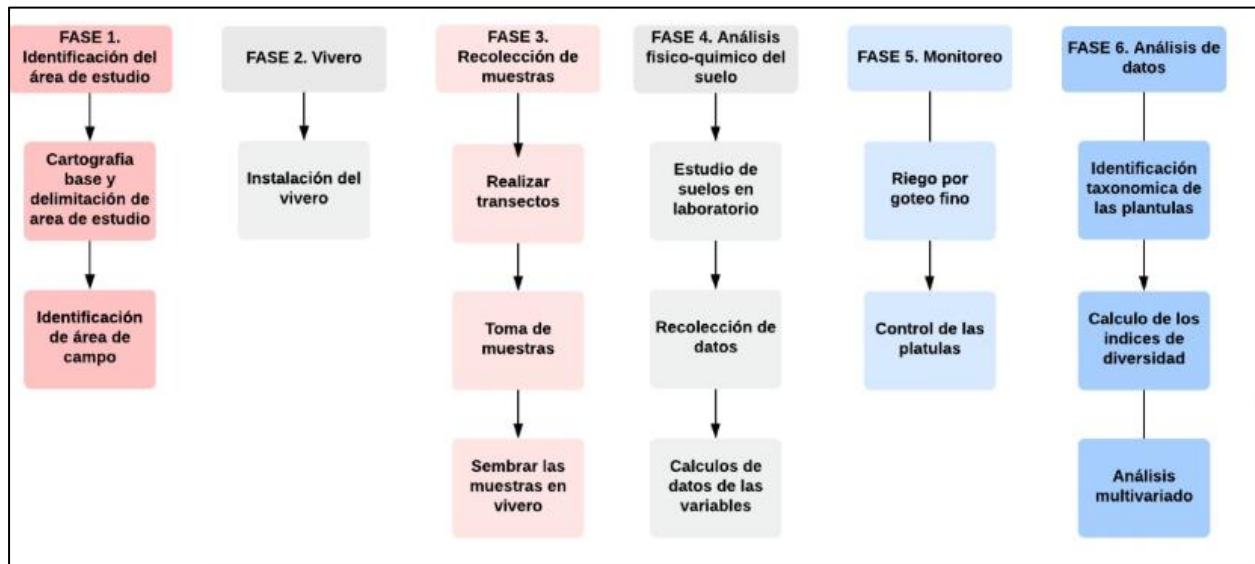


Figura 2 Diagrama de las fases de la metodología. 2019. Por Pérez, C & Sabogal, J, 2020.

4.1.1. Fase 1: Identificación del área de estudio.

El presente estudio se llevó a cabo en el piedemonte vecino a Villavicencio, que está situado desde la parte noroccidente hasta el suroccidente de la ciudad, donde se seleccionaron tres zonas de diferente tamaño del fragmento;

Tabla 1 Fragmentos del áreas de estudio..

FRAGMENTO	AREA (ha)	COORDENADAS
1) Jardín Botánico de Villavicencio	138,3	4°08'26.54"N 73°38'25.80"O y

Tabla 1 Continuación.

2) Playa Rica	23,5	4°06'27.84"N 73°40'03.20"O	y
3) Rincón de las lomas	76,5	4°05'58.68"N 73°40'03.00"O	y

NOTA: Descripción de las coordenadas de las tres zonas de estudios, *Por Pérez, C & Sabogal, J, 2020*

Cabe resaltar que estas tres zonas hacen parte del cinturón verde del municipio de Villavicencio.

Mediante el software ArcGis se realizó la cartografía base, donde se identificó el tamaño los tres fragmentos, tipo de cobertura y delimitación de las áreas de estudio. Una vez se identificó y eligió las áreas específicas, se procedió a realizar la identificación de campo, para así establecer la ubicación de cada transecto. La ubicación de cada transecto se tomó teniendo en cuenta que estos fueran representativos del área, es decir, que acojan áreas con similitudes en diversas variables del ecosistema como relieve, cobertura, y pendiente. En total se ubicaron 13 transectos de estudio donde cada uno consta de una longitud de 100 metros; seis (6) de ellos fueron ubicados en el Jardín Botánico, cuatro (4) en Playa Rica y tres (3) en el Rincón de las Lomas.

4.1.2. Fase 2: Vivero.

Para esta investigación se realizó un monitoreo de plántulas emergentes provenientes de los bancos de semilla en suelo durante un periodo de 4 meses. Para ello se realizó la adecuación de un vivero dentro de las instalaciones del Jardín Botánico de Villavicencio, ya que presenta las condiciones de infraestructura para su adecuación; este jardín botánico cuenta con la estructura de un vivero ya establecido, aunque en condiciones de no uso y abandono durante largo tiempo. En primera instancia se realizaron jornadas de adecuación del área de vivero, haciendo limpieza y remoción de malezas u otro tipo de plantas presente en el área de vivero. Se usó polisombra negra de 80% para encerrar la sección de vivero a utilizar e impedir la llegada de semillas del entorno por dispersión, ya sea por acción del viento o de los animales dispersores. Finalmente se utilizaron canastas plásticas divididas con madera para la siembra de las muestras de suelo conteniendo bancos de semillas enterradas; las muestras fueron rotuladas con el nombre del

transecto y fragmento, añadiendo las siglas iniciales del lugar de recolección para su reconocimiento posterior, ejemplo: T1P1 JB (Transecto 1, Punto 1, Jardín Botánico).

4.1.3. Fase 3: Recolección de muestras.

Para la recolección de las muestras se ubicaron transectos de 100 m de longitud cada uno,; en el fragmento N°1 se ubicaron seis (6) transectos, en el fragmento N°2 cuatro (4) transectos y en el fragmento N°3 tres (3) transectos. Cada fragmento seleccionado fue muestreado en proporción a su ocurrencia y a las facilidades logísticas, de ingreso y de acompañamiento por la policía ambiental.

A lo largo de cada transecto y a distancias regulares se tomaron seis muestras de suelo para llevar al vivero; estas muestras fueron tomadas según la metodología establecida por “*Rapid Soil and Terrain Assessment*”. Se tomaron puntos de muestreo en las siguientes distancias: 0 m, 5 m, 10 m, 20 m, 50 m y 100 m. Para la extracción de las muestras de suelo en cada punto se utilizó una cuadrícula de 20cm x 20cm y 10 cm de profundidad; las muestras de suelo extraídas fueron transportadas hasta el vivero el mismo día que fueron tomadas, para evitar modificaciones en la humedad, oxígeno disuelto y pH del suelo.

Para el análisis de suelos se tomaron tres (3) muestras en cada transecto distanciadas a 0m, 50m y 100m; para ello se utilizaron cilindros, según el manual de estudios de suelo del Sena. (SENA, 2013)

En total se tomaron 78 muestras para monitoreo del banco de semillas germinable en condiciones de vivero y 39 muestras para análisis de suelo en laboratorio.

4.1.4. Fase 4. Análisis físico-químico del suelo.

Para cada muestra se analizaron las variables de calidad del suelo y sus características físico-químicas como pH, textura, humedad relativa, densidad aparente, porcentaje de materia orgánica y color.

Para el cálculo de la densidad aparente se utilizó el método de cilindro, que tiene como objetivo conocer la masa y el volumen (SENA, 2013)

$$\rho_a = \frac{PESO\ SUELO\ SECO}{VOLUMEN\ DEL\ CILINDRO}$$

$$Vol.\ Del\ cilindro = \pi * r^2 * h$$

Ecuación 5 Densidad Aparente y volumen del cilindro

$$\% AGUA = \frac{PSH - PSS}{PSS} \times 100$$

Ecuación 6 Porcentaje de Humedad

Dónde;

PSH= peso suelo húmedo

PSS= peso suelo seco

Para la medición del pH se tomaron 20 g de suelo secado en horno a 105°C durante 24 horas y tamizada previamente; se mezcló con 20 mL de agua destilada en un vaso precipitado y se agitó con un agitador manual durante un minuto. Esto se realizó para cada una de las 39 muestras de suelo; el pH fue medido con el medidor multiparámetros WTW MultiLine Multi 3510 IDS, perteneciente a la Universidad Santo Tomás.

Para determinar el porcentaje de materia orgánica (M.O.) se optó por utilizar únicamente el método de Walkley & Black, el cual se encuentra descrito en el manual de estudios del Sena (SENA, 2013). Para la titulación química se prepararon soluciones de dicromato de potasio $K_2Cr_2O_7$ a 1N, Sulfato ferroso $FeSO_4$ 1N, y ácido sulfúrico concentrado al 98%, solución de fenolftaleína y Agua destilada. Con este procedimiento se detecta entre un 70-84% del carbón orgánico total, por lo que es necesario introducir un factor de corrección, el cual es de **1,724**.

Para preparar las soluciones a 1N se utilizó la siguiente ecuación:

$$N = \frac{\#eq}{1L/sol}$$

Ecuación 7 Normalidad de una solución

Dónde;

#eq: Número de equivalencia.

Sol: solución. Donde primero se calcula la masa molar del compuesto a normalizar, dando como resultado 294,116 g/mol para el dicromato de potasio y 151,916 para el Sulfato ferroso, se prepararon 480 mL de cada una de las sustancias a 1N, luego el resultado obtenido en la anterior ecuación (Ecuación 7), se divide por 1L de sol y se multiplica por 0,48 L (480 mL), de esta forma se obtienen los gramos necesarios para diluir en 480 mL de agua destilada.

- Para dicromato de potasio: 70,60 g

$$N = \frac{\#eq}{1L/sol} * \frac{294,116gK_2Cr_2O_7}{2eq} = \frac{147,08gK_2Cr_2O_7}{1L/sol} * 0,48L = 70,60gK_2Cr_2O_7$$

- Para Sulfato ferroso: 73 g

$$N = \frac{\#eq}{1L/sol} * \frac{151,91gFeSO_4}{1eq} = \frac{151,96gFeSO_4}{1L/sol} * 0,48L = 73gFeSO_4$$

Se depositó 0,25 g de suelo previamente secado, en el horno a 105°C por 24 horas, y tamizado en un erlenmeyer de 250 mL, luego se le agregaron 5 mL de dicromato de potasio y 5 mL de ácido sulfúrico, se dejó enfriar durante 30 min, se agregó 25 mL de agua destilada y tres gotas del indicador difenilamina, posteriormente se mezcló suavemente durante 1 minuto. Para el proceso de titulación se agregó sulfato ferroso a la mezcla, mediante goteo hasta cambiar coloración, este procedimiento se realizó para cada una de las muestras de suelo.

Mediante la siguiente ecuación se calcula el porcentaje de materia orgánica

$$\%C.O = \frac{(B-N)*N*0,003*1,3}{PM} * 1,32$$

Ecuación 8 Porcentaje de carbono orgánica método W&B

$$\%M.O = \%C.O * 1,724$$

Ecuación 9 Porcentaje de materia orgánica método W&B

Dónde:

%CO: Carbono Orgánica

%MO: Materia Orgánica

PM: Peso de la muestra

B: Volumen de solución ferrosa gastada

N: Normalidad de la solución ferrosa

0,003: Peso en gramos de un miliequivalente de carbono

1,3: Factor de eficiencia de oxidación de carbono

Debido a las exigencias normativas de la universidad, se produjo una limitante para el método anteriormente descrito, ya que para calcular el porcentaje de materia orgánica se requerían de 10 mL de ácido sulfúrico por muestra; al ser 39 muestras se necesitaba finalmente 390 mL, excediendo el límite establecido por la Universidad Santo Tomás, que señala que solo se podrá suministrar 200 mL de ácido sulfúrico para proyectos de grado. Debido a esto primeramente se modificaron las cantidades de cada uno de las soluciones a utilizar y de la muestra de suelo a analizar, dejando finalmente 5 mL para las soluciones y 0,25g para las muestras de suelo; sin embargo, no se logró cuantificar con este método la totalidad de las muestras, y quedaron 6 muestras de un total de 39 sin analizar por este método. A causa de esto, se realizó la inclusión de una nueva metodología llamada método de calcinación, aplicada no solo a las 6 muestras faltantes sino a la totalidad de las muestras (Eyherabide, Echeverría, Rozas, & Barbieri, 2014). De esta manera se hizo una comparación entre los dos métodos, tomando como método de referencia el de Walkley & Black.

Para la cuantificación del %MO por LOI (Calcinación), se tomó de referencia el método propuesto por Schulte y Hopkins (1996) obtenido de: (Eyherabide *et al.*, 2014), donde se tomaron los crisoles otorgados por la Universidad. Se tuvo en cuenta el peso de cada uno de los crisoles vacíos y el peso de los crisoles con la cantidad de suelo agregado, el cual fue secado previamente en el horno a 105°C por 24 horas y tamizado. Luego se colocaron durante 2 horas en una mufla a 360°C, donde posteriormente se transfirieron a un desecador y luego de enfriarse se registró el peso nuevamente. El cálculo de MO se realizó por la diferencia de peso en las diferentes temperaturas.

Se calculó el % M.O mediante la siguiente ecuación:

$$\% M.O = \frac{(PESO\ 105^{\circ}C - PESO\ 360^{\circ}C) * 100}{PESO\ 105^{\circ}C} * 1,724$$

4.1.5. Fase 5: Monitoreo.

Para el monitoreo de las plántulas emergentes provenientes del BSG se realizaron visitas periódicas (tres veces por semana) y por un periodo de 4 meses (agosto – diciembre), para

realizar el riego por goteo fino y medir el crecimiento de plántulas. Ya finalizado el periodo de monitoreo de los 4 meses, con la ayuda del profesional Francisco Castro Lima, Ingeniero Agrónomo y dendrólogo, quien es experto en realizar inventarios de flora de la región de la Orinoquia y Amazonia Colombiana, se realizó la identificación y conteo de las especies emergentes en el banco de semillas del vivero ex-situ.

Fase 6. Análisis de datos.

Una vez finalizada la etapa de monitoreo, se realizó la identificación taxonómica de las plántulas y su porcentaje de crecimiento generando un código específico para especie germinada en el vivero; en el código se muestra el lugar de procedencia de cada una de ellas, es decir el número de fragmento, número de transecto, número de muestra y finalmente número de individuo:

F1 T1 P1 IND1

Dónde: F: Fragmento.T: Transecto.P: Punto de la muestra (distancia desde el borde de fragmento).

IND: número de individuo correspondiente al punto de la muestra.

Posteriormente se realizó el análisis de diversidad por medio de la aplicación de los índices de diversidad alfa (heterogeneidad de Shannon, diversidad específica de Menhinick y Margalef, dominancia de Simpson), y diversidad beta (similitud de Bray-Curtis). Estos índices se calcularon a partir de los datos de abundancia de las especies identificadas en las muestras obtenidas en el BSG en las tres áreas a estudiar, utilizando los softwares Past3 y Biodiversity Pro. Se utilizaron los promedios del número de individuos por cada transecto para la comparación de los índices de diversidad entre muestras.

El índice de Simpson 1- D mide la probabilidad de que 2 individuos escogidos de la población sean de la misma especie, así pues si el valor del índice es cercano a cero, expresa que la muestra cuenta con mucha diversidad y que la dominancia de una especie es baja, si el valor es uno, expresa que la diversidad en la muestra es poca y que existe una dominancia alta por parte de una especie. (*Economo Evan, Kerkhoff Andrew, 2005*)

Por otro lado, el índice de Shannon mide la diversidad teniendo en cuenta la uniformidad de los individuos en la muestra, es decir que tiene en cuenta la cantidad de individuos que existen para cada una de las especies y con esto arroja un valor que determina qué tan diversa es la muestra (Gelambi, 2016)

Finalmente se relacionaron los valores obtenidos en los índices de diversidad y las variables fisicoquímicas del suelo mediante el Software de tratamiento de datos estadísticos IBM SPSS Statistics 22.0, donde se realizó un análisis de correlación por matrices, usando diagramas de dispersión, donde se compararon las variables del suelo (variables independientes) con cada uno de los índices del BSG: índice de dominancia de Simpson, índice de riqueza de Shannon y el índice de diversidad específica de Margalef (variables dependientes), para determinar de qué manera influyen las variables del suelo en la composición y diversidad de BSG.

Para realizar la correlación se tomaron las características del suelo (pH, % Agua, Densidad aparente y % Materia orgánica), se tomaron como promedio de los tres datos obtenidos por cada transecto de los fragmentos, mientras que los índices de diversidad (Shannon, Simpson y Margalef) se tomaron de las tablas 8 a la 16, donde se utilizó el valor obtenido en cada índice por cada transecto de los tres fragmentos.

Las variables del suelo textura y color, no se tuvieron en cuenta para la correlación múltiple, debido a que al no ser un valor numérico directo si no clasificadorio para el color y cualitativo para la textura no podían ingresar en el modelo estadístico. En el caso del índice de Menhinick, no se tuvo en cuenta, debido a que este expresa la misma variable que el índice de Margalef (diversidad específica), siendo así la intención medir los tres factores representativos del BSG (Riqueza- índice de Shannon, Dominancia - índice de Simpson y Diversidad específica - índice de Margalef).

Se tomaron como variables independientes las características del suelo que influyen en cada uno de los índices de diversidad (variables dependientes), así bien para cada correlación realizada existían cuatro variables independientes (X) versus una variable dependiente (Y). Estas correlaciones se hicieron de manera individual para cada fragmento.

Mediante el coeficiente de correlación de Pearson se establece la influencia de las características del suelo en la composición y diversidad del BSG. Entre 0 y 1 donde 1 es 100% de relación y 0 es ausencia de relación, cuando existe una correlación negativa entre - 1 y 0 expresa que hay una relación negativa, en donde si la variable X disminuye, la variable Y también lo hace, por lo

tanto, el obtener un valor negativo no expresa que dicho valor sea menor respecto a los valores negativos, simplemente que su relación es contraria a estos. Por otro lado el coeficiente de Pearson tiene un valor de significancia, el cual permite saber que probabilidad hay de que se obtenga el valor obtenido con una hipótesis nula, es decir que exista un valor poblacional de cero para dicha variable(*Camacho, n.d.*)

Se usó el coeficiente de Pearson y no el de Spearman, debido a que a pesar de que este último sea un coeficiente no paramétrico, es mayormente usado para correlaciones de datos con alto rango de diferencia entre sí, además de ser usados para datos no normales, por lo tanto, no cumple con lo deseado en este estudio. (*Martínez, Tuya, Martínez, Pérez, & Canóvas, 2009*)

La prueba de normalidad que se usó fue la prueba de *Shapiro-Wilk*, donde una muestra es normal cuando supera los 0.05, esta prueba es usada cuando se analizan muestras de menos de 50 elementos en la matriz de datos, esto mediante el software IBM SPSS Statistics 22.0. (*Universitat de Barcelona, 2020*).

5 Capítulo V

5.1 Resultados y Análisis

5.1.1 Composición de plántulas emergentes del BSG.

En la Tabla 2 se registran las especies de plántulas emergentes registradas en el área de estudio a partir del BSG; se incluye el hábito de crecimiento y la abundancia total discriminada para cada especie.

Tabla 2 Especies de plántulas emergentes provenientes del BSG en el área de estudio

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	FORMA DE CRECIMIENTO	ABUNDANCIA
<i>Aciotis acuminifolia</i>	aciotis	hierba	297
<i>Aciotis purpurascens</i>	aciotis	hierba	127
<i>Albizia nipioides</i>	dormidero	árbol	23
<i>Alchornea discolor</i>	algodoncillo morado	árbol	18
<i>Alchornea triplinervia</i>	algodoncillo	árbol	12
<i>Alchornea glandulosa</i>	algodoncillo peludo	árbol	9
<i>Begonia fischeri</i>	begonia	hierba	12
<i>Borreria ocymifolia</i>	botón	hierba	8
<i>Borreria ocymoides</i>	botón	hierba	8
<i>Caladium bicolor</i>	cartucho	hierba	2
<i>Caperonia palustris</i>	caperonia	hierba	5
<i>Cecropia engleriana</i>	yarumo	árbol	20
<i>Costus scaber</i>	caña brava	hierba	28
<i>Croton trinitatis</i>	pate paloma	hierba	6
<i>Difembaquia sp1</i>	cortadera	hierba	1
<i>Digitaria sp1</i>	rascador	hierba	18
<i>Drymaria cordata</i>	guardarocío	hierba	4
<i>Elusine indica</i>	drimaria	hierba	1
<i>Jacaranda copaia</i>	pate gallina	hierba	1
<i>Heliconia psittacorum</i>	pavito	árbol	4
<i>Lidernia crustacea</i>	heliconia	hierba	7
<i>Lidernia diffusa</i>	lindernia	hierba	5
<i>Maprounea guianensis</i>	lindernia	hierba	5

Tabla 2 Continuación

<i>Mimosa colombiana</i>	rebentillo	árbol	1
<i>Monstera adansonii</i>	uña de águila	liana	3
<i>Murdannia nudiflora</i>	balazo	hierba	42
<i>Oldelandia corymbrosa</i>	piñita	hierba	4
<i>Passiflora auriculata</i>	espadilla	hierba	0
<i>Phyllanthus caroliniensis</i>	parcha	liana	5
<i>phyllanthus rivinoides</i>	flor escondida	hierba	2
<i>Piper peltatum</i>	Guaba	hierba	31
<i>Poaceae sp1</i>	cordoncillo	arbusto	15
<i>Psychotria elata</i>	Paja	hierba	3
<i>Helecho indeterminado (Pteridophyta)</i>	helecho	árbol	252
<i>Pterocarpus rohrii</i>	Tuno	hierba	10
<i>Renalmia breviscapa</i>	sangro	árbol	3
<i>Scleria melaleuca</i>	Zurca	hierba	17
<i>Selaginellaceae sp1</i>	cortadera	hierba	24
<i>Senegalia bonarinensis</i>	dormidero de playa	hierba	3
<i>Senegalia gromerosa</i>	romadizo	árbol	6
<i>Siparuna gianensis</i>	alcaparro	árbol	1
<i>Senna silvestris</i>	chuapo	árbol	9
<i>Socratea exorrhiza</i>	tomate de árbol	palma	3
<i>Solanum circinatum</i>	yerba mora	árbol	1
<i>Solanum nigrum</i>	tivavana	sufrutice	2
<i>Spathiphyllum cannifolium</i>	sombrilla	hierba	1
<i>Syngonanthus sp1</i>	bejuco	hierba	2
<i>Tassadia aristata</i>	tonina	liana	2
<i>Tonina fluviatilis</i>	pringamoza	hierba	15
<i>Urera acuminata</i>	Urticaceae Sp2	arbusto	1
<i>Laportea aestuans</i>	Lacre	hierba	35
<i>Vismia guianensis</i>	carevaca	árbol	3

NOTA: Los datos presentes en la tabla 2 son de las especies de plántulas germinadas en el vivero in-situ. Los valores en color verde y amarillo resaltan las especies que mayor número de individuos presentó en el monitoreo, los valores en color azul resaltan las especies que tuvieron un solo individuo. . Por Pérez, C & Sabogal, J, 2020.

Se registraron 55 especies en total; la especie dominante a lo largo de los tres fragmentos fue ***Aciotis acuminifolia*** (color verde en la tabla) que cuenta con una población de 297 plántulas o individuos, además de estar presente en los tres fragmentos (*anexo_1*). La segunda especie con mayor abundancia es ***Aciotis purpurascens*** (color verde en la tabla) también presente en los tres fragmentos. La tercer morfoespecie que presentó mayor población fue un helecho no determinado (***Pteridophyta***) (color amarillo en la tabla); sin embargo, esta morfoespecie solo se encontró

presente en dos fragmentos estudiados (1 y 3). El resto de especies presentaron poblaciones bajas algunas incluso con un solo individuo presente en todo el vivero (*color azul en la tabla*) ((*anexo_1*).

Se destaca el registro de *Socratea exorrhiza*, coloquialmente conocida como palma caminadora, la cual necesita condiciones de humedad muy altas para su germinación; su distribución en el vivero, se limita al fragmento N°1 y con presencia solo de 3 individuos; otra característica importante que se evidencio en el vivero ex situ es que este tipo de plantas presentan un crecimiento radicular horizontal, ya que todos los individuos de esta especie presentaron la misma característica en donde crecen con una raíz horizontal extremadamente larga en comparación a su tallo, por lo que requieren de espacio alrededor para germinar de manera eficaz.

5.1.2. Diversidad de especies (alfa).

En la Tabla 2 se muestran los índices de diversidad obtenidos mediante los Software Past3 y Biodiversity Pro.

Tabla 3 Índices de diversidad alfa en 13 transectos de estudio. Por Pérez, C & Sabogal, J, 2020.

INDICES	TRANSECTOS												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Taxa_S	15	9	13	14	14	15	22	22	14	12	8	8	9
Individuals	13	9	10	21	18	7	9	13	3	13	11	8	5
Dominance_D	0,24	0,50	0,37	0,35	0,27	0,12	0,15	0,23	0,22	0,19	0,63	0,51	0,33
Simpson_1-D	0,76	0,50	0,63	0,65	0,73	0,88	0,85	0,77	0,78	0,81	0,37	0,49	0,67
Shannon_H	1,93	1,13	1,50	1,61	1,83	2,32	2,38	2,11	2,05	1,96	0,86	1,08	1,54
Evenness_e^H/S	0,46	0,34	0,34	0,36	0,45	0,68	0,49	0,38	0,56	0,59	0,30	0,37	0,52
Brillouin	0,64	0,15	0,14	0,60	0,77	0,59	0,63	0,51	0,17	0,93	0,12	0,08	0,24
Menhinick	3,57	2,60	3,32	2,74	2,96	4,36	5,83	4,96	5,30	3,01	2,19	2,41	3,21
Margalef	5,46	3,64	5,21	4,27	4,50	7,20	9,56	8,19	11,83	4,29	2,92	3,37	4,97
Equitability_J	0,71	0,52	0,58	0,61	0,69	0,86	0,77	0,68	0,78	0,79	0,41	0,52	0,70
Fisher_alpha	46,53	16,31	40,17	12,24	15,96	0,00	0,00	0,00	0,00	22,52	8,45	13,12	0,00
Berger-Parker	0,45	0,67	0,52	0,53	0,45	0,17	0,28	0,41	0,43	0,32	0,75	0,64	0,51
Chao-1	15	9	13	14	14	15	22	22	14	12	8	8	9

NOTA: Los transectos del 1 al 6 son del fragmento N°1, del 7 al 10 del fragmento N°2 y del 11 al 13 son del fragmento N°3.

El índice de dominancia D (*Tabla 3*) muestra que el transecto 11 (ubicado en el Fragmento N°3) tiene la mayor dominancia representada por la especie *Aciotis acuminifolia* (*anexo_4*) que es una

especie herbácea; el transecto con menor dominancia es el 6 (ubicado en el Fragmento N°1) el cual cabe resaltar que se encuentra ubicado en una zona con poca intervención antrópica con presencia de bosque secundario. La dominancia es relativamente baja (*anexo_* en la mayoría de los transectos a estudiar, esto quiere decir que en casi todos los transectos se registra una alta variedad de especies (*anexo_16*).

En cuanto a riqueza de especies (S) se observa que los transectos 7 y 8 correspondientes al fragmento N°2 fueron los que contaron con mayor cantidad de especies de plantas; sin embargo la mayor cantidad de estas corresponden a especies herbáceas; en general estas zonas se encontraban fuertemente alteradas por actividades antropogénicas, con un sotobosque amplio asociado a parches de bosque secundario, mientras que los fragmentos con menor cantidad de especies fueron los transectos 11 y 12 (ubicados en el fragmento No. 3), donde se registra una alta dominancia asociada a una menor riqueza de especies.

De acuerdo a la comparación de promedios, los fragmentos 1 y 2 presentaron la mayor riqueza de especies (según los índices S y 1-D) asociada a una menor dominancia (según el índice D) en comparación con el fragmento 3.

La dominancia fue variada en los distintos transectos, debido a que pertenecían a 3 áreas con diferente estado de fragmentación; se resalta (*tabla_2*) que las especies que prevalecieron en el transecto N°2 y N°3 fueron especies catalogadas como herbáceas. Por lo tanto, apoya lo que se ha demostrado en estudios anteriores donde las áreas de bosque de piedemonte que se encuentran fragmentadas tienden a reducir la vegetación de bosque (árboles) y son sustituidas por especies herbáceas que ganan cada vez más terreno reflejando un cambio en la composición del BSG. En este caso se muestra que una dominancia alta de especies herbáceas en el BSG es un buen indicador, ya que indica que el área no se encuentra en buen estado de conservación, aunque el Fragmento N°1 se encuentre en una zona de reserva y sea protegido, impidiendo el ingreso de la comunidad e impidiendo su uso para explotación de cualquier tipo de actividad económica, siendo una zona netamente de investigación y estudios. Se obtiene que la especie dominante para este fragmento es una especie herbácea (Helecho).

En general para los 13 transectos a estudiar se encontró que la diversidad según el índice de Shannon es relativamente bajo, puesto que ninguno de ellos supera el valor de 3, el cual es considerado como diversidad alta, por el contrario la mayoría de estos se ubica en valores entre 1

y 2. El transecto 7 proveniente del Fragmento N°2 obtuvo el valor de Shannon más elevado con 2,83, siendo el transecto que cuenta con la mayor cantidad de especies (aunque no de individuos) (*anexo 3*); sin embargo, se resalta que la mayor parte de las especies registradas son herbáceas. El transecto que menor valor obtuvo fue el transecto 11 proveniente al Fragmento N°3, el cual obtuvo un valor de 0,83 siendo este un valor bastante bajo en diversidad y contando con una baja cantidad de individuos por especie. Cabe resaltar que este transecto fue ubicado en la zona de borde del fragmento, contando con un suelo bastante impactado por la presencia antropogénica, siendo en su mayoría camino y con construcciones cercanas (Ver mapa de área de estudio). De acuerdo a la comparación de promedios, el índice de heterogeneidad de Shannon (H') al igual que los índices de riqueza de Margalef y Menhinick presentaron los valores más altos en los fragmentos 1 y 2 en comparación con el fragmento 3 que registró los menores valores.

La forma de crecimiento de una planta determina su comportamiento en general, de esta forma se determina el papel que jugará en un ecosistema y que características tendrá en diversos factores como la cobertura vegetal del área. El tipo de dispersión de sus semillas, la disponibilidad de hábitat para especies animales (aves, insectos, mamíferos, entre otros) en general.

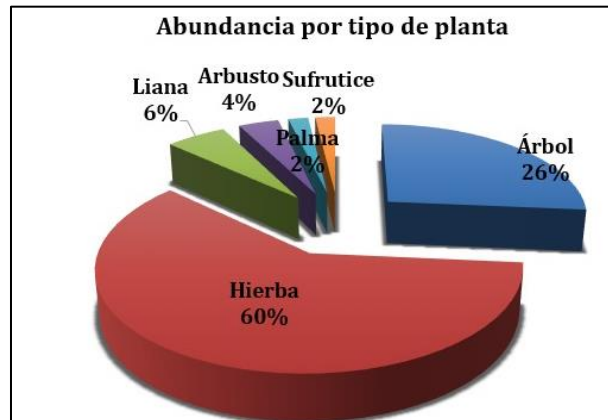


Figura 3. Distribución de abundancias (%) por hábito de crecimiento de plántulas del BSG. Por Pérez, C & Sabogal, J, 2020.

Las hierbas son plantas que presentan un crecimiento rápido y son resistentes a grandes cambios haciéndolas muy adaptables, se caracterizan por la ausencia de tallos leñosos, no ofrecen un hábitat para aves o para otras especies, además se caracteriza por crecer en zonas abiertas, por lo tanto, no es un indicador positivo que en el interior de los fragmentos se encuentren estas especies en altas cantidades (60 %).

Las especies que presentan crecimiento arbóreo se caracterizan por tener un tallo duro y leñoso, pero también por tener un crecimiento lento, son susceptibles a cambios ecosistémicos, épocas de sequía e impactos por actividades antropogénicas, por lo tanto, son muchas plántulas que no logran germinar o que mueren en su etapa temprana, dando como resultado una abundancia baja (26%).

Debido a estas características, en un ecosistema de piedemonte que no es conservado eficazmente, la sucesión ecológica de las nuevas especies arbóreas será cada vez más baja, siendo sustituidas por especies de hierba.

- **Especies de plántulas dominantes en el vivero**

- **Aciotis acuminifolia**

Es una planta herbácea de la familia Melastomataceae, se trata de una planta perenne que se caracteriza por tener un tallo frágil y delgado, al tratarse de una hierba presenta un alto porcentaje de reproducción debido a que su sistema de tallo con rizomas la hace fácilmente esparcible, se caracteriza por ser una especie invasora, crece hasta 30 cm de alto y habita en lugares con gran porcentaje de humedad (*acuario adictos, n.d.*), su población está ubicada en la zona tropical de américa del sur. En los países de Colombia, Brasil, Venezuela y Ecuador.

Como características físicas (*anexo_14.7*), presenta una hoja simple ovalada con punta y alargada con 3 nervios verticales muy bien marcados, es de borde liso y con crecimiento paralelo opuesto de sus hojas, un tallo cuadrado que cuenta con una vellosidad ligera que cubre la parte superior de este y las hojas en ambas caras.

- **Aciotis purpurascens**

Es una hierba sufrutescente perteneciente a la misma familia de Aciotis, sin embargo, su principal característica es su coloración púrpura que presenta en el tallo cuando se encuentra en sus primeras etapas de crecimiento y en la parte interior de sus hojas, presenta características morfológicas muy similares a la Aciotis acuminifolia, se encuentra en las zonas tropicales de américa del sur y américa central.

○ **Pteridophyta**

Son plantas vasculares altamente diversas, con poca evolución durante millones de años, se consideran plantas antiguas, abundan en lugares frescos y húmedos de todo el mundo, sin embargo en la zona tropical del planeta son más abundantes, son plantas de tipo perenne que no presentan inflorescencia, por el contrario su reproducción es mediante esporas que se esparcen por zonas cercanas, dándole un carácter invasivo y dominante del ecosistema donde esta se desarrolle, al no presentar un tallo leñoso y tener alturas relativamente bajas, es considerada una hierba, la presencia de un alto porcentaje de humedad es importante para su germinación por lo tanto es un indicador de esta en los ecosistemas. (*Teillier Sebastián, n.d.*)

Se caracterizan por ser plantas con hojas compuestas, tallo muy delgado y presencia de rizomas en la base de la planta, presentan un crecimiento en espiral y en forma radicular, posee un tallo fotosintetizador con crecimiento verticilado, existen muchas variantes de la Pteridophyta, para el caso particular de esta investigación se encontraron únicamente individuos de la Pteridophyta de clase filicopsida. (*Tch et al., 2016*)

5.1.2 Diversidad de especies (Beta).

Para expresar el grado de similitud en la composición y abundancia de especies en 13 transectos de muestreo (diversidad beta) se elaboró un dendograma utilizando el índice de similitud/disimilitud de Bray Curtis (*figura_3*).

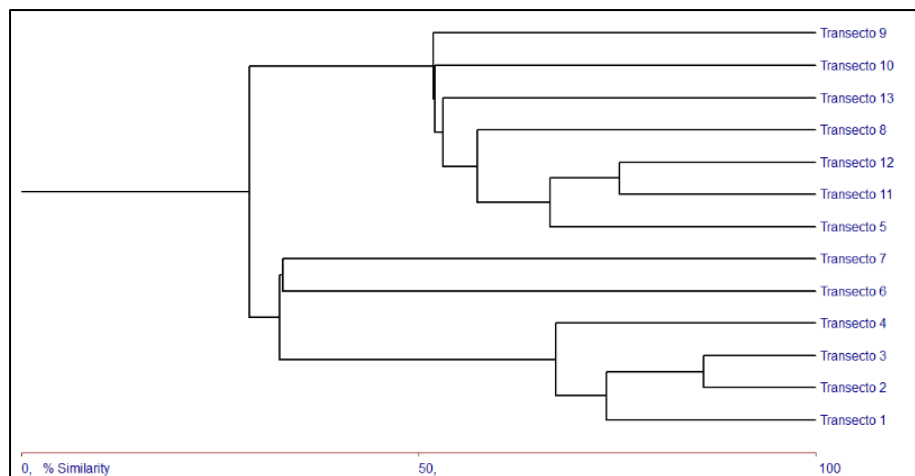


Figura 4 Agrupamiento de transectos de muestreo según el índice de similitud de Bray-Curtis. Por Pérez, C & Sabogal, J, 2020.

En el dendograma anterior se muestra la similitud que hay en la composición de las especies de plántulas presentes en el BSG proveniente de los 3 fragmentos estudiados. Se puede observar la formación de 2 grupos en base a las similitudes registradas; en el primer grupo se encuentran los transectos: 1, 2, 3, 4,6 y 7, los cuales son en su mayoría provenientes del fragmento N°1 que es el jardín botánico y se encuentra en la zona noroccidental de la ciudad de Villavicencio, mostrando una composición relativamente uniforme en este sitio. Por otro lado, se forma un segundo grupo conformado por los transectos: 5, 8, 9, 10, 11,12 y 13 que en su mayoría son provenientes de los fragmentos N°2 y N°3, que se encuentran relativamente cerca (1.5 km) en comparación a la distancia del fragmento N°1 (4.87 km). Se resalta que en ambos fragmentos (2 y 3) la especie que mayor cantidad de individuos fue de la especie *Aciotis acuminifolia*, la cual es una planta herbácea dominante en el BSG de estos dos sitios.

Se obtuvo una disimilitud de 65% entre los dos grupos del dendograma de la *Figura 3*, lo cual refleja una mayor diferencia en la composición de plántulas del fragmento 1 en comparación con la composición de especies de los fragmentos 2 y 3. Dentro del fragmento 1, los transectos 2 y 3 fueron los que presentaron el mayor porcentaje de similitud (86 %); ambos transectos se encuentran cerca entre sí y al pertenecer a un mismo fragmento de bosque, las condiciones de germinación y la dispersión de semillas es posible que sean similares.

- **Curvas de rarefacción**

Para realizar las curvas de rarefacción y rango-abundancia, se utilizaron los promedios de la población de cada especie por fragmentos, por lo tanto, los valores plasmados en las gráficas no son los valores reales de las poblaciones de cada fragmento, por el contrario, es un promedio realizado para eliminar la influencia del tamaño muestral en el estudio.

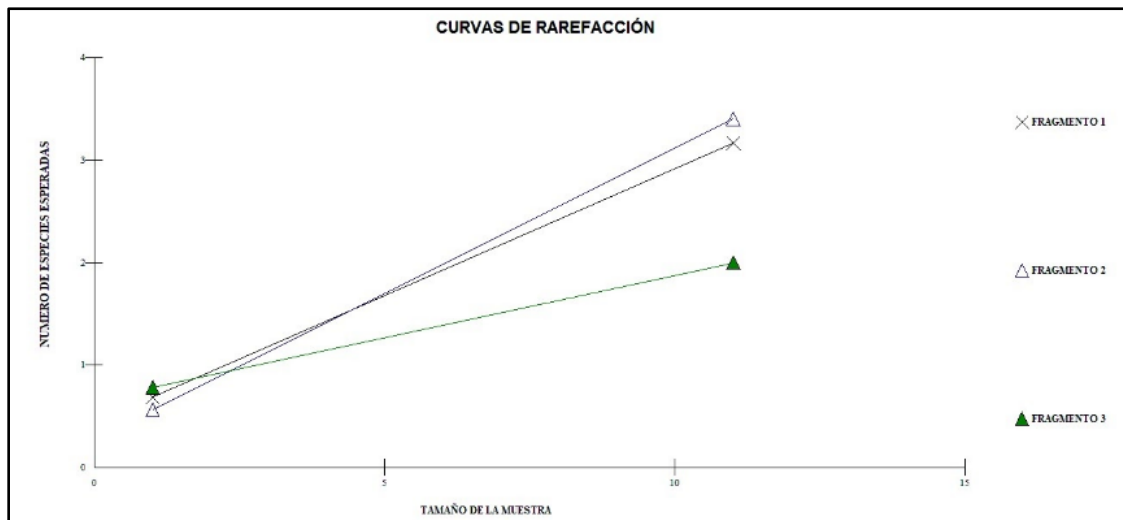


Figura 5 Curva de Rarefacción de las tres áreas de Fragmento (Jardín Botánico de Villavicencio, Playa Rica, Rincon de las Lomas). Por Pérez, C & Sabogal, J, 2020.

Las curvas de rarefacción, muestran que existe una relación significativa entre el número de especies esperadas y el esfuerzo a realizar, ya que el número de especies observadas aumenta a medida que el tamaño de la muestra crece. Sin embargo, si se realiza un corte muestra a un tamaño muestral el 11, el número de especies máximo a alcanzar es un promedio de 3,2 especies mostrando una gran diferencia entre el Fragmento N°1 y N°2 con el fragmento N°3 que cuenta con un número de especies esperadas inferior (promedio de 1,8). Debido a que en este la dominancia de una sola especie fue alta (*ver tabla 3*) y reduce la probabilidad de aparición de nuevas especies. esto contrasta con el fragmento N°2 que, aunque tiene una dominancia alta, presentó mayor cantidad de especies con un solo individuo (*Anexo_3*) es decir, un mayor número de especies raras, sin embargo, al ser mayormente especies herbáceas, no es necesariamente un indicador positivo del estado del fragmento.

- **Curva de abundancia**

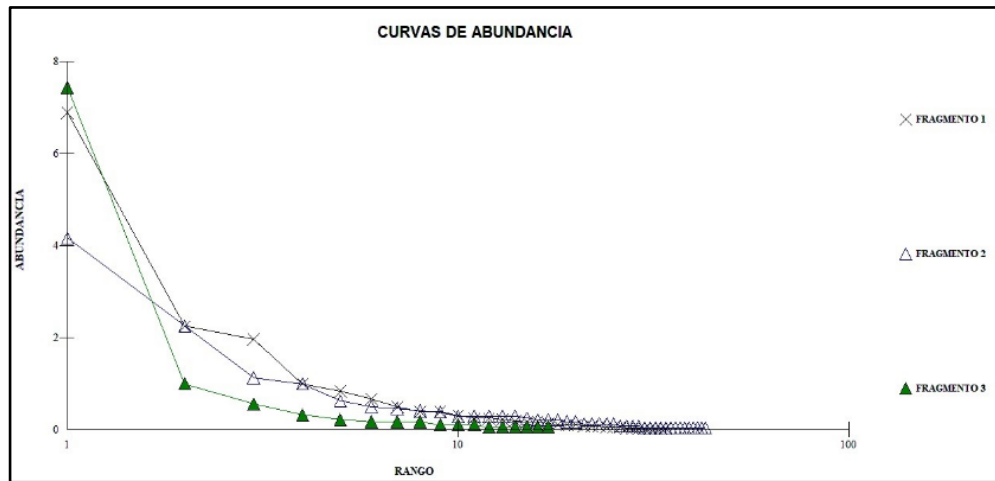


Figura 6 Curva de rango-abundancia de las tres áreas de fragmento (Jardín Botánico, Playa Rica, Rincón de las Lomas). Por Pérez, C & Sabogal, J, 2020.

Las curvas de rango abundancia para especies provenientes del BSG de los fragmentos N°1, N°2 y N°3 en diferentes ubicaciones con transectos de 100 m de longitud se encuentran en la figura_6.

Se muestra un patrón diferencial en dos grupos, el primero de ellos para el fragmento N°3 y el fragmento N°1 que presentaron un rango de abundancia más alto (promedio de 7,5 para F3 y 7 para F1), en comparación con el fragmento N°2, sin embargo, la inclinación de la pendiente refleja la alta dominancia de ciertas especies, las cuales fueron las herbáceas: *pteridophyta*, *aciotis acuminifolia* y *aciotis purpurascens*. El grado de afectación entre los fragmentos N°1 y N°3 con respecto al fragmento N°2, evidencia el grado de afectación que hay en este y su influencia de abundancia.

Tabla 4 Índices de diversidad. Para el fragmento N°1.

INDICE	Transecto 1	Transecto 2	Transecto 3	Transecto 4	Transecto 5	Transecto 6
Taxa_S	11	5	6	7	8	10
Individuals	61	14	25	47	97	55
Dominance_D	0,1357	0,449	0,456	0,2721	0,4631	0,2079
Simpson_1-D	0,8643	0,551	0,544	0,7279	0,5369	0,7921
Shannon_H	2,131	1,128	1,123	1,562	1,201	1,843

Tabla 4. Continuación

Evenness_e^H/S	0,7656	0,6176	0,5121	0,681	0,4154	0,6317
Brillouin	1,885	0,8354	0,9018	1,371	1,09	1,615
Menhinick	1,408	1,336	1,2	1,021	0,8123	1,348
Margalef	2,433	1,516	1,553	1,558	1,53	2,246
Equitability_J	0,8886	0,7006	0,6265	0,8025	0,5776	0,8005
Fisher_alpha	3,918	2,782	2,504	2,277	2,067	3,577
Berger-Parker	0,1967	0,6429	0,64	0,4468	0,6598	0,3636
Chao-1	14	6,5	12	7	8	11

NOTA: Descripción de resultados del índice de diversidad, Por Pérez, C & Sabogal, J, 2020.

Para este caso no se realizaron los cálculos usando los promedios, ya que no fue necesario, el transecto con más especies fue el transecto 1 (11 especies), el cual se caracterizó por estar ubicado en la zona con menos intervención en todo el fragmento, el transecto 2 presentó el número de especies más bajo, una consecuencia de esto fue que este transecto si bien no estaba en el borde del fragmento si estaba dentro de un parche interno separado por caminos que se crearon por el tránsito de personas constantes dentro del área, el transecto 5 fue el que más presencia de individuos obtuvo, sin embargo cabe mencionar que en este transecto específico se encontró que la especie dominante fue el pinus caribacea (Mancipe-Murillo, Calderón-Hernández, & Pérez-Martínez, 2018) el cual se caracteriza por ser una especie dominante que impide el crecimiento cercano a otras especies debido a la acidificación del suelo y a su tendencia a crecer con distancias muy cortas entre pinos, evitando que la luz solar penetre su denso follaje y alcance a los individuos de menor altura presentes en el sotobosque.(Rebolledo Camacho, 2010) Sin embargo, en el vivero no se presentó ningún brote de este, debido a los plazos y condiciones exigentes que estos requieren para su germinación (temperaturas frías o templadas) pero si se encontró en su mayoría especies herbáceas, dando un indicador de que, aunque no germine una semilla puede mantener en el suelo largos periodos de tiempo hasta encontrar las condiciones necesarias para esta.

En el fragmento N°1 la especie más presencia de individuos fue la Pteridophyta (Helecho), herbácea que se adapta muy bien a las condiciones de temperatura del trópico y a la humedad presente en el piedemonte llanero.

El transecto que presentó mayor dominancia (dominance_D) fue el 5, esto concuerda con lo explicado anteriormente, en un área donde la influencia de los pinos dificultan el crecimiento de

otras especies, siendo nuevamente la *Aciotis acuminifolia* la dominante en este transecto específico, dando una vez más justicia de la facilidad reproductiva y expansiva de las especies herbáceas, se puede observar que en los seis transectos que en general no presentan mayor diferencia en los valores de los índices de diversidad, indicando que a pesar de que existen unos pocos impactos antropogénicos el ecosistema del fragmento N°1 está muy bien conservado y protegido.

El índice de Simpson (Simpson 1-D) mide la diversidad del ecosistema, es decir la probabilidad de que en una comunidad existan individuos de diferentes especies, pero además mide la cantidad de individuos de esas especies, siendo así una medición entre 0 y 1, donde 0 es ausencia total de diversidad y 1 es diversidad infinita (*Universidad nacional de La Plata, n.d.*) el transecto 1 (con 0,8643) es el que presenta una mayor diversidad y el transecto 5 el que menor presenta (0,5369), si hacemos una relación entre las zonas del fragmento mejor conservadas y las más intervenidas por actividades antropogénicas se obtiene que en los transectos mejores conservados (T1,T4 Y T6) obtuvieron un mayor índice de diversidad por sobre los transectos (T2,T3 Y T5) (*anexo_5*) que si bien no presentan impactos drásticos o graves sobre el ecosistema si presentan algunas diferencias como, presencia de basura, o tala de retoños debido al constante tránsito de personas.

El índice de Shannon, que mide la diversidad específica y ofrece la posibilidad de identificar si la biodiversidad de un ecosistema es alta o baja, para el fragmento N°1 se obtuvo que la diversidad es relativamente baja en Shannon, debido a que solo uno de los seis transectos presentó valores sobre 2 (transecto 1= 2,131), es probable que durante los 5 meses de duración del monitoreo no todas las semillas lograsen germinar, o muriesen durante este periodo, antes de realizar la identificación de las especies, sin embargo el número de individuos fue alto (*anexo_2*). El transecto 2 fue el que menor valor obtuvo (1,128), (*anexo_6*).

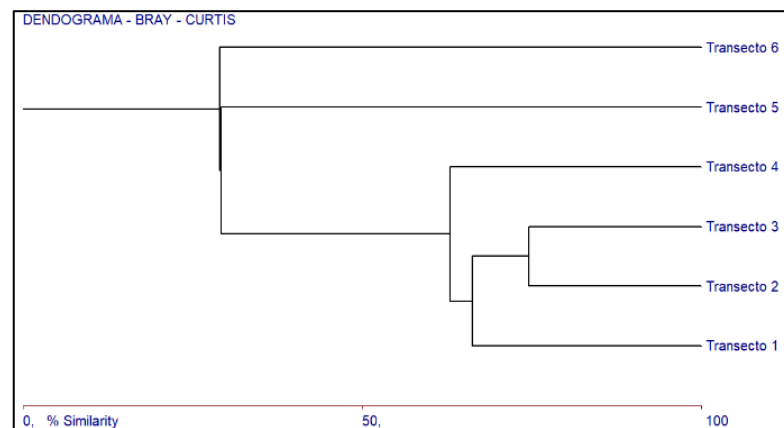


Figura 7 Dendrograma de especies para el fragmento N°1. Por Pérez, C & Sabogal, J, 2020.

La relación de los transectos se ve estrechamente relacionada con la distancia y la ubicación entre ellos, ya que en la *figura 7*, se observa la formación de dos grupos, el primero conformado por el transecto 1, 2, 3 y 4, los cuales están ubicados en la zona suroriental del jardín botánico (fragmento N°1), mientras que los transectos 5 y 6 están ubicados en la zona noroccidental del jardín, esta distribución se realizó tomando como punto de referencia la zona administrativa del jardín botánico, siendo esta la única zona con intervención antropogénica oficial (vía de acceso, parqueadero, vivero kiosko y edificios administrativos) que representa un porcentaje muy bajo de área respecto al tamaño total del fragmento.

La similaridad fue de 29,1 % en general es baja dando a entender que, aunque esta sea una matriz de bosque con casi ninguna intervención o fragmentación interna, existen micro-relieves y condiciones locales como la presencia de basura, compactación del suelo por presencia de humana, dominancia por especies introducidas, entre otras que logran afectar la similaridad en todo el fragmento. Los transectos 2 y 3 fueron los más relacionados entre sí con 74,4% de similitud, mientras que el transecto 6 es el que menor relación tuvo con los demás.

Tabla 5 Índices de diversidad. Para el fragmento N°2

ÍNDICE	Transecto 1	Transecto 2	Transecto 3	Transecto 4
Taxa_S	22	20	14	13
Dominance_D	0,1366	0,2569	0,1384	0,1821
Simpson_1-D	0,8634	0,7431	0,8616	0,8179
Shannon_H	2,458	1,969	2,304	1,99
Evenness_e^H/S	0,5309	0,3582	0,7151	0,5629
Brillouin	2,145	1,747	1,86	1,807
Menhinick	2,372	1,907	2,401	1,327
Margalef	4,714	4,042	3,687	2,629
Equitability_J	0,7952	0,6573	0,8729	0,776
Fisher_alpha	9,554	7,153	8,902	4,055
Berger-Parker	0,2791	0,4545	0,2941	0,3333
Chao-1	29,5	27,2	19,25	28

NOTA: Descripción de resultados del índice de diversidad, Por Pérez, C & Sabogal, J, 2020.

En la *tabla 5* se observan los índices de diversidad para el fragmento N°2 el cual comprende el área del barrio playa rica ubicado en la zona sur de la ciudad de Villavicencio, es también el más

pequeño y más afectado por las actividades antropogénicas. El transecto con mayor cantidad de especies encontradas (Taxas_S) fue el transecto 1 (22) que cuenta con la mejor conservación de todo el fragmento, esto debido a su cercanía con una planta de tratamiento de agua potable (PTAP), la cual decreta esta zona como área de protección por reserva hídrica impidiendo que en ella se realice algún tipo de explotación antropogénica, sin embargo esta área es relativamente pequeña y sólo representa una pequeña parte de la totalidad del fragmento, el transecto que menor cantidad de especies presentó fue el transecto 4 (13), sin embargo el 3 presenta un valor muy cercano, siendo este último el que menor cantidad de individuos presentó para todo el fragmento, cabe resaltar que también es este el transecto más afectado por el efectos de la fragmentación, debido a que la mayor parte del transecto estaba en un área con cobertura vegetal de pastizal, zona que fue deforestada para actividades de ganadería. El transecto que mayor cantidad de individuos presentó fue el transecto 2 (110 individuos).

La diversidad fue relativamente baja debido a que en general los cuatro transectos del fragmento N°2 presentaron un índice de Simpson bastante alto, es decir con valores muy cercanos a 1, siendo el transecto 1 el que más dominancia presentó con 0,8634, no obstante, no hubo variaciones significativas en todo el fragmento, como se observa en el *anexo_7*.

La diversidad específica (índice de Shannon) , presentó ciertas diferencias para el fragmento N°2, los transectos 1 y 3 presentaron una diversidad medianamente alta, ya que superaron el valor de 2, mientras que el transecto 2 y 4 no lo superaron (*anexo_8*), esto es consecuencia de que aunque el fragmento sea el que más presencia de especies tenga (39 especies) por sobre el fragmento N°1 (33 especies) y el fragmento 3 (16 especies) (*anexo_4*), la cantidad de individuos con los que cuenta cada especie es muy baja, generando la mayor dominancia de los tres fragmentos a estudiar.

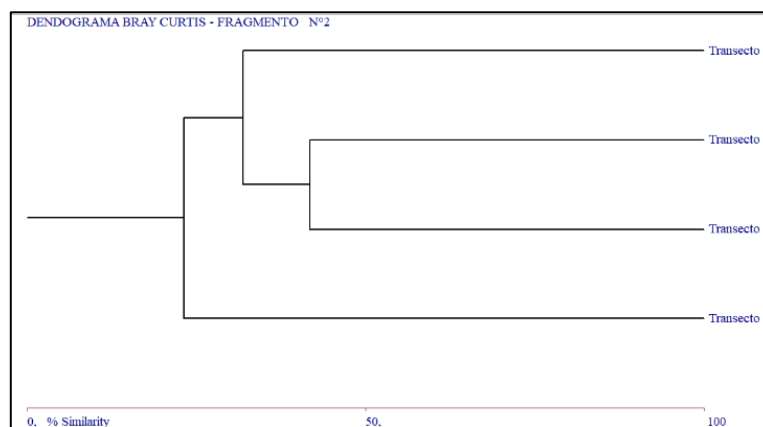


Figura 8 Dendrograma de especies para el fragmento N°2. Por Pérez, C & Sabogal, J, 2020.

En la figura anterior (*figura_8*) se observan dos grupos compuestos por el transecto 2, 3 y 4 en el primer grupo y el transecto 1 para el segundo grupo, se presentó una similaridad del 23,1% siendo está relativamente baja, cabe recordar que el transecto fue el transecto que mejor conservación presenta, además de ser el menos afectado, sin embargo al igual que en fragmento N°1 el factor de la ubicación parece influir en la similitud, ya que el transecto 1 también es el más alejado con respecto a los demás, los transectos 2 y 4 fueron los que mayor similitud obtuvieron con 42,5 %, pero en comparación al fragmento N°1 es baja, uno de los factores que influye es el grado de afectación que tiene este ecosistema, debido a que cuenta con demasiados parches internos de bosque, impidiendo una matriz de bosque constante, allí predominan los cambios drásticos de cobertura entre bosque y pastizal que generan importantes cambios en la composición del BSG (*Velosa Caicedo, Domínguez Guarín, & Romero Perdomo, 2018*). otras zonas del mismo fragmento están divididas por la presencia de caminos para vehículos de carga pesada, ganadería o zonas de cantera.

Tabla 6 . Índices de diversidad para el Fragmento N°3

ESPECIE	Transecto 1	Transecto 2	Transecto 3
Taxa_S	8	9	9
Individuals	80	69	47
Dominance_D	0,6325	0,472	0,3282
Simpson_1-D	0,3675	0,528	0,6718
Shannon_H	0,8594	1,205	1,537
Evenness_e^H/S	0,2952	0,3706	0,5167
Brillouin	0,7497	1,054	1,316
Menhinick	0,8944	1,083	1,313
Margalef	1,597	1,889	2,078
Equitability_J	0,4133	0,5483	0,6995
Fisher_alpha	2,213	2,763	3,306
Berger-Parker	0,7875	0,6667	0,5319
Chao-1	8,75	15	10

NOTA: Descripción de resultados del índice de diversidad del área de bosque ubicada abajo del caño grande junto al condominio residencial el rincón de las lomas.. Por Pérez, C & Sabogal, J, 2020.

El fragmento N°3 presentó una cantidad de especies bastante baja respecto a los otros fragmentos, siendo el transecto 2 y 3 los más alto con 9 Taxa_S, sin embargo el transecto 1 estuvo bastante cerca con 8, si bien no es demasiado alto, se observa una similitud entre los tres transectos, no obstante existe una variación entre los individuos presentes en cada transecto, siendo el transecto 1 el que mayor individuos presentó con 80 y el transecto 3 el que menos presentó con 47, siendo este el que mayor impacto por efectos de borde tuvo, a causa de que su ubicación fue en su totalidad un área de borde del fragmento.

La dominancia de especies fue relativamente media (Simpson 1- D) (*anexo_9*), los tres transectos presentaron valores cercanos entre sí. Siendo el transecto 3 el mayor (0,67), es decir el que menos dominancia presentó, esto se debe a que los transectos 1 y 2 contaron con un número de individuos demasiado alto para una sola especie respecto a las otras (*anexo_4*) la cual fue la especie *Aciotis acuminifolia* una herbácea, al igual que en el fragmento N°2 demostrando que existen relación entre la cercanía de los fragmentos.

La riqueza fue baja en el fragmento N°3 (Shannon_H) a causa de la alta dominancia de una especie en particular y la poca población de otros individuos donde en su mayoría no supera los 10 individuos hace que el transecto 1 con 0,85 sea el que menor riqueza presente y que el número 3 el que más riqueza presente con 1,57 (*anexo_10*), pero esto dista mucho de ser un valor alto, ya que posición no se da porque tenga más especies o más cantidad de individuos, se da porque la especie dominante cuenta con menos individuos haciendo que su dominancia sea menor.

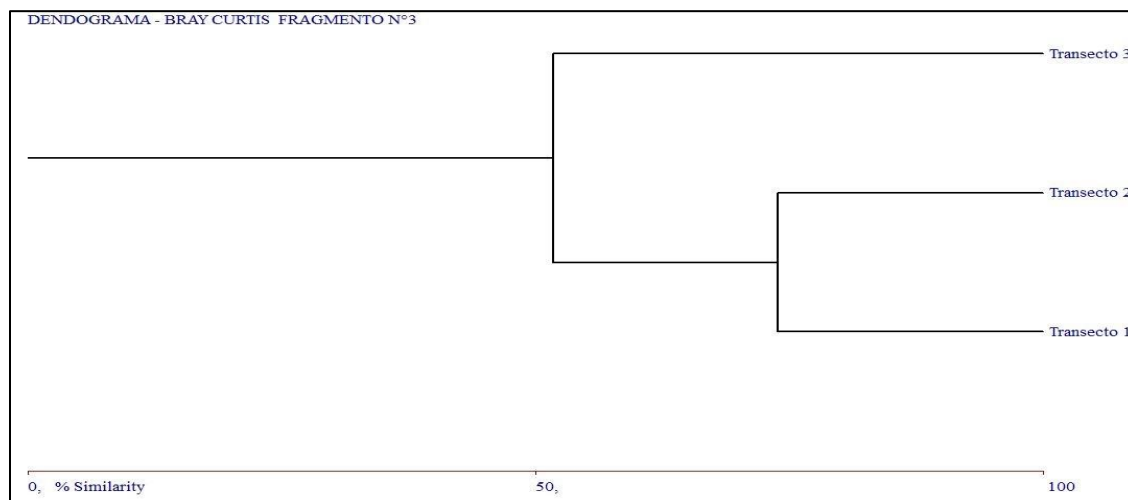


Figura 9 Dendrograma de especies para el fragmento N°3. Por Pérez, C & Sabogal, J, 2020.

Se observa la diferencia en las condiciones de composición y diversidad del BSG que son determinadas por las condiciones ecosistémicas de cada lugar, existe una similitud más estrecha entre el transecto 1 y el transecto 2, que con una similitud de 73,6 % (*figura_9*), estos transectos estaban ubicados en una zona con pendientes elevadas que dificultaron el desarrollo de cualquier actividad antropogénica, por lo tanto están mucho más conservados que el transecto 3, que se encuentra ubicado en la zona baja de la colina, en todo el borde del fragmento, recibiendo constantemente la presión de las actividades humanas, cabe resaltar que en este transecto un camino da muestra del constante tránsito de personas por esa área, la similitud entre estos dos transectos y el transecto 3 fue de 51,23% siendo una similitud media.

5.1.3 Análisis físico-químico del suelo.

5.1.3.1 Textura y Color

La gran mayoría de los suelos presentes en las tres áreas de fragmento tienen una textura franca, donde predomina la coloración marrón característicos de los suelos del piedemonte llanero. Sin embargo, hubo variaciones que pudieron ser determinadas por las condiciones en la que se encuentra cada fragmento. Por lo tanto, se observó (*anexo_11*) que en las áreas donde menos intervención de actividades antropogénicas hay, se mantuvo un solo tipo de textura.

Como se observa (*anexo_11*), en el fragmento 1 y 3 no hay variaciones en la textura del suelo. No obstante, en el fragmento 2, se presentaron cambios en la textura, por ejemplo, el transecto 2 fue el que más presentó variaciones, debido posiblemente a su cercanía a dos cuerpos hídricos que contienen material de arrastre producto de dos canteras de arena cercanas, donde al momento de recolectar las muestras de suelo, se contempló una mezcla de tres tipos de suelo con diferente color (5, 46 y 8) según el “RASTA”, siendo esto un posible indicador de alteración física en el suelo.

5.1.3.2 *Porcentaje de agua y densidad aparente por método de cilindro.*

- **Densidad aparente**

Según los resultados obtenidos en el laboratorio físico del suelo, la densidad aparente varía según el fragmento debido a factores como la porosidad, consistencia y compactación del suelo. Se evidencia (*anexo_12*) que el transecto con una menor densidad aparente es el T3P1 del fragmento 3, con un valor de 1,22 g/cm³, es decir que tiene mayor porosidad y contiene una gran cantidad de agregados debido a que está cerca de un camino. Por otra parte, el T1P5 del fragmento 2, tiene un valor de 2,20 g/cm³, encontrándose en una zona con una pendiente de 21,5% y con una erosión mínima provocada por el agua de escorrentía.

- **Porcentaje de agua o humedad del suelo**

Según los resultados obtenidos (*anexo_13*), el mayor porcentaje de agua o humedad del suelo se presenta en el T2P1 del fragmento 2 con un valor de 41,37%, debido a que es un suelo poroso y está ubicado cerca de un cuerpo hídrico, mientras que el de menor porcentaje es T1P6 del mismo fragmento 2 con un valor de 12,64%, a causa de que es una zona con pendiente de 22,5 % tiene un alto nivel de escorrentía. En general el fragmento 2 presenta una humedad relativamente alta, debido a que se acerca a los porcentajes de agua que cada tipo de suelo contiene, siendo así, una característica importante en los ecosistemas de piedemonte, la humedad producto de los cuerpos hídricos. (*SILVA, A.; PONCE DE LEÓN, J.; GARCÍA, F. y DURÁN, 1988*)

Esta riqueza hídrica llega al suelo mediante escorrentía, precipitación y es almacenada mediante la absorción del suelo, la cual se encuentra estrechamente relacionada con la densidad aparente con la que cuenta cada tipo de suelo.

5.1.3.3 *pH del suelo.*

El pH en los fragmentos es ligeramente ácido, dentro de un rango entre 3,34 y 5,40, debido a que en el piedemonte se registra un gran porcentaje de suelos Oxisoles que se caracterizan por ser suelos ácidos, ya que tienen altos contenidos de aluminio según el IGAC. (*Olivera, 2015*)

estos son responsables en gran medida de acidificar los suelos y también debido a la carga de materia orgánica que se encuentra en proceso de descomposición.

Tabla 7 pH de suelo de las tres áreas de fragmentos. Por Pérez, C & Sabogal, J, 2020.

FRAGMENTO 1							FRAGMENTO 2				FRAGMENTO 3		
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3
P1	4,77	3,57	3,63	3,67	3,65	3,44	3,49	3,41	3,9	3,77	3,5	3,59	5,4
P5	3,74	3,41	3,4	3,45	3,88	3,34	3,76	3,62	3,48	3,48	3,57	3,59	4,8
P6	3,67	3,48	3,36	3,52	3,92	3,42	4,36	3,56	3,46	3,92	3,62	3,53	4,73

NOTA: Descripción de resultados del índice de diversidad, Por Pérez, C & Sabogal, J, 2020.

El fragmento con mayores valores de acidez es el 1 (*tabla 6*) con un promedio de 3,63 en pH; uno de los factores que puede influir en este valor es el mencionado anteriormente sobre la materia orgánica en descomposición, ya que en general el fragmento 1 se caracterizó por tener una alta cobertura de hojarasca en todas sus muestras recolectadas; a esto se le suma la considerable presencia de individuos arbóreos de bosque primario que con su mayor cobertura aportan un alto porcentaje de hojas al suelo.

El fragmento 3, presentó el pH más alto con un valor de 4,04; este sitio al presentar una mayor pendiente (45%) en la mayor parte del área, la hojarasca depositada en el suelo no alcanza a descomponerse en su totalidad debido a la escorrentía producto de las lluvias que la arrastra a zonas más bajas y cercanas a los cuerpos hídricos.

5.1.3.4 Porcentaje de materia orgánica.

- **Titulación**

Una de las características a tener en cuenta, es que el método de titulación (W&B) degrada entre 70%-80% de la materia orgánica presente en el suelo siendo así el más eficiente y usado en los estudios de suelo, mientras que el método de calcinación solo remueve el 40%-50% de esta. Es por esto que existe un rango de diferencia entre estos dos métodos, el cual se evidencia en las *figuras 10 y 11*, donde, el método de calcinación usa la pérdida de peso como factor, exponiendo el suelo a altas temperaturas (360°C) (*Eyherabide, Echeverría, Rozas, & Barbieri, 2014*).

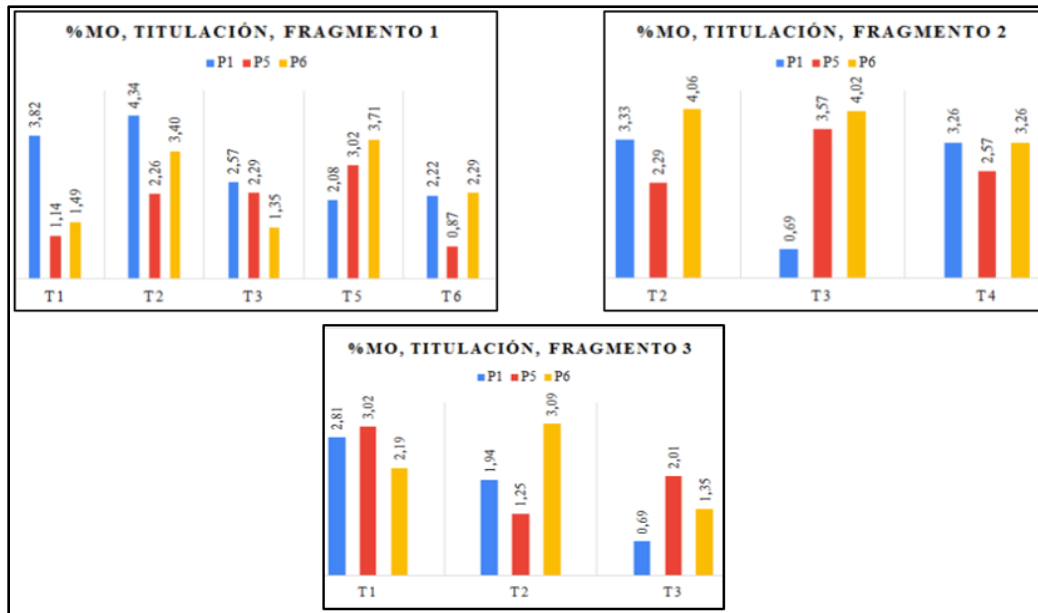


Figura 10 Porcentaje de Materia orgánica por método de titulación (W&B), fragmento 1, 2 y 3. Por Sabogal y Pérez, 2020. Por Pérez, C & Sabogal, J, 2020.

NOTA: Cabe resaltar que por el método de Walkley & Black, no se realizó pruebas en el transecto 4 del fragmento 1 y transecto 1 del fragmento 2, debido a las limitaciones mencionadas en la metodología.

En base a los resultados obtenidos por el método Walkley & Black, se evidenció que en dos puntos se obtuvo el mismo porcentaje de materia orgánica (0,69%); el primero es en el fragmento 2, T3P1 (*figura_10*), se encuentra ubicado en el borde del fragmento junto a la vía de acceso a la cantera de arena “Villa Alix”, donde transitan constantemente vehículos de carga pesada compactando el suelo e impidiendo la proliferación de cobertura vegetal; por ende, el resultado hallado es muy bajo. El segundo punto es en el fragmento 3 (*figura_10*), T3P1, que se localiza en una zona compactada por la gran cantidad de agregados presentes; esto ocasiona que la matriz del suelo sea de poca profundidad, impidiendo que la hojarasca depositada realice un adecuado proceso de descomposición, siendo finalmente arrastrada por la escorrentía.

El fragmento 1 (*figura 10*), T2P1, presentó el mayor porcentaje de materia orgánica (4,34%) debido a que son varios los factores que ayudan a que la materia orgánica se descomponga; estos son la baja pendiente (5%) que ocasiona una baja remoción por escorrentía de la hojarasca, producto de la alta presencia de individuos de bosque primario.

• Calcinación

El método de calcinación, no solo se degrada la materia orgánica, sino que también se generan cambios en la composición mineral de este, lo que se traduce finalmente en un peso inferior al peso que se obtendría si sólo se degradara la materia orgánica; por lo tanto, al realizar el cálculo (ecuación 10) la diferencia será mayor, dando como resultado un porcentaje con cierto grado de inexactitud (Eyherabide et al., 2014).

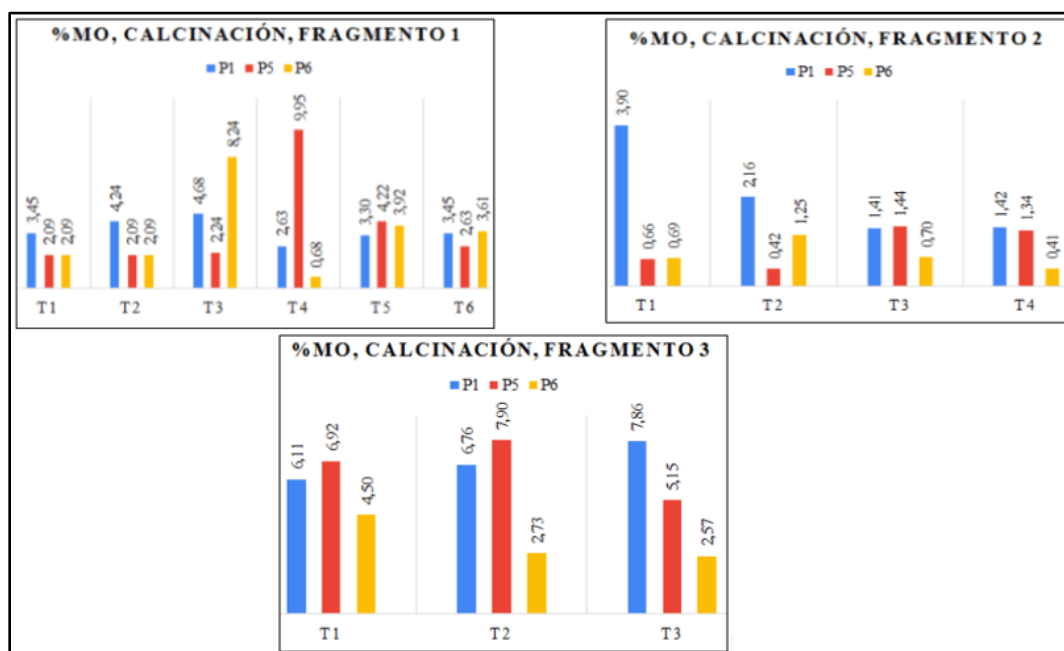


Figura 11 Porcentaje de Materia orgánica por método de calcinación, fragmento 1, 2 y 3. Por Pérez, C & Sabogal, J, 2020.

El fragmento con más bajo porcentaje de materia orgánica es el 2 (figura_11), T4P6 (0,41%); este fragmento está ubicado en un área con una pendiente bastante pronunciada (38,7%), ser una zona utilizada para actividades de ganadería, donde realizan podas retirando parte de la cobertura vegetal generando una desestabilización del suelo y erosión del mismo. Por lo contrario, el fragmento N°1, T4P5, presentó el mayor porcentaje (9,95%), ya que este punto se encontraba en una zona relativamente plana, por ende, la acumulación de hojarasca es más alta en comparación con los otros dos fragmentos estudiados.

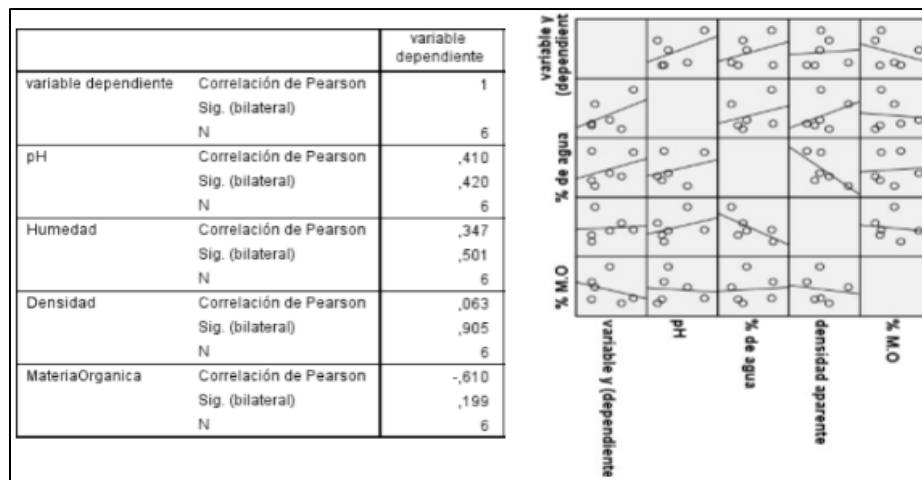
5.1.4 Relación del BSG y características físico-químicas del suelo.

En las siguientes graficas se evidencia la correlación existente entre las características físicoquímicas del suelo y los índices de diversidad de Shannon, Simpson y Margalef. Las pruebas de normalidad (*Anexo_17, Anexo_18, Anexo_19*) muestran que todos los datos fueron normales, esto se observa en la casilla de Significancia (Sig.) de la prueba de normalidad de Shapiro –Wilk.

Las variables “*EjeYShannon, EjeYSimpson y EjeYMargalef*” son los índices ecológicos, En las matrices de correlación la variable “*Y (dependiente)*” son los índices ecológicos. Para el interés de esta investigación solo se contempla la relación entre la variable “variable *Y dependiente*” y las variables del suelo, omitiendo la relación entre las demás variables, es decir que solo se tendrá en cuenta las correlaciones plasmadas en el lado izquierdo y superior de las matrices. Esto se aplicará para todas las matrices de correlación en los tres índices a medir.

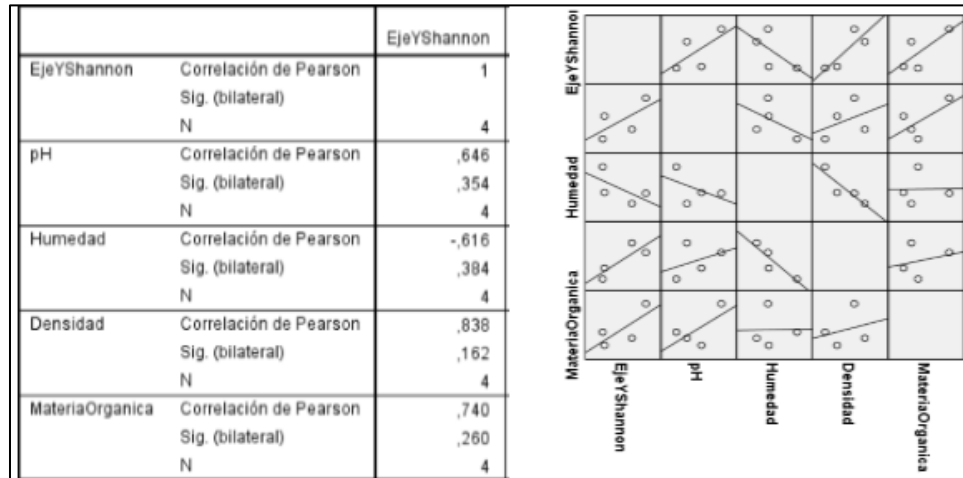
- **Correlación entre características físicoquímicas del suelo y el índice de diversidad de Shannon**

Tabla 8 Correlación de variables físicoquímicas del suelo con el índice de Shannon y Matriz de correlación multivariada de estas del fragmento N°1..



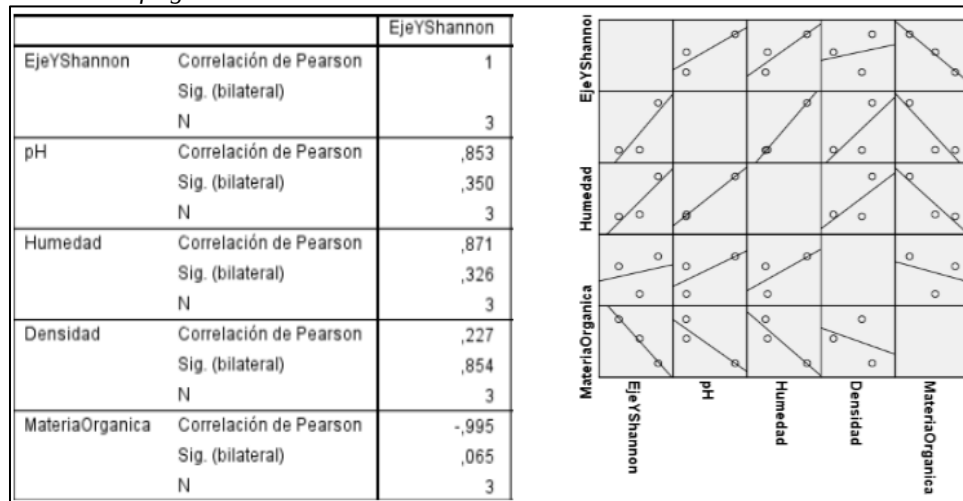
NOTA: Descripción de resultados de la Correlación entre características físicoquímicas del suelo y el índice de diversidad de Shannon, Por Pérez, C & Sabogal, J, 2020

Tabla 9 Correlación de variables fisicoquímicas del suelo con el índice de Shannon y Matriz de correlación multivariada de estas del fragmento N°2 (pH y humedad con relación positiva con la diversidad; densidad no está relacionada con diversidad; materia orgánica con relación negativa con diversidad) NOTA: La variable “variable dependiente” es el índice de Shannon.



NOTA: Descripción de resultados de la Correlación entre características fisicoquímicas del suelo y el índice de diversidad de Shannon, Por Pérez, C & Sabogal, J, 2020

Tabla 10 Correlación de variables fisicoquímicas del suelo con el índice de Shannon y Matriz de correlación multivariada de estas del fragmento N°3.



NOTA: Descripción de resultados de la Correlación entre características fisicoquímicas del suelo y el índice de diversidad de Shannon, Por Pérez, C & Sabogal, J, 2020

En las anteriores tablas se observan la relación existente entre el índice de Shannon y las características fisicoquímicas del suelo, para los tres fragmentos del área de estudio. Se observa que existe una relación estrecha entre ellas. Se evidencia en las tablas de correlación que la

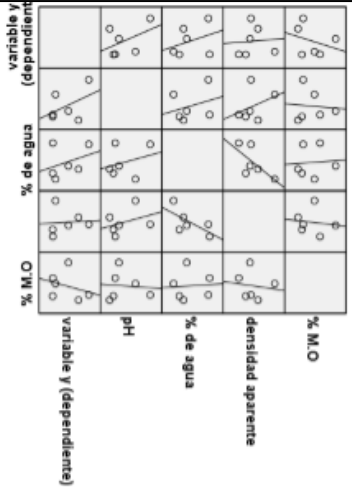
variable presenta valores de correlación de Pearson cercanos a 1, siendo un promedio de 0,60 en general, sin embargo, la variable que más influyó en el comportamiento del índice de Shannon fue el porcentaje de materia orgánica, siendo la más alta para el fragmento N°1 (*tabla_8*) y en el fragmento N°3 (*tabla_10*), sin embargo, para el fragmento N°2 estuvo ubicada en el segundo lugar *tabla_9*). Se puede tomar la materia orgánica como un indicador del nivel de afectación con el que cuenta un ecosistema, ya que como se ha nombrado anteriormente la cobertura vegetal de un área es un fuerte indicador de sus condiciones ecológicas, siendo así la materia orgánica producto mayormente de la hojarasca producida por las plantas presentes en cada ecosistema, un claro ejemplo de esto es el punto 1 del transecto 3 del fragmento N°2 y el punto 1 del transecto 3 en el fragmento N°3 (*figura_10*) , los cuales al estar ubicados en un área de fragmento deforestada y con ausencia total de cobertura arbórea se obtienen los valores de % de materia orgánica más bajos (0,69) y también el número de individuos más bajos de los tres fragmentos. La materia orgánica aparece como negativa en dos de los tres fragmentos, por lo tanto, indica que tiene una correlación negativa, donde si uno disminuye, el otro también.

Existe una significancia entre el índice de Shannon y las características del BSG, estando la mayoría entre 0,1 y 0,5 dando una señal de que la probabilidad de hipótesis nula es baja.

- **Correlación entre las características del suelo y el índice de Simpson.**

Tabla 11 Correlación de variables fisicoquímicas del suelo con el índice de Simpson y Matriz de correlación multivariada de estas del fragmento N°1.

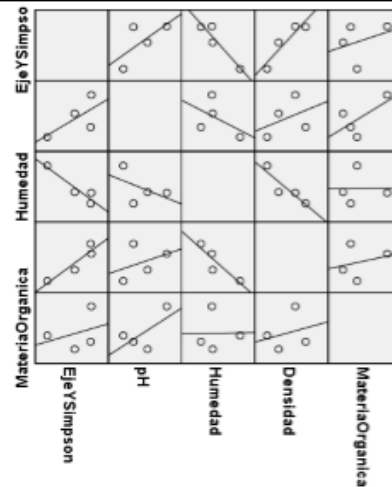
		variable y (dependiente)
variable y (dependiente)	Correlación de Pearson	1
	Sig. (bilateral)	
	N	6
pH	Correlación de Pearson	,456
	Sig. (bilateral)	,363
	N	6
% de agua	Correlación de Pearson	,336
	Sig. (bilateral)	,514
	N	6
densidad aparente	Correlación de Pearson	,067
	Sig. (bilateral)	,899
	N	6
% M.O	Correlación de Pearson	-,297
	Sig. (bilateral)	,567
	N	6



NOTA: Descripción de resultados de la Correlación entre características fisicoquímicas del suelo y el índice de diversidad de Shannon, Por Pérez, C & Sabogal, J, 2020

Tabla 12 Correlación de variables fisicoquímicas del suelo con el índice de Simpson y Matriz de correlación multivariada de estas del fragmento N°2.

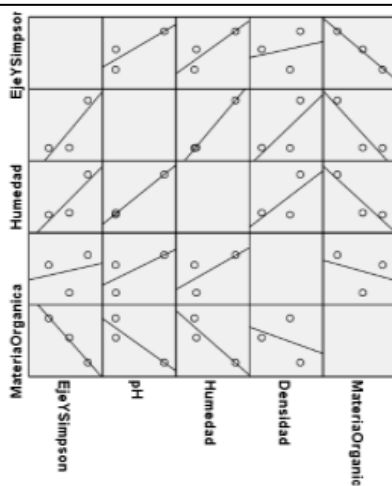
		EjeYSimpson
EjeYSimpson	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	1 4
pH	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	,674 ,326 4
Humedad	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	-,941 ,059 4
Densidad	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	,927 ,073 4
MateriaOrganica	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	,323 ,677 4



NOTA: Descripción de resultados de la Correlación entre características fisicoquímicas del suelo y el índice de diversidad de Shannon, Por Pérez, C & Sabogal, J, 2020

Tabla 13 Correlación de variables fisicoquímicas del suelo con el índice de Simpson y Matriz de correlación multivariada de estas del fragmento N°3.

		EjeYSimpson
EjeYSimpson	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	1 3
pH	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	,853 ,350 3
Humedad	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	,871 ,326 3
Densidad	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	,227 ,854 3
MateriaOrganica	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	-,995 ,065 3

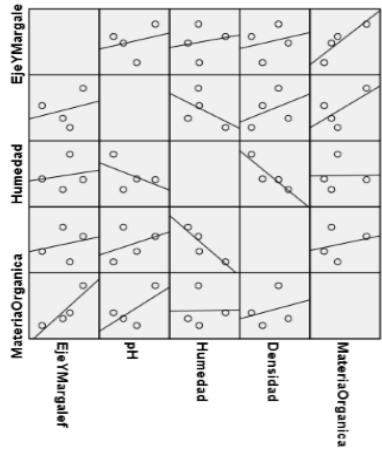


NOTA: Descripción de resultados de la Correlación entre características fisicoquímicas del suelo y el índice de diversidad de Shannon, Por Pérez, C & Sabogal, J, 2020

El índice de Simpson es uno de los más representativos en este estudio, debido a la alta dominancia que presentaron algunas especies, donde las especies dominantes fueron herbáceas, siendo este tipo de plantas las que mayor población tuvo (*ver figura_3*), estando presente en los tres fragmentos, sin embargo, en este caso no hubo una correlación dominante, debido a que en el fragmento N°1 la correlación más fuerte fue entre el índice de Simpson y pH con 0,456 (*tabla_11*) aunque no sea un valor muy alto el pH si es un indicador importante que influye en el BSG. Para el fragmento N°2 la correlación más alta fue entre el índice de Simpson y el

Tabla 15 Correlación de variables fisicoquímicas del suelo con el índice de Margalef y Matriz de correlación multivariada de estas del fragmento N°2. Por Pérez, C & Sabogal, J, 2020.

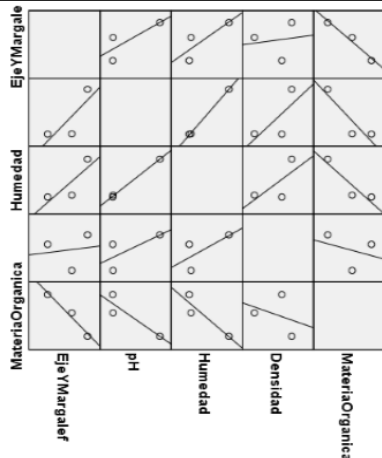
		EjeYMargalef
EjeYMargalef	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	1 4
pH	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	,257 ,743 4
Humedad	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	,177 ,823 4
Densidad	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	,233 ,767 4
MateriaOrganica	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	,892 ,108 4



NOTA: Descripción de resultados de la • Correlación entre las características fisicoquímicas del suelo y el índice de Margalef., Por Pérez, C & Sabogal, J, 2020

Tabla 16 Correlación de variables fisicoquímicas del suelo con el índice de Margalef y Matriz de correlación multivariada de estas del fragmento N°3. Por Pérez, C & Sabogal, J, 2020.

		EjeYMargalef
EjeYMargalef	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	1 3
pH	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	,802 ,408 3
Humedad	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	,823 ,385 3
Densidad	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	,137 ,913 3
MateriaOrganica	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	-,981 ,123 3



NOTA: Descripción de resultados de la • Correlación entre las características fisicoquímicas del suelo y el índice de Margalef., Por Pérez, C & Sabogal, J, 2020

La riqueza específica es un factor que compara la cantidad de especies que hay presentes en la muestra y la cantidad de individuos que cada especie tiene, dando un rango más cercano a la realidad de la diversidad con la que cuenta cada ecosistema, la correlación con mayor cercanía fue entre el índice de materia orgánica y el índice de Margalef, siendo esta la que obtuvo mayor valor en los tres fragmentos (-0,610 en fragmento N°1, 0,892 en fragmento N°2 y -0, 981 en fragmento N°3) con una significancia inferior a los 0,5 (tabla_14,15,16) descartando la hipótesis nula, la densidad aparente fue la correlación más baja de los fragmentos N°1 y N°3, en el N°2 también presentó valores bajos. No obstante, la significancia en dicha correlación fue alta, dando muestra del alto grado de incertidumbre para esta correlación.

Discusión y Recomendaciones

En este estudio hubo una cifra de 2660 individuos agrupados en 54 especies pertenecientes a 30 familias, donde la mayoría fueron especies herbáceas (33 especies), mostrando una gran cantidad de individuos (1116). De acuerdo a la Tabla 2 el transecto con mayor valor ($n= 0.88$) para el índice de diversidad según Simpson $1 - D$ fue el transecto 6 perteneciente al Fragmento N°1; esto muestra una baja dominancia asociada a una mayor riqueza de especies en la muestra. Por el contrario, el transecto con menor riqueza y alta dominancia fue el transecto 11 del Fragmento N°3. Aparentemente el BSG de los ecosistemas de piedemonte que se encuentran impactados por la fragmentación tienden a ser ocupados por especies herbáceas dominantes que ocasionan la reducción del número de especies, impidiendo la propagación de especies arbóreas, cambiando la cobertura vegetal hacia terrenos de pastizales y herbáceas en general. Esto tiene concordancia con la investigación realizada por Zhang Hao y L.M Chu. en su comparación de composición del BSG en tres canteras de diferente etapa de recuperación; las herbáceas fueron las plántulas predominantes en los fragmentos más afectados siendo un bioindicador (Zhang & Chu, 2013) de que las características fisicoquímicas del suelo influyen de gran manera en la composición y desarrollo del BSG y las plántulas que de este emerge ya que el suelo es el entorno al que habitualmente llegan las semillas y allí se encuentran con factores ambientales que determinan la supervivencia y germinación de estas (Gómez-Ruiz & Lindig-Cisneros, 2017). Factores como la materia orgánica del suelo influye en la fertilidad ocasionando un proceso de acidificación provocando la liberación de los nutrientes del suelo e influyendo en el desarrollo y metabolismo de las plantas. Por lo tanto, una deficiencia de %MO producto de un alto nivel de escorrentía provocada por la baja capacidad de retención de agua, conllevan a una remoción de nutrientes y minerales, en suelos altamente densos y compactos (BASSETT, SIMCOCK, & MITCHELL, 2005). Según la FAO y el IGAC (Olivera, 2015), un gran porcentaje de los suelos del piedemonte son Oxisoles y están asociados a la alta humedad durante una gran parte del año, debido a esto son muchos los factores que afectan en desarrollo composición y diversidad del BSG. En el *anexo_15* se observa el seguimiento de crecimiento, a una muestra seleccionada de 48 plántulas por cada fragmento, a las cuales se le realizó observaciones durante un periodo de 4 meses tomando medidas periódicamente. El fragmento N°1 presentó mayor número de individuos con

altura de más de 15 cm (20 individuos), respecto al fragmento N°2 (3 individuos) y el fragmento N°3 (10 individuos), mostrando una concordancia y relación entre el estado de cada fragmento y el desarrollo de las plántulas emergentes. Sin embargo, existe otra característica que también influye en gran manera en el desarrollo de las semillas presentes en el BSG. Como se observa en el fragmento N°2, los cambios en las características del suelo, su cobertura y efectos de fenómenos como la compactación y erosión del suelo, que remueven nutrientes, parte de la materia orgánica, que con el tiempo se convierte en humus y posteriormente en horizonte orgánico (*FAO, n.d.*) alteran el crecimiento y desarrollo de las plantas. En la parte derecha de la gráfica (*anexo_15*) se observan los individuos pertenecientes a los últimos transectos de cada fragmento, resaltando que en color verde los individuos del fragmento N°1 presentan un crecimiento alto en comparación a los pertenecientes al fragmento N°2 y N°3, que si bien recordamos sus últimos transectos (transecto 3 para el F2 y F3) estaban ubicados en las áreas más afectadas; en este lado de la gráfica estos individuos apenas superan los 10 cm de altura, y en general gran número de estos presentaron crecimiento anormales con tallo torcido.

Sin embargo, se hace necesario realizar estos estudios en una escala más específica debido a que cada fragmento es un sistema complejo de componentes como el micro relieve, microclima y parches internos de bosque, con zonas donde se producen impactos ambientales muy puntuales

Este estudio arroja información clave para la producción de nuevas investigaciones enfocadas en alguna de las tres áreas de estudio o en una relación puntual del ecosistema frente a algún impacto o una característica del suelo o bien para investigaciones enfocadas en el desarrollo de alguna especie de planta como herramienta potencial de reforestación además de ser posiblemente relacionada con la interacción de la fauna del piedemonte.

Se recomienda que exista más participación por parte de la institución de educación superior y las entidades gubernamentales o privadas en la gestión de este tipo de proyectos, puesto que van de la mano en pro de la protección y conservación del piedemonte vecino a Villavicencio, esto debido a que en ocasiones los recursos otorgados no permiten el desarrollo eficaz de los estudios, restando alcance investigativo.

Conclusiones

- El tamaño de los fragmentos influye en capacidad de conservación de los ecosistemas de bosque de piedemonte llanero, ya que se encontró una relación directa entre el tamaño del fragmento y el grado de afectación, el fragmento N°2, es el área que tiene más alteraciones por las actividades antropogénicas, con una alta dominancia de especies herbáceas en el BSG, el fragmento N°1 mostró una riqueza de especies muy equitativa reflejando que una matriz de bosque más densa disminuye las afectaciones negativas en el BSG, En el fragmento N°3 se presentaron condiciones intermedias, debido a que es un área que cuenta con alteraciones antropogénicas sólo en sus zonas de borde producto de los esfuerzos de conservación por parte de entidades públicas y privadas.
- El suelo es un componente ecológico complejo que sufre cambios y afectaciones debido a diversas condiciones externas, las características fisicoquímicas del suelo muestran cómo se evidencian estos cambios y el cómo al ser expuesto a procesos derivados de actividades humanas como la compactación, erosión, deforestación y explotación generan cambios como los reflejados en el fragmento N°2 donde se ha evidenciado pérdida del porcentaje de materia orgánica y a diferencias notorias en la densidad por mezcla de material de arrastre arenoso, la pendiente es un factor que influye en gran manera sobre el comportamiento de las características del suelo como se evidencia en el fragmento N°3.
- Los valores de las características fisico-químicas del suelo obtenidas representan que hay una correlación bastante estrecha con el BSG, en especial el %MO debido a que indican las condiciones ecológicas de las áreas mostrando que el alto porcentaje de materia orgánica es producto de coberturas de bosque saludable y con poca intervención antropogénica, estas coberturas también ejercen un refuerzo para la estructura del suelo en zonas de pendientes elevadas, dando una consistencia y reduciendo la erosión de los suelo, que a su vez conserva los nutrientes necesarios para sustentar una alta riqueza y un alto grado de diversidad en áreas de piedemonte, donde factores como la densidad aparente y porcentaje de humedad del suelo constituyen la principal reserva de agua para el crecimiento de las plantas regulando el ciclo hidrológico a nivel de germinación y desarrollo de las plántulas emergentes.

Referencias Bibliográficas

- Abadía, J. G. (2007). Cambios en la cobertura del paisaje y fuerzas conductoras en los Llanos Orientales Colombianos (Puerto López, Meta), 1988-2007. Retrieved from <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/12443/abadiajuanguillermo2011.pdf?Sequence=1&isallowed=y>
- Abbey, D. G. (1988). Tangipahoa Crossing. Restoring and preserving one of Louisiana's designated scenic rivers. Retrieved May 11, 2019, from <https://www-scopus-com.crai-ustadigital.usantotomas.edu.co/record/display.uri?Eid=2-s2.0-85040888463&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=Tangipahoa++restoration&st2=&sid=f9a6890108700936707d925248d46bda&sot=b&sdt=b&sl=38&s=TITLE-ABS-KEY%28Tangipahoa++>
- Acuario adictos. (n.d.). Aciotis Acuminifolia - Acuario Adictos. Retrieved April 3, 2020, from <https://acuarioadictos.com/aciotis-acuminifolia/>
- Aguilar- Garavito, M., & Ramírez- Hernández, W. (2016). Fundamentos y consideraciones generales sobre restauración ecológica para Colombia. Biodiversidad en la práctica Documentos de Trabajo Del Instituto Humboldt, 1(1), 30. <http://revistas.humboldt.org.co/index.php/BEP/article/view/50/50>
- Anzola, P. (2018). Evaluación del efecto de borde sobre el banco de semillas (Universidad Santo Tomás - sede Villavicencio). Retrieved from [https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/15597/evaluación del efecto de borde sobre el banco de semillas germinables%2c en la reserva forestal protectora vanguardia%2c villavicencio-meta.pdf?Sequence=7&isallowed=y](https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/15597/evaluación%20del%20efecto%20de%20borde%20sobre%20el%20banco%20de%20semillas%20germinables%2c%20en%20la%20reserva%20forestal%20protectora%20vanguardia%2c%20villavicencio-meta.pdf?Sequence=7&isallowed=y)
- Bassett, i. E., simcock, r. C., & mitchell, n. D. (2005). Consequences of soil compaction for seedling establishment: Implications for natural regeneration and restoration. *Austral Ecology*, 30(8), 827–833. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2005.01525.x>
- Camacho, C. (n.d.). Coeficiente de correlación lineal de pearson. <https://www.redalyc.org/pdf/434/43411756005.pdf>

- Cardona Cardozo, A., & Vargas Ríos, O. (2004). El banco de semillas germinable de especies leñosas en dos bosques subandinos y su importancia para la restauración ecológica (reserva biológica Cachalú - Santander. Colombia). Colombia Forestal, 8(17), 60.
<https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2004.1.a04>
- Concejo Municipal de Villavicencio. (2013). POT Villavicencio meta – 2015 - Clasificación del suelo urbano. Síntesis Diagnóstica, 4.
<https://concejodevillavicencio.gov.co/normograma/category/152-plan-de-ordenamiento-territorial>
- Constitución política de Colombia. Artículo 79 de la Constitución Política de Colombia (1991). Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines. Retrieved from <https://www.constitucioncolombia.com/titulo-2/capitulo-3/articulo-79>
- Decreto 1575 – (2016). lineamientos técnicos para estudio de suelos. Por el cual se adoptan los lineamientos técnicos para la validación a diversas escalas de estudios de suelos en contenidos agricologicos.
<https://www.igac.gov.co/sites/igac.gov.co/files/resolucion1575de2016agrologia.pdf>
- Decreto 2787. (1980). Que quienes aprovechan bosques nacionales están sujetos al cumplimiento de ciertas obligaciones, entre las que se encuentran la de reponer el recurso donde se realicen aprovechamientos de bosques nacionales"
<http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2016/10/DECRETO-2787-DE-1980.pdf>
- Decreto 2811. (1974). Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Retrieved from http://www.minambiente.gov.co/images/gestionintegraldelrecursohidrico/pdf/normativa/Decreto_2811_de_1974.pdf
- Decreto 2811. (1974). Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Retrieved from http://www.minambiente.gov.co/images/gestionintegraldelrecursohidrico/pdf/normativa/Decreto_2811_de_1974.pdf

Economo Evan, Kerkhoff Andrew, E. B. (2005). *Ecology Letters*, Volume 8, 353–459.

<https://doi.org/10.1111/ELE.2005.8.ISSUE-4>

Edilberto, M. (2016). Plan de salud territorial. Retrieved from

[http://www.villavicencio.gov.co/Transparencia/planeaciongestionycontrol/plan de salud territorial 2016-2019.pdf](http://www.villavicencio.gov.co/Transparencia/planeaciongestionycontrol/plan%20de%20salud%20territorial%202016-2019.pdf)

Eyherabide, M., Echeverría, Rozas, S., & Barbieri, P. (2014). Comparación de métodos para determinar carbono orgánico en suelo.

http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672014000100002

FAO - Naciones Unidas. (2011). Reconocimiento edafológico de los llanos orientales tomo ii.

<http://www.fao.org/3/ar746s/ar746s.pdf>

FAO. (2019). Alimentaria y. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura. <http://www.fao.org/news/archive/news-by-date/2019/es/>

FAO. (n.d.). 1. Generalidades. Retrieved April 3, 2020, from

http://www.fao.org/tempref/FI/cdrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s01.htm

Galvis, J. G., Inés, M., & González, B. (n.d.). Parameters evaluation for organic carbon determining in soils.

https://www.researchgate.net/publication/262665949_quality_parameters_evaluation_for_organic_carbon_determining_in_soils

Gelambi, M. (2016). Indice de shannon, interpretación y significado. Retrieved April 11, 2020, from <https://www.lifeder.com/indice-de-shannon/>

Gómez-Ruiz, P. A., & Lindig-Cisneros, R. (2017). La restauración ecológica clásica y los retos de la actualidad: La migración asistida como estrategia de adaptación al cambio climático. *Revista de Ciencias Ambientales*, 51(2), 31. <https://doi.org/10.15359/rca.51-2.2>

Gutiérrez, F. F. (2008). Restauración Ecológica: Una experiencia de capacitación en el páramo de Chiles. 36. <http://humboldt.org.co/en/noticias-2/press/item/371-restauracion-ecologica-una-experiencia-de-capacitacion-en-el-paramo-de-chiles>

- Henderson, C. B., Petersen, K. E., & Redak, R. A. (1988). Spatial and Temporal Patterns in the Seed Bank and Vegetation of a Desert Grassland Community. *The Journal of Ecology*, 76(3), 717. <https://doi.org/10.2307/2260569>
- Izquierdo, E., & Enciso, C. (2018). Evaluación de las condiciones físico-químicas y biológicas del suelo, en el cambio de una actividad ganadera a una actividad agrícola de cultivo perenne de cítricos en el área rural de Villavicencio-Meta. Universidad Santo Tomas. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/12079/2018carolinaenciso.pdf?Sequence=1&isallowed=y>
- Keller, T., & Håkansson, I. (2010). Estimation of reference bulk density from soil particle size distribution and soil organic matter content. *Geoderma*. Swedish University of Agricultural Sciences. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.11.013>
- Ley 99. (1993). Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones.. Diario Oficial 41.214Diario Oficial No. 41.146. Congreso de la república de Colombia. http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0099_1993.html
- Ley 685 - Código de Minas. (2001). Por la cual se expide el Código de Minas y se dictan otras disposiciones. https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/2001/ley_0685_2001.pdf
- Lindner, A. (2009). A rapid assessment approach on soil seed banks of Atlantic forest sites with different disturbance history in Rio de Janeiro, Brazil. *Ecological Engineering*, 35(5), 829–835. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2008.12.006>
- Lucía Montenegro, A., & Vargas, O. (2007). Atributos vitales de especies leñosas en bordes de bosque altoandino de la Reserva Forestal de Cogua (Colombia). *Revista de Biología Tropical*. <https://doi.org/10.15517/rbt.v56i2.5618>
- M.Baskin, C. C. B. (2014). Germination Ecology of Seeds in the Persistent Seed Bank. 187–276. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416677-6.00007-X>

- Mancipe-Murillo, C., Calderón-Hernández, M., & Pérez-Martínez, L. V. (2018). Assessment of seed viability of 17 high andean tropical species by germination and tetrazolium tests. *Caldasia*, 40(2), 366–382. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v40n2.68251>
- María, P., Calvo, H., & Díaz Varela, E. (2013). Ecología del paisaje, conectividad ecológica y territorio. Una aproximación al estado de la cuestión desde una perspectiva técnica y científica. Retrieved from <http://iuii.uva.es/DOSSIER/Dossier 01/Dossier 01 043-070 HERRERA CALVO.pdf>
- Martínez, R., Tuya, L., Martínez, M., Pérez, A., & Canóvas, A. (2009). El coeficiente de correlacion de los rangos de spearman caracterizacion. Instituto Superior de Ciencias Médicas de La Habana, La Habana. Retrieved from http://scielo.sld.cu/scielo.php?Script=sci_arttext&pid=S1729-519X2009000200017
- Maurín Álvarez, M. (n.d.). La fragmentación de la naturaleza y los corre-dores verdes. Retrieved from <https://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/872/Manuel.pdf?Sequence=1>
- Meta, D. D. E. L., & Cap, E. (2015a). Clasificación de Suelo Rural - Villavicencio. 4. Obtenidos del POT. <https://concejodevillavicencio.gov.co/normograma/category/152-plan-de-ordenamiento-territorial>
- Meta, D. D. E. L., & Cap, E. (2015b). Plano de Áreas de Actividad Suelo Rural. 4. Obtenidos del POT. <https://concejodevillavicencio.gov.co/normograma/category/152-plan-de-ordenamiento-territorial>
- Ministerio de Justicia. (1959). Economía Forestal de la Nación y Conservación de Recursos Naturales Renovables. Retrieved April 3, 2020, from <http://www.suin-juriscol.gov.co/viewdocument.asp?Ruta=Leyes/1556842>
- Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, insituto A. V. H. (1996). Política nacional de biodiversidad república de colombia. Retrieved from http://www.minambiente.gov.co/images/bosquesbiodiversidadyservicioecosistemas/pd f/Politica-Nacional-de-Biodiversidad/politica_nacional-biodiversidad.pdf

- Mitchley, J. (1988). Restoration of species-rich calcicolous grassland on ex-arable land in Britain. *Trends in Ecology & Evolution*, 3(6), 125–127. [https://doi.org/10.1016/0169-5347\(88\)90173-5](https://doi.org/10.1016/0169-5347(88)90173-5)
- Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. Retrieved from <http://entomologia.rediris.es/sea>
- Olivera, C. (2015). Estado, prioridades y necesidades para el manejo sostenible del suelo.... Bogotá D.C. Retrieved from <https://de.slideshare.net/faoftheun/estado-prioridades-y-necesidades-para-el-manejo-sostenible-del-suelo-en-colombia-carolina-olivera/5>
- Procuraduría Ambiental del D.F. (2011). Subprocuraduría de protección ambiental procuraduría ambiental y del diagnóstico fitosanitario alameda oriente. Retrieved from http://www.paot.org.mx/transparencia/2012/primer_trimestre/Fraccion_10/estudios_2011_spa/espa_03_2011_Alameda_Oriente.pdf
- Rebolledo Camacho, V. (2010). Variación y estructura del complejo de *Pinus caribaea*. Centro de investigación científica de Yucatán. https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/597/1/PCBP_D_Tesis_2010_Virginia_Rebolledo_Camacho.pdf
- Ruiz, H., & Becerra, F. (2016). Evaluación fisicoquímica del método de calcinación como facultad de ingeniería programa de ingeniería ambiental y sanitaria. https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1014&context=ing_ambiental_sanitaria
- SENA, Carlos Gómez Giraldo Biólogo Regional Tolima, J., & Ramiro Osorio Canal, M. (n.d.). Manual de prácticas de campo y del laboratorio de suelos Autor: Revisión técnica: Ingeniero Agrónomo Regional Tolima.
- SENA. (2013). Manual de prácticas de campo y del laboratorio de suelos Autor: Revisión técnica: Ingeniero Agrónomo Regional Tolima. https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/2785/1/practicas_campo_laboratorio_suelos.pdf

- Silva, VA, A.; ponce de león, j.; garcía, f. Y durán, a. 1988. (1988). Agua en el suelo.
<http://www.fagro.edu.uy/hidrologia/paisajismo/AGUA%20EN%20EL%20SUELO.pdf>
- Sistema Nacional de Areas Protegidas. (2010). Decreto 2372-Sistema Nacional de Áreas Protegidas,.Retrieved from
http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2010/dec_2372_2010.pdf
- Sistema Nacional de Áreas Protegidas. (2010). Decreto 2372-Sistema Nacional de Áreas Protegidas, Retrieved from:
http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2010/dec_2372_2010.pdf
- Soto, G., & Melendez, G. (2003). Taller de abonos organicos.
<http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria%20Taller%20Abonos%20Org%C3%A1nicos.pdf>
- Sousa, T. R., Costa, F. R. C., Bentos, T. V, Leal Filho, N., Mesquita, R. C. G., & Ribeiro, I. O. (2017). The effect of forest fragmentation on the soil seed bank of Central Amazonia. *Forest Ecology and Management*, 393, 105–112.
[Https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.03.020](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.03.020)
- Tch, C., Antunes Carvalho, F., Fennane, M., Medan, D., Mosyakin, S. L., Mursidawati, S., ... Zhong Pinaceae, X. (2016). *Abies Cathaya Cedrus Hesperopeuce Keteleeria Larix Nothotsuga Picea Pinus Pseudolarix Pseudotsuga Tsuga*. Apweb. Retrieved from www.mobot.org/MOBOT/research/apweb
- Teillier Sebastián. (n.d.). Curso de botánica sistemática. Retrieved from <http://www.chlorischile.cl/cursoonline/guia1/helechos.htm>
- Torres, J. (2018). Caracterización del paisaje de piedemonte identificando los cambios de cobertura vegetal Villavicencio, meta, años 2000-2016. Universidad Santo Tomas.
[Https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/15387/2018jaroldtorres%20-%20ok.pdf?Sequence=11&isallowed=y](https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/15387/2018jaroldtorres%20-%20ok.pdf?Sequence=11&isallowed=y)
- Universidad Nacional de Colombia. Departamento de Biología, M. E. P. (2012). *Acta biológica colombiana*. In *Acta Biológica Colombiana* (Vol. 17). Retrieved from <https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/20218/30416>

Universidad nacional de La Plata. (n.d.). Estimación de la diversidad específica.

<https://www.fcnym.unlp.edu.ar/catedras/ecocomunidades/TPN3Diversidad.pdf>

Universitat de Barcelona. (2020). Contrastes de normalidad - sSPS. Retrieved April 14, 2020, from http://www.ub.edu/aplica_infor/spss/cap5-6.htm

Velosa Caicedo, R. I., Domínguez Guarín, K. J., & Romero Perdomo, Y. (2018). Composición y diversidad del banco de semillas en áreas urbanas fragmentadas de piedemonte, Villavicencio, Colombia. *Ingenierías usbmed*, 9(1), 86.

<https://doi.org/10.21500/20275846.3317>

Zhang, H., & Chu, L. M. (2013). Changes in soil seed bank composition during early succession of rehabilitated quarries. *Ecological Engineering*, 55, 43–50. <https://www-sciencedirect-com.crai-ustadigital.usantotomas.edu.co/science/article/pii/S0925857413000712>

Zotarelli, L., Dukes, M. D., & Morgan, K. T. (2019). Interpretación del Contenido de la Humedad del Suelo para Determinar Capacidad de Campo y Evitar Riego Excesivo en Suelos Arenosos Utilizando Sensores de Humedad 1 Capacidad del suelo para almacenar agua. University of Florida. Retrieved from <http://edis.ifas.ufl.edu/ae266>

Anexos

Anexo 1 Población de especies por fragmento. Por: Pérez, C & Sabogal, J, 2020.

ESPECIE	FRAGMENTO 1	FRAGMENTO 2	FRAGMENTO 3
<i>Aciotis acuminifolia</i>	71	92	134
<i>Aciotis purpurascens</i>	85	39	3
<i>Albizia nipioide</i>	21	2	0
<i>Alchordea discolor</i>	25	3	1
<i>Alchordea triplinervia</i>	4	5	3
<i>Alchornea glandulosa</i>	8	1	0
<i>Begonia fischeri</i>	0	12	0
<i>Borreira ocymifolia</i>	1	7	0
<i>Borreira ocymoides</i>	1	7	0
<i>Caladium bicolor</i>	2	0	0
<i>Caperonia palustris</i>	0	0	3
<i>Cecropia engleriana</i>	11	9	0
<i>Costus scaber</i>	0	27	1
<i>Croton trinitatis</i>	0	5	0
<i>Cyperus Sp1</i>	0	9	1
<i>Dicoris exandinea</i>	0	1	0
<i>Difembaquia Sp1</i>	0	0	0
<i>Digitaria Sp1</i>	9	7	2
<i>Drymaria cordata</i>	2	0	1
<i>Elusine indica</i>	0	1	0
<i>Jacaranda copaia</i>	0	1	0
<i>Heliconia psittacorum</i>	0	4	0
<i>Lidernia Crustracea</i>	4	3	0
<i>Lidernia Diffusa</i>	1	0	0
<i>Maprounea guianensis</i>	0	2	3
<i>Mimosa colombiana</i>	0	1	0

Nota: las casillas resaltadas en color amarillo muestran las especies que no presentaron ningún individuo en cada uno de los 3 fragmentos.

Anexo 2 Población de individuos por especie para el fragmento1. Por: Pérez, C & Sabogal, J, 2020.

[illegible]

	1	2	3	4	5	6	
<i>Aciotis acuminifolia</i>	0	0	0	7	64	0	71
<i>Aciotis purpurascens</i>	12	9	16	21	7	20	85
<i>Albizia nipoide</i>	10	0	1	0	2	8	21
<i>Alchordea discolor</i>	9	2	0	9	2	3	25
<i>Alchordea triplinervia</i>	0	0	0	2	0	2	4
<i>Alchornea glandulosa</i>	0	0	0	0	0	8	8
<i>Begonia fischeri</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Borreira ocymifolia</i>	1	0	0	0	0	0	1
<i>Borreira ocymoides</i>	0	0	0	0	0	1	1
<i>Caladium bicolor</i>	1	1	0	0	0	0	2
<i>Caperonia palustris</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cecropia engleriana</i>	3	1	1	3	3	0	11
<i>Costus scaber</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Croton trinitatis</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cyperus</i> Sp1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dicoris exandinea</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Difembaquia</i> Sp1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Digitaria</i> Sp1	0	0	0	0	0	9	9
<i>Drymaria cordata</i>	0	0	1	0	1	0	2
<i>Elusine indica</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Jacaranda copaia</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Heliconia psittacorum</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lidernia Crustracea</i>	4	0	0	0	0	0	4
<i>Lidernia Diffusa</i>	1	0	0	0	0	0	1
<i>Maprounea guianensis</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mimosa colombiana</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Monstera adansonii</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Murdannia nudiflora</i>	6	1	5	4	0	2	18
<i>Oldelandia corymbrosa</i>	4	0	0	0	0	0	4
<i>Passiflora auriculata</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Phyllanthus caroliniensis</i>	0	0	0	0	0	1	1
<i>phyllanthus rivinoides</i>	0	0	0	1	0	0	1
<i>Piper peltatum</i>	10	0	1	0	13	0	24
<i>Poaceae</i> Sp1	0	0	0	0	5	1	6
<i>Psychotria elata</i>	0	0	0	0	1	0	1

Pteridophyta	43	50	53	89	8	0	243
Pterocarpus rohrii	0	0	0	0	0	9	9
Renealmia breviscapa	0	0	0	0	0	0	0
Scleria melaleuca	0	0	0	0	6	0	6
Selaginellaceae Sp1	0	0	0	0	0	0	0
Senegalia bonarinensis	0	0	1	0	0	0	1
Senegalia gromerosa	0	0	1	2	0	0	3
Siparuna gianensis	0	0	0	0	0	0	0
Senna silvestris	0	0	0	0	0	1	1
Socratea exorrhiza	1	1	0	1	0	0	3
Solanum circinatum	0	0	0	0	0	0	0
Solanum nigrum	1	0	0	0	0	0	1
Spathiphyllum cannifolium	0	0	0	0	0	0	0
Syngonanthus Sp1	0	0	0	0	0	0	0
Tassadia aristata	0	0	0	0	0	0	0
Tonina fluviatilis	0	0	0	0	0	0	0
Urera acuminata	0	1	0	0	0	0	1
Urticaceae Sp1	1	5	26	3	0	0	35
Vismia guianensis	0	0	0	0	0	1	1
Xanthosoma Sp1	3	3	5	6	19	0	36

Anexo 3 Población de individuos por especie para el fragmento 2. Por: Pérez, C & Sabogal, J, 2020.

ESPECIE	Transecto 1	Transecto 2	Transecto 3	Transecto 4	Total
Aciotis acuminifolia	0	50	10	32	92
Aciotis purpurascens	16	7	3	13	39
Albizia nipioide	0	0	2	0	2
Alchordea discolor	1	2	0	0	3
Alchordea triplinervia	3	2	0	0	5
Alchornea glandulosa	0	0	1	0	1
Begonia fischeri	0	0	0	12	12
Borreira ocymifolia	7	0	0	0	7
Borreira ocymoides	2	0	0	5	7
Caladium bicolor	0	0	0	0	0

<i>Caperonia palustris</i>	0	0	0	0	0
<i>Cecropia engleriana</i>	7	0	1	1	9
<i>Costus scaber</i>	2	22	2	1	27
<i>Croton trinitatis</i>	1	3	0	1	5
<i>Cyperus</i> Sp1	1	4	4	0	9
<i>Difembaquia</i> Sp1	0	0	0	0	0
<i>Digitaria</i> Sp1	0	0	0	7	7
<i>Drymaria cordata</i>	0	0	0	0	0
<i>Elusine indica</i>	0	1	0	0	1
<i>Jacaranda copaia</i>	0	1	0	0	1
<i>Heliconia psittacorum</i>	0	4	0	0	4
<i>Lidernia Crustracea</i>	2	0	1	0	3
<i>Lidernia Diffusa</i>	0	0	0	0	0
<i>Maprounea guianensis</i>	1	1	0	0	2
<i>Mimosa colombiana</i>	1	0	0	0	1
<i>Monstera adansonii</i>	1	2	0	0	3
<i>Murdannia nudiflora</i>	24	0	0	0	24
<i>Oldelandia corymbrosa</i>	0	0	0	0	0
<i>Passiflora auriculata</i>	0	0	0	0	0
<i>Phyllanthus caroliniensis</i>	2	1	1	1	5
<i>phyllanthus rivinoides</i>	0	0	0	0	0
<i>Piper peltatum</i>	5	1	0	0	6
<i>Poaceae</i> Sp1	0	0	2	1	3
<i>Psychotria elata</i>	0	0	0	0	0
<i>Pteridophyta</i>	0	0	0	0	0
<i>Pterocarpus rohrii</i>	1	0	0	0	1
<i>Renealmia breviscapa</i>	2	0	1	0	3
<i>Scleria melaleuca</i>	0	0	1	0	1
<i>Selaginellaceae</i> Sp1	0	0	0	6	6
<i>Senegalia bonarinensis</i>	0	0	0	0	0
<i>Senegalia gromerosa</i>	1	0	0	0	1
<i>Siparuna gianensis</i>	0	1	0	0	1
<i>Senna silvestris</i>	1	0	0	0	1
<i>Socratea exorrhiza</i>	0	0	0	0	0
<i>Solanum circinatum</i>	0	1	0	0	1
<i>Solanum nigrum</i>	1	0	0	0	1

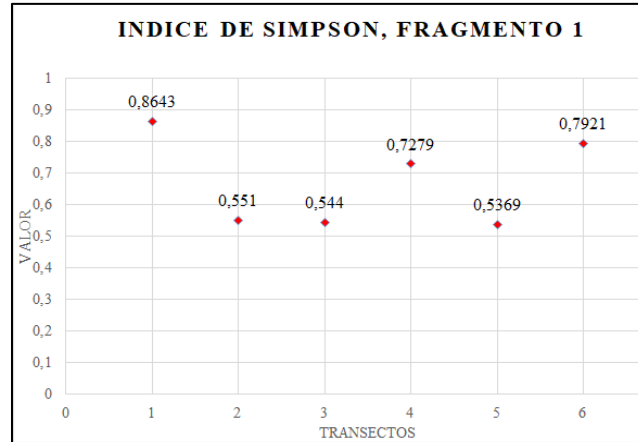
Spathiphyllum cannifolium	0	0	1	0	1
Syngonanthus Sp1	0	2	0	0	2
Tassadia aristata	0	1	0	0	1
Tonina fluvialis	0	0	0	15	15
Urera acuminata	0	0	0	0	0
Urticaceae Sp1	0	0	0	0	0
Vismia guianensis	0	1	0	1	2
Xanthosoma Sp1	4	3	4	0	11
Xerium Sp1	0	0	0	0	0

Anexo 4 Población de individuos por especie para el fragmento 3. Por: Pérez, C & Sabogal, J, 2020.

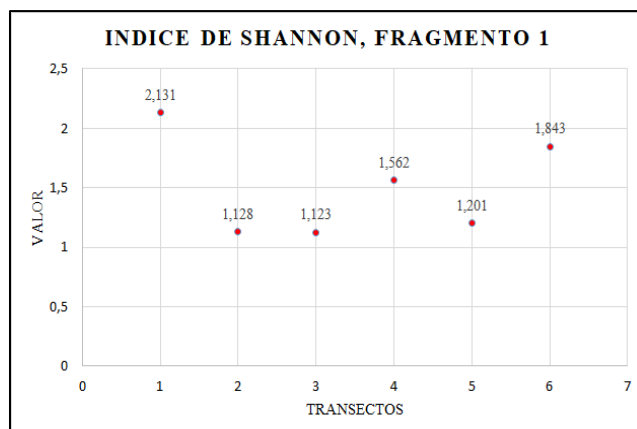
ESPECIE	Transecto 1	Transecto 2	Transecto 3	Total
Aciotis acuminifolia	63	46	25	134
Aciotis purpurascens	0	3	0	3
Albizia nipoide	0	0	0	0
Alchordea discolor	0	0	1	1
Alchordea triplinervia	1	1	1	3
Alchornea glandulosa	0	0	0	0
Begonia fischeri	0	0	0	0
Borreira ocymifolia	0	0	0	0
Borreira ocymoides	0	0	0	0
Caladium bicolor	0	0	0	0
Caperonia palustris	0	3	0	3
Cecropia engleriana	0	0	0	0
Costus scaber	1	0	0	1
Croton trinitatis	0	0	0	0
Cyperus Sp1	0	0	1	1
Dicoris exandinea	0	0	0	0
Difembaquia Sp1	0	0	0	0
Digitaria Sp1	2	0	0	2
Drymaria cordata	0	1	0	1
Elusine indica	0	0	0	0
Jacaranda copaia	0	0	0	0

<i>Heliconia psittacorum</i>	0	0	0	0
<i>Lidernia Crustracea</i>	0	0	0	0
<i>Lidernia Diffusa</i>	0	0	0	0
<i>Maprounea guianensis</i>	0	1	2	3
<i>Mimoza colombiana</i>	0	0	0	0
<i>Monstera adansonii</i>	0	0	0	0
<i>Murdannia nudiflora</i>	0	0	0	0
<i>Oldelandia corymbrosa</i>	0	0	0	0
<i>Passiflora auriculata</i>	0	0	0	0
<i>Phyllanthus caroliniensis</i>	0	0	0	0
<i>phyllanthus rivinoides</i>	1	0	0	1
<i>Piper peltatum</i>	0	0	0	0
Poaceae Sp1	0	3	3	6
<i>Psychotria elata</i>	0	0	0	0
Pteridophyta	0	0	4	4
<i>Pterocarpus rohrii</i>	0	0	0	0
<i>Renealmia breviscapa</i>	0	0	0	0
<i>Scleria melaleuca</i>	2	0	8	10
Selaginellaceae Sp1	8	10	0	18
<i>Senegalia bonarinensis</i>	2	0	0	2
<i>Senegalia gromerosa</i>	0	0	2	2
<i>Siparuna gianensis</i>	0	0	0	0
<i>Senna silvestris</i>	0	0	0	0
<i>Socratea exorrhiza</i>	0	0	0	0
<i>Solanum circinatum</i>	0	0	0	0
<i>Solanum nigrum</i>	0	0	0	0
<i>Spathiphyllum cannifolium</i>	0	0	0	0
<i>Syngonanthus Sp1</i>	0	0	0	0
<i>Tassadia aristata</i>	0	1	0	1
<i>Tonina fluviatilis</i>	0	0	0	0
<i>Urera acuminata</i>	0	0	0	0
Urticaceae Sp1	0	0	0	0
<i>Vismia guianensis</i>	0	0	0	0
Xanthosoma Sp1	0	0	0	0
<i>Xerium Sp1</i>	0	0	0	0

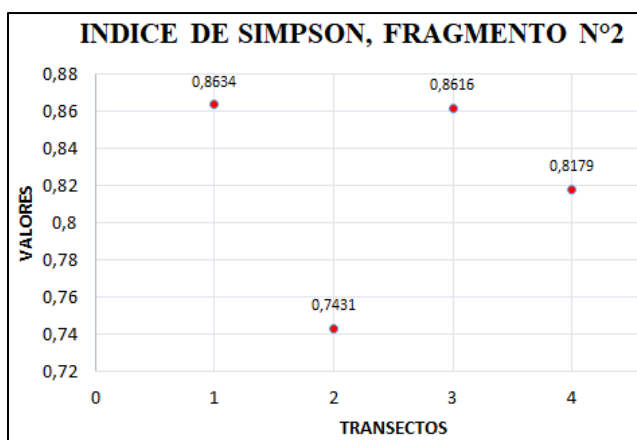
Anexo 5 índices de Simpson fragmento N°1. Por: Pérez, C & Sabogal, J, 2020.



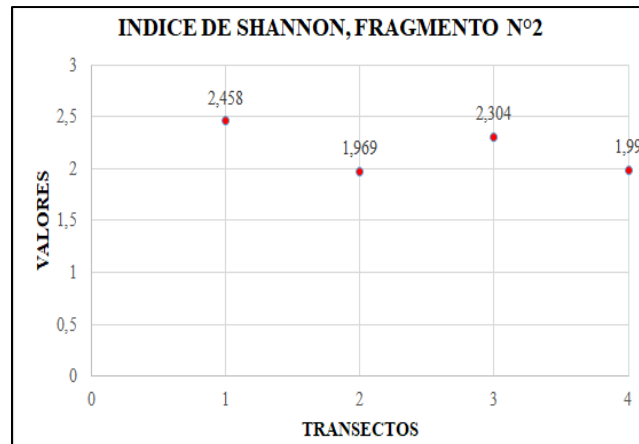
Anexo 6 Índice de Shannon fragmento N°1. Por: Pérez, C & Sabogal, J, 2020.



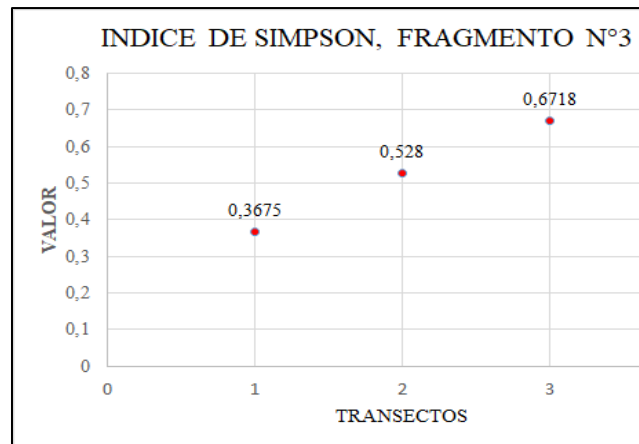
Anexo 7 Índice de Simpson para el fragmento N°2. Por: Pérez, C & Sabogal, J, 2020.



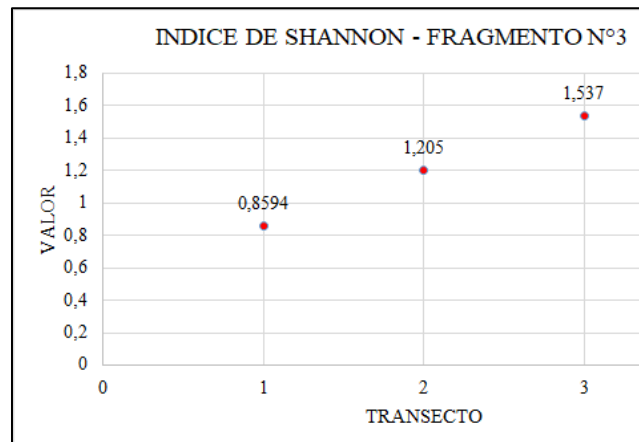
Anexo 8 Índice de Shannon para el fragmento N°2. Por: Pérez, C & Sabogal, J, 2020.



Anexo 9 Índice de Simpson para el fragmento N°3. Por: Pérez, C & Sabogal, J, 2020



Anexo 10 Índice de Shannon para el fragmento N°3. Por: Pérez, C & Sabogal, J, 2020.

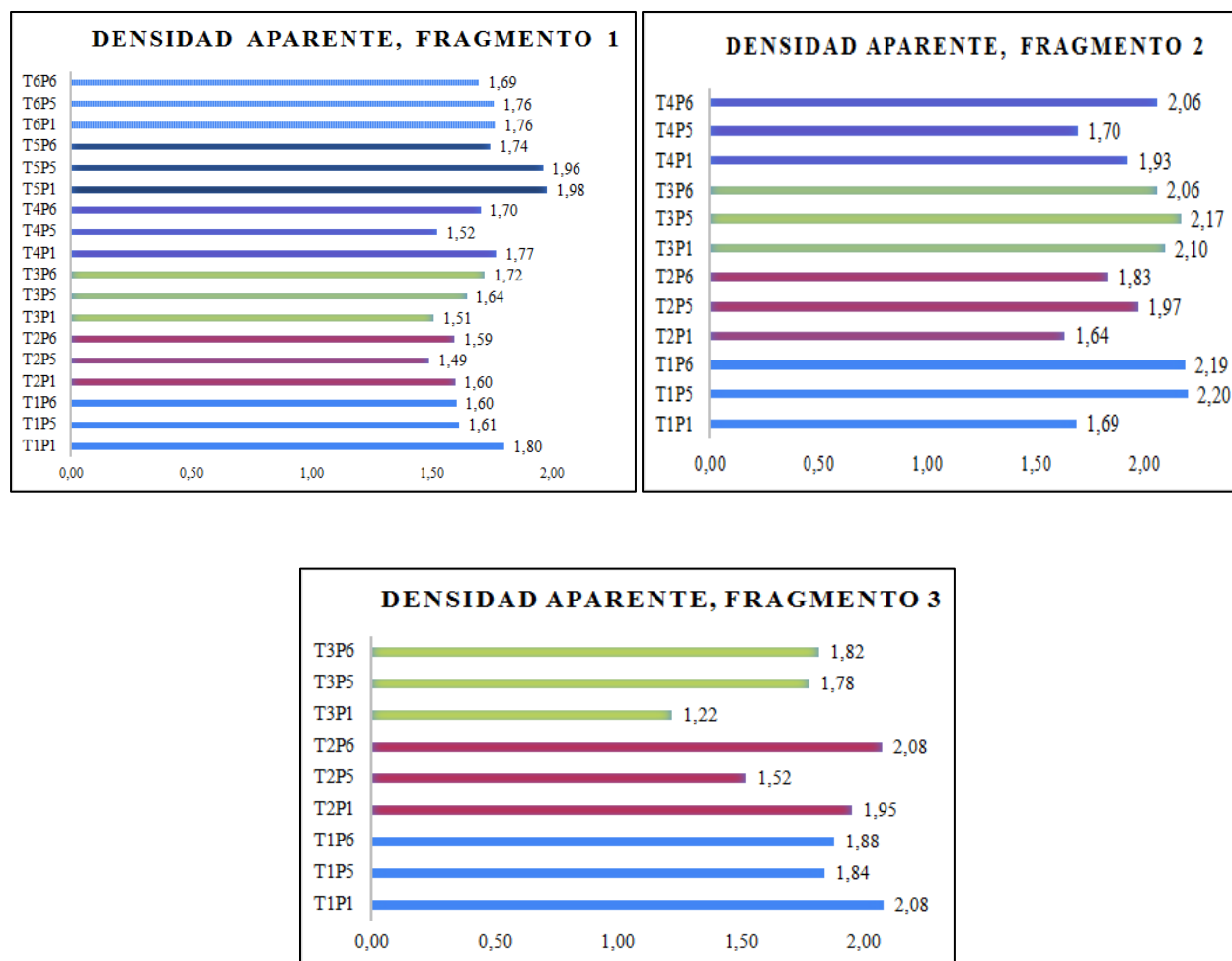


Anexo 11 Prueba de textura y color del suelo de las tres áreas de fragmento. Por: Pérez, C & Sabogal, J, 2020.

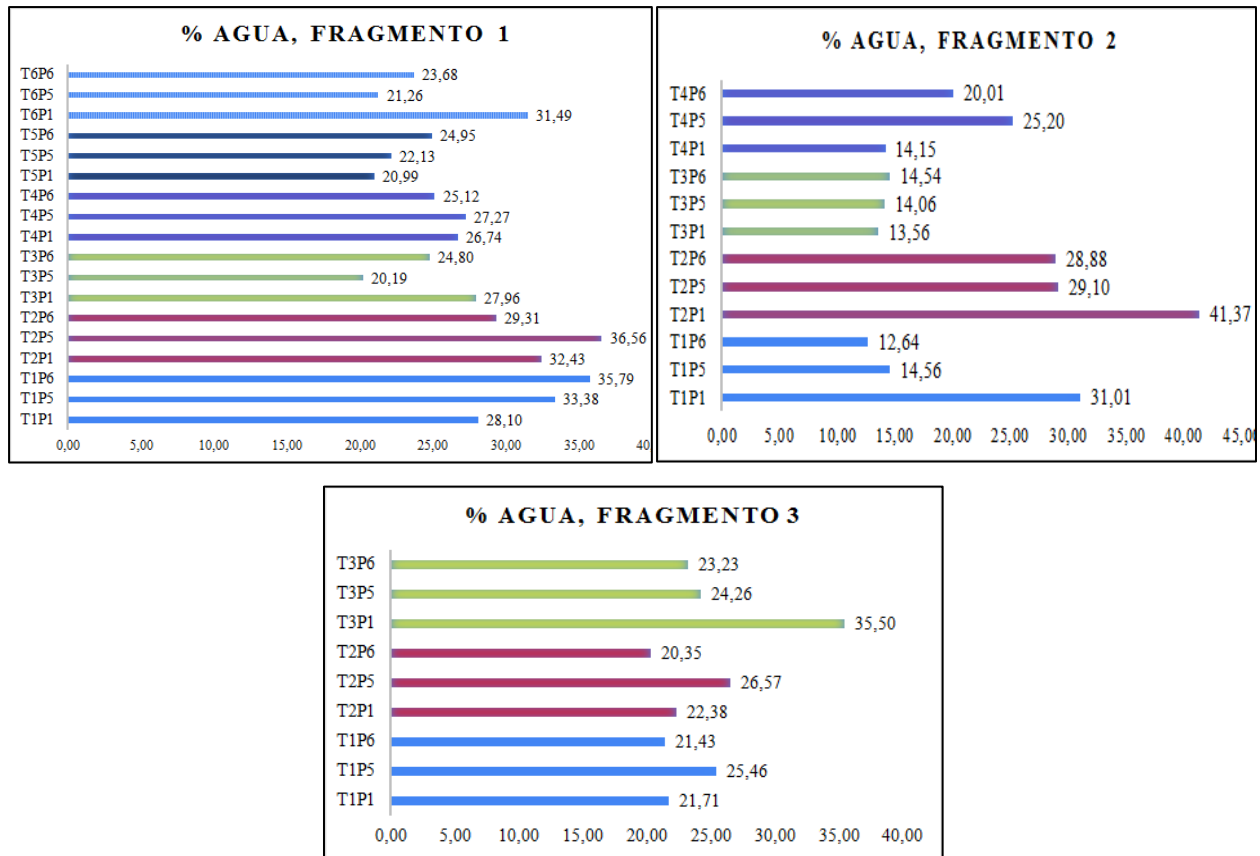
FRAGMENTO	TRANSECTO	PUNTO	COLOR	TEXTURA
FRAGMENTO 1	1	1	17	FL
		5	18	FL
		6	19	FL
	2	1	19	FL
		5	19	FL
		6	18	FL
	3	1	17	FL
		5	17	FL
		6	14	FL
	4	1	18	FL
		5	14	FL
		6	17	FL
	5	1	17	FL
		5	16	FL
		6	17	FL
	6	1	17	FL
		5	16	FL
		6	17	FL
FRAGMENTO 2	1	1	17	FL
		5	17	FL
		6	19	FL
	2	1	5	AF
		5	46	A
		6	8	AF
	3	1	7	AF
		5	18	AF
		6	7	AF
	4	1	17	AF
		5	7	AF
		6	10	AF
FRAGMENTO 3	1	1	19	FA
		5	19	FA
		6	19	FA
	2	1	18	FA
		5	16	FA

	6	16	FA
	1	4	FA
3	5	16	FA
	6	19	FA

Anexo 12 Densidad aparente de las tres áreas de fragmento. Por: Pérez, C & Sabogal, J, 2020.



Anexo 13 Porcentaje de agua o humedad del suelo de las tres áreas de fragmento. Por: Pérez, C & Sabogal, J, 2020.



Anexo 14 Fotografías de algunas de las plántulas emergentes del banco de semillas germinables de las tres áreas de fragmento (Jardín Botánico de Villavicencio, Playa Rica y Rincón de las Lomas). Por: Pérez, C & Sabogal, J, 2020.



1 *Pteridophyta* : Helecho



2 *Urera acuminata*



3 *Jacaranda copaia*



4 *Alchornea discolor*



5 *Spathiphyllum*



6 *Borreria ocymifolia*



7 *Maprounea guianensis*



8 *Socratea exorrhiza*



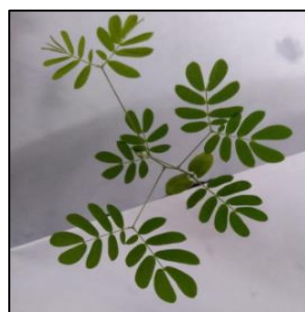
9 *Aciotis purpuracens*



10 *Albizia nipioides*



11 *Passiflora auriculata*



12 *Senegalia boharanensis*



13 *Solanum circinatum*



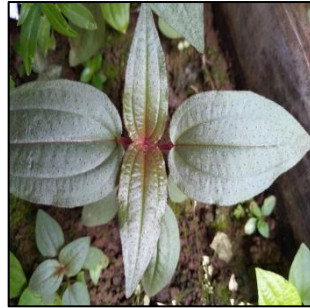
14 *Laportea aestuans*



15 *Alchordea triplinervia*

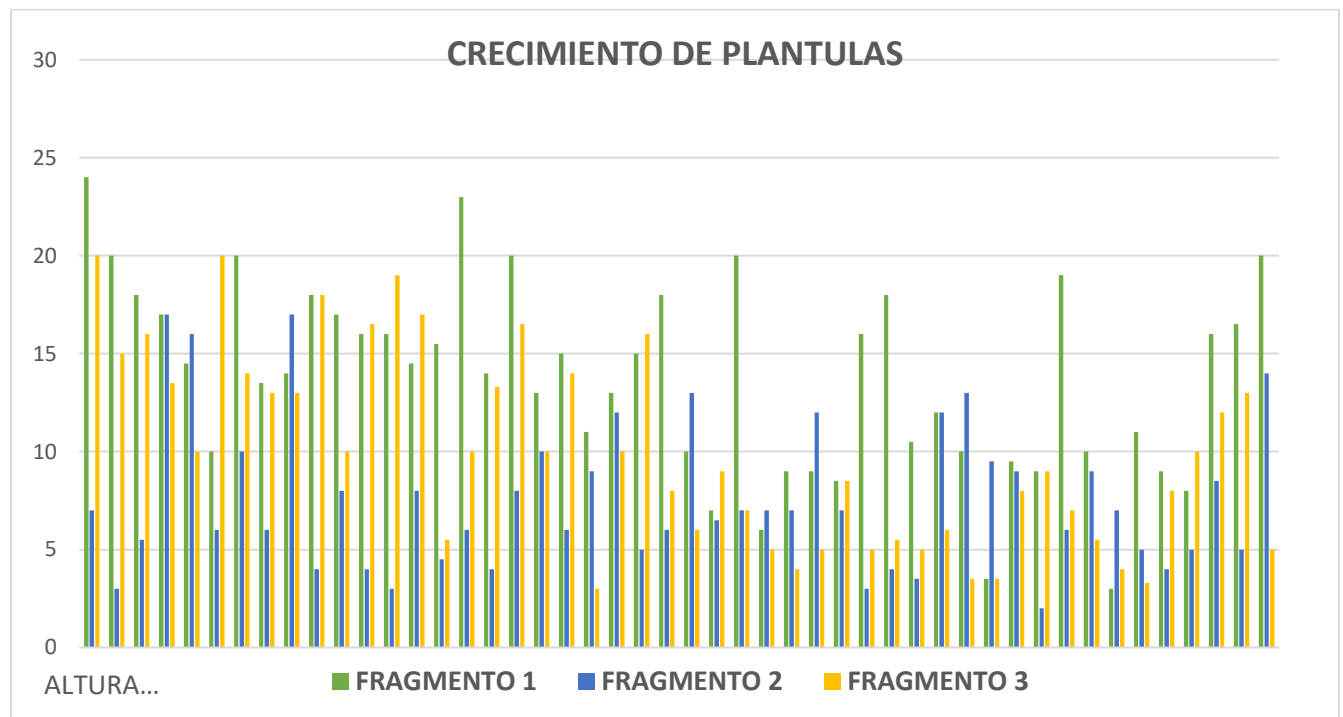


16 *Urticaceae Sp1*



17 *Aciotis acuminifolia*

Anexo 15 Crecimiento de plántulas emergentes seleccionadas del BSG para los tres fragmentos del área de estudio en cm. Por Pérez, C & Sabogal, J, 2020.



Anexo 16 Interpretación de índice de Dominancia, por: (Economista Evan, Kerkhoff Andrew, 2005)

INDICE DE DOMINANCIA	
Valores cercanos a 0	Mayor diversidad en el ecosistema
Valores cercanos a 1	Menor diversidad en el ecosistema

Anexo 17 Pruebas de Normalidad Fragmento 1,2 y 3- Shannon

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
variable y (dependiente)	,259	6	,200*	,872	6	,234
pH	,289	6	,128	,857	6	,178
% de agua	,256	6	,200*	,863	6	,199
densidad aparente	,233	6	,200*	,927	6	,557
% M.O	,239	6	,200*	,913	6	,454

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
EieYMargalef	,286	4	.	,872	4	,304
pH	,189	4	.	,976	4	,876
Humedad	,338	4	.	,877	4	,326
Densidad	,193	4	.	,970	4	,844
MateriaOrganica	,299	4	.	,880	4	,340

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
EieYShannon	,181	3	.	,999	3	,940
pH	,383	3	.	,755	3	,243
Humedad	,370	3	.	,786	3	,810
Densidad	,285	3	.	,932	3	,497
MateriaOrganica	,199	3	.	,995	3	,867

Anexo 18 Pruebas de normalidad Fragmento 1,2 y 3- Simpson

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
variable y (dependiente)	,259	6	,200*	,872	6	,234
pH	,289	6	,128	,857	6	,178
% de agua	,256	6	,200*	,863	6	,199
densidad aparente	,233	6	,200*	,927	6	,557
% M.O	,239	6	,200*	,913	6	,454

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
EjeYSimpson	,342	4	.	,750	4	,534
pH	,245	4	.	,697	4	,443
Humedad	,833	4	.	,747	4	,312
Densidad	,135	4	.	,995	4	,943
MateriaOrganica	,205	4	.	,789	4	,675

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
EjeYSimpson	,234	3	.	,999	3	,940
pH	,334	3	.	,575	3	,132
Humedad	,238	3	.	,886	3	,841
Densidad	,306	3	.	,943	3	,502
MateriaOrganica	,254	3	.	,990	3	,880

Anexo 19 Pruebas de normalidad Fragmento 1,2 y 3- Margalef

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
EjeYMargalef	,262	4	.	,850	4	,225
pH	,189	4	.	,976	4	,876
Humedad	,338	4	.	,877	4	,326
Densidad	,193	4	.	,970	4	,844
MateriaOrganica	,299	4	.	,880	4	,340

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
EjeYMargalef	,262	4	.	,850	4	,225
pH	,189	4	.	,976	4	,876
Humedad	,338	4	.	,877	4	,326
Densidad	,193	4	.	,970	4	,844
MateriaOrganica	,299	4	.	,880	4	,340

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
EjeYMargalef	,347	3	.	,999	3	,921
pH	,543	3	.	,735	3	,543
Humedad	,221	3	.	,678	3	,124
Densidad	,342	3	.	,954	3	,764
MateriaOrganica	,244	3	.	,987	3	,854