

**EVALUACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO DE TRES ESPECIES SILVESTRES
COMO ESTRATEGIA EXPERIMENTAL DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE
UN ÁREA POTRERIZADA EN LA VEREDA CAJETE, POPAYÁN.**



Ingrid Janneth Vásquez Realpe

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA
POPAYÁN
2018**

**EVALUACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO DE TRES ESPECIES SILVESTRES
COMO ESTRATEGIA EXPERIMENTAL DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE
UN ÁREA POTRERIZADA EN LA VEREDA CAJETE, POPAYÁN**

Trabajo de grado para optar al título de Bióloga

Ingrid Janneth Vásquez Realpe

DIRECTOR:

Mg. Diego Jesús Macías Pinto

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA
POPAYÁN
2018**

Nota de aceptación

Mg.Diego Jesús Macías Pinto (Director)

Esp. Giovanni Barona (Jurado)

Esp. Bernardo Ramírez (Jurado)

Lugar y Fecha de Sustentación : Popayán, 09 de Octubre de 2018

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, le agradezco a Dios, creador de mundo y de mi vida; sea la gloria a él por permitirme realizar este sueño, esta meta y anhelo de mi corazón. A Cristo mi piedra angular que sostiene mi vida le dedico este logro que, con mucho esfuerzo, dedicación, entrega, hoy logro cumplir. A la Virgen María por haberme iluminado en el transcurso de mi existencia y ser el faro durante mi vida.

Agradezco también a mis padres por darme la vida. A mi madre le agradezco mi vida entera. A mi tío y abuela que han donado sus vidas tantas veces, con su amor y su apoyo incondicional. Ellos quienes han sido un baluarte incommensurable, mis motores, que me impulsan a seguir siempre adelante, a mis tíos y primos que han estado en mi formación como persona.

Agradezco a mi director, Diego Macías por darme la oportunidad de liderar este proyecto, por su apoyo, animo, paciencia, comprensión, sin la cual habría sido imposible lograr esta meta.

A la Universidad del Cauca, quien me abrió sus puertas a este mundo del conocimiento y la investigación, a sus docentes quienes me brindaron en muchos momentos su amistad, apoyo y orientación.

Al semillero de restauración ecológica, “FXIW”, por permitirme emprender este proyecto.

Agradezco a la UMATA, al rector del I.E. Benjamín Bonilla, al docente Paulo Gamboa, ambos biólogos egresados, cuyo aporte fue muy oportuno y valioso, a sus alumnos quienes desinteresadamente me apoyaron y acompañaron.

Al Camino Neocatecumenal, a mis compañeros y amigos, quienes me brindaron durante el transcurso de la carrera, su amistad. Además, por esos momentos de alegría inolvidables e irrepetibles que se guardan en el corazón.

Infinitas bendiciones a todos, a quienes siempre me acompañaron de corazón y con sus oraciones las cuales me mantuvieron de pie y a la vez de rodillas ante Dios que, sin ÉL, nada es posible.

Dios escribe derecho en renglones torcidos.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	9
2. OBJETIVOS	11
2.1 Objetivo General	11
2.2 Objetivos Específicos	11
3. MARCO TEÓRICO	11
3.1 Restauración ecológica (R.E)	11
3.2 Pasos de la restauración ecológica	12
3.3 Rehabilitación	12
3.4 Propagación vegetativa	12
3.5 Bosques premontanos	13
3.6 Vivero	13
3.7 Abono y polisombra	14
3.8 Especies representativas	14
4. DISEÑO METODOLÓGICO	15
4.1 Etapa I. Realización del inventario florístico	16
4.1.1 El inventario florístico	16
4.2 Etapa II Selección y manejo de especies potenciales para la restauración	17
4.2.1 Selección de especies potenciales para la restauración.	17
4.2.2 Fase de precondicionamiento para las especies potenciales.	19
4.3 Etapa III establecimiento de las especies potenciales en un proceso experimental de restauración	21
4.3.1 Diseño experimental	21
4.3.2 Fase campo	23
4.3.3 Análisis estadístico	24
5. RESULTADOS	25
5.1 Inventario florístico	25
5.2 Selección y manejo de especies potenciales para la restauración.	28
5.3 Establecimiento de las especies potenciales con diferentes tratamientos en un proceso experimental de restauración.	29
6. DISCUSIÓN	32
6.1 Inventario florístico	32
6.2 Selección y manejo de las especies potenciales para la estrategia experimental de restauración ecológica	33
6.3 Evaluación del establecimiento de las especies potenciales en el proceso experimental de restauración	35
7. CONCLUSIONES	37
8. RECOMENDACIONES	37
9. LITERATURA CITADA	38
10. ANEXOS	46

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Área de estudio, zona rural del municipio de Popayán, vereda cajete. _____	16
Figura 2 Área de estudio a) área de estudio vista desde la zona alta, b) vista desde la zona baja, c) visualización oriental del área potrerizada. _____	17
Figura 3 Remanentes de bosques en la vereda Cajete para el rescate de plántulas. _____	19
Figura 4 Identificación de las fuentes semilleras para su recolección. _____	19
Figura 5. Preparación del sustrato para el establecimiento y el proceso de aclimatación. _____	19
Figura 6. Preparación del llenado de bolsas para el rescate de plántulas _____	20
Figura 7 a) Proceso de siembra en el vivero de la UMATA. b) Plántulas hidratadas para su respectiva siembra. _____	20
Figura 8 Disposición y siembra de los especímenes en el vivero. _____	21
Figura 9 Plano en planta del área de estudio. _____	22
Figura 10. Diseño de los cuadrante con sus respectivas características. _____	22
Figura 11 Reunión con la comunidad directamente relacionada _____	23
Figura 12 Creación de los seis cuadrantes para el diseño florístico y delimitación. _____	23
Figura 13 Fase de establecimiento. _____	24
Figura 14 Distribución de las especies por hábito _____	27
Figura 15 Las familias más representativas en el área de estudio. _____	27
Figura 16 Dos cuadrantes representativos de un 1m ² . _____	28
Figura 17 Datos descriptivos de altura vs abono. _____	30
Figura 18. Datos descriptivos de altura vs polisombra. _____	30
Figura 19. Datos descriptivos, Combinación de tratamientos. _____	31

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz base de atributos para las especies seleccionadas. _____	18
Tabla 2 Indicadores de atributos con valores de 1 a 5 _____	18
Tabla 3 Inventario florístico del área de estudio. _____	28
Tabla 4 Matriz de atributos para las especies seleccionadas. _____	28

ANEXOS

Anexo 1 Registro de las especies en los cuadrantes de 1m ² y colecta libre para su determinación.	46
Anexo 2 Registro fotográfico de plántulas seleccionadas en el bosque. _____	46
Anexo 3 Réplicas de siembra de los especímenes en el vivero. _____	46
Anexo 4 Fase de establecimiento, a) ubicación en el terreno para la siembra, b) apertura del hueco, c) polisombra para el 50 % de los individuos. _____	47
Anexo 5 Minga en la Institución educativa, a) Apoyo del ente educativo, b) cascara de huevo triturado, c) estacas y abono. _____	47
Anexo 6 Toma de datos. Cuadrantes con su respectiva polisombra y abono al 50 % de los individuos. _____	47
Anexo 7 Detrimiento de las diferentes especies. Por la radiación solar en la fase de preacondicionamiento. _____	48
Anexo 8 Especie con gran capacidad de resiliencia, familia Sapotaceae, Pouteria sp. _____	48

RESUMEN

La vereda Cajete localizada en la periferia del municipio de Popayán, se ha visto afectada por las actividades antrópicas como la expansión urbana y agrícola, transformando el ecosistema en una matriz de pastizal con parches de cultivos y pequeños remanentes de bosque, que aún conservan gran biodiversidad. Esta investigación evaluó la eficacia para el establecimiento de tres especies silvestres como estrategia experimental de restauración ecológica en un área potrerizada. Inicialmente se hizo un inventario florístico, para identificar y seleccionar las especies potenciales; posteriormente se efectuó el rescate de plántulas en zonas boscosas, para su aclimatación en vivero y finalmente se sembraron 96 individuos en seis cuadrantes, utilizando un diseño completo al azar, con dos tratamientos: T1 (abono) y T2 (polisombra), evaluados según la altura. Como resultados, primero, se registró en el área una flora vascular de 34 familias, 64 géneros y 75 especies, con mayor predominio de las familias Asteraceae y Melastomataceae, pertenecientes a bosques secundarios y a áreas perturbadas; segundo, se seleccionaron las especies *Banara guianensis*, *Cupania americana* y *Pouteria* sp. como potenciales para el ensayo experimental, siendo ésta última la única que sobrevivió a la fase de aclimatación, debido a la variación climática ocurrida en el año 2017; tercero, se evidenció un aumento significativo en el crecimiento de las plántulas expuestas al T2 (polisombra) según las pruebas de U de Mann Whitney al 95% de confianza, con una sobrevivencia de los individuos mayor a 85% independiente del tratamiento. Se concluye que el tratamiento de polisombra fue el más efectiva para el desarrollo y crecimiento de *Pouteria* sp y que también es necesario comprender mejor el comportamiento de las especies seleccionadas frente a su capacidad de resiliencia, así como garantizar viveros adecuados para el preacondicionamiento de las plántulas extraídas del bosque.

Palabras claves. Propagación, rescate de plántulas, *Pouteria* sp, Asteraceae, Melastomataceae.

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de la gran variedad de ecosistemas que posee Colombia, su riqueza florística, esta principalmente representada en las regiones del Chocó biogeográfico y la Amazonía, sin embargo, hay evidencia de que la mayor diversidad se concentra en el piedemonte y las estribaciones de las cordilleras (Franco *et al.*, 2010), especialmente en los andes colombianos, la cual es la región más habitada del país, debido a su gran variedad de recursos naturales y sus servicios ecosistémicos (Barrera *et al.*, 2007). Esto ha conllevado a que la naturaleza se encuentre fuertemente sometida a la presión antrópica y al crecimiento poblacional, siendo sus principales consecuencias: la reducción y fragmentación de hábitats, parches ausentes de vegetación, áreas construidas, cultivadas, pastoreadas, erosionadas, suelos contaminados, ríos con disminución de caudales, entre otros; provocando la pérdida de biodiversidad y variabilidad genética (Mili, 2010; Rudas *et al.*, 2007).

En Colombia durante el período de 1985-2000, los ecosistemas naturales de Bosque Subandino, perdieron casi 400.000 hectáreas, adicional a esto, en el año 2017 los estudios revelaron que se ha triplicado el deterioro de bosques naturales con una cifra de 1.462.839 hectáreas, en tan sólo siete años (IDEAM, 2017; Franco *et al.*, 2010). A nivel de cobertura vegetal, la transformación de ecosistemas por las actividades agrícolas y ganaderas, junto con la sobreexplotación de las poblaciones silvestres, son las principales causas de amenaza de la flora Colombiana (SIAC, 2018), en este mismo estudio fue evaluado el estado de conservación de 1893 especies de plantas vasculares, de las cuales el 37 % se encuentran en estado de amenaza y de estas el 71 % son endémicas de Colombia, debido a estas problemáticas, las acciones actuales del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), están enfocadas en la transformación de normas y políticas ambientales, apoyadas en la investigación, conservación de especies in situ y en jardines botánicos (SIAC, 2018).

Las diferentes entidades de control han realizado iniciativas que pretenden revertir los efectos degradativos de las acciones humanas, una alternativa es la realización de actividades en áreas alteradas o disturbadas, pensadas desde una perspectiva funcional y de paisaje, con el objetivo de restablecer áreas de protección, aumentar la cobertura vegetal nativa, mantener las relaciones ecológicas y contribuir a la interacción de los componentes bióticos y abióticos. Todas estas acciones fueron ejecutadas por medio del diseño e implementación de tácticas y técnicas experimentales, como es la restauración ecológica (Baquero *et al.*, 2011; Lambin, 1997; Murcia *et al.*, 2014; Ospina *et al.*, 2010).

La restauración ecológica debe ser afrontada como un proyecto social amplio, con la expectativa de un porvenir deseable; de tal modo que a través del tiempo contribuya al restablecimiento del ambiente modificado, buscando garantizar la sostenibilidad y los servicios ecosistémicos que ellos generan, además de recuperar las características biológicas anteriores al disturbio (Barrera *et al.*, 2007; PNGIBSE, 2011; Vargas, 2007). Se puede

reconocer actualmente un continuo esfuerzo de restauración en el mundo, que va desde la rehabilitación de sitios localizados altamente degradados, hasta la restitución de paisajes enteros por razones de producción y/o conservación (Hoobs *et al.*, 1996; INECC, 2012). Algunos ecosistemas pueden recuperarse rápido y naturalmente de los disturbios antrópicos, pero en otros casos, su recuperación es lenta sino existe la intervención humana (Barrera *et al.*, 2008; Bolaños *et al.*, 2010).

En el Cauca, la composición, estructura, y distribución de la flora entre los 1700 y 2000 m.s.n.m, presenta una dominancia de dos tipos de bosque: uno de roble (*Quercus humboldtii*) y el otro según el grado de conservación o intervención del área, predomina cualquier especie (López *et al.*, 2015). En la vereda Cajete, ubicada al occidente de Popayán, se aprecia el segundo tipo de bosque, en el cual se observa el impacto causado al medio ambiente por las actividades del hombre, evidenciado por el crecimiento de asentamientos humanos, producción maderera, prácticas agropecuarias inadecuadas y especialmente el antiguo relleno sanitario “El Ojito” contaminando la quebrada La Lajita (Posso *et al.*, 2010); causando el deterioro de sus recursos naturales, dejando pequeños remanentes boscosos, inmersos en una matriz de pastizales, cultivos y potreros (Fernández *et al.*, 2010; Mondragón, 2015). A razón de esta problemática evidenciada en la zona, se escogió un área de estudio, en la Institución Educativa Cajete, para realizar una actividad que pretende apoyar la rehabilitación del ecosistema, por medio de una estrategia experimental como es el rescate de plántulas con alto valor ecológico, social, de fácil adaptación y mantenimiento (Acero *et al.*, 2014; Jarro *et al.*, 2004; Vargas *et al.*, 2008). Se evaluó a corto plazo, el desarrollo y crecimiento de las especies plantadas, identificando que el tratamiento de polisombra es más efectiva que el abono. Dando oportunidad de acrecentar conocimientos y evaluar otras alternativas de restauración ecológica en el departamento del Cauca.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Evaluar el establecimiento de tres especies silvestres como estrategia experimental de restauración ecológica en la Institución Educativa Cajete.

2.2 Objetivos Específicos

- Realizar el inventario florístico del área potrerizada.
- Seleccionar especies potenciales como estrategia experimental para la restauración ecológica.
- Evaluar el establecimiento de tres especies silvestres con diferentes tratamientos.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Restauración ecológica (R.E)

Es una actividad intencional que acelera la recuperación de un ecosistema, implementando métodos como la intervención activa en medios degradados, dañados o destruidos que no pueden o es muy lenta su regeneración, permitiendo acelerar de forma asistida las dinámicas naturales y poder restablecer algunos componentes básicos de la función, estructura y composición de los ecosistemas históricos o nativos de una región, direccionado a rehabilitar la biodiversidad, integridad y la salud ecológica del ecosistema, según las condiciones en las que se encuentra (SCB, 2004; SER, 2004).

La capacidad de restaurar un ecosistema dependerá de la relación histórica - actual entre el sistema natural y el socioeconómico; la disponibilidad de la biota nativa, bancos de semillas, patrones de regeneración, rasgos de historia de vida, estados sucesionales de las especies con sus atributos vitales y su grado de disturbio (Vargas, 2006; Godínez *et al.*, 2000). Es fundamental tener un área de referencia para planear un proyecto de restauración ecológica, con el objetivo de emular ciertos atributos del modelo, el cual puede consistir en una o varias funciones específicas en sus componentes bióticos y abióticos, superando las barreras que impiden su regeneración (Vargas, 2007; González *et al.*, 2007).

El éxito en la restauración también dependerá de los costos, fuentes de financiamiento y voluntad política de las instituciones interesadas en dicha actividad; pero ante todo de la colaboración y participación de las comunidades locales en los proyectos, siendo una disciplina intencional y multidimensional, abarca la parte social, política, económica y ética dentro de la sociedad (Vargas, 2007).

3.2 Pasos de la restauración ecológica

Aunque no existen recetas para restaurar un ecosistema, si existen recomendaciones generales basadas en teorías y conceptos de la R.E, por las experiencias acumuladas en los intentos de restaurar diferentes ecosistemas en el mundo, por ejemplo, para elegir un ecosistema a restaurar, se debe tener en cuenta factores tanto naturales como sociales, donde cada sitio es único y difiere las estrategias para restaurar, en muchos casos se encuentran áreas con una heterogeneidad ambiental tan modificadas que no quedan muestras en el paisaje del ecosistema original o con una historia difícil de reconstruir (SER, 2004; Sánchez, 2005). Otro ejemplo para poder ejecutar actividades restauración en un área, se debe tener un conocimiento previo de su extensión, duración de las perturbaciones pasadas, condiciones culturales que han transformado el paisaje, oportunidades o limitaciones actuales, evaluando el riesgo, los aspectos técnicos y monetarios de la propuesta (Fernández *et al.*, 2010; Sánchez, 2005; Valladares, 2008). De acuerdo con SER, (2004), hay una secuencia de 6 etapas para la generación de un plan de acción: Planificación conceptual de la restauración, tareas preliminares, planificación de la implementación, plan de restauración, tareas de implementación y tareas posteriores a la implementación y evaluación. Así muchas áreas en el mundo estén tan alteradas es difícil hablar solo de restauración, también se pueden emprender otras acciones como es la rehabilitación.

3.3 Rehabilitación

Es un sinónimo de restauración, pero la rehabilitación no implica llegar a un estado original, se puede usar para indicar cualquier acto de mejoramiento desde un estado degradado sin recuperar completamente su estructura, como es la plantación de árboles nativos o de especies pioneras dominantes y de importancia ecológica (Bradshaw, 2002; Samper, 2000).

3.4 Propagación vegetativa

La técnica comúnmente usada es la siembra directa de propágulos para áreas deforestadas (Reyes *et al.*, 2002). Esta técnica de reproducción asexual con estacas, plántulas y acodos aéreos, es efectiva para propagar plantas vasculares y los resultados son más satisfactorios a comparación de utilizar fitohormonas que estimulan la formación de raíces, yemas foliares y retoños (Hartmann *et al.*, 1990). Incluyendo la ventaja de obtener individuos en menor tiempo, comparado con la propagación por semillas (Acero *et al.*, 2014). La restauración ecológica también se ha hecho mediante la propagación, reforestación y rehabilitación, como estrategias conservacionistas, permitiendo la recuperación de ambientes (Basáñez-Muñoz *et al.*, 2008; Cruz-Ruíz *et al.*, 2009).

3.5 Bosques premontanos

La caracterización local de la vegetación representa, es el primer paso hacia el entendimiento de la estructura y dinámica de un bosque, lo que a su vez es fundamental para comprender los diferentes aspectos ecológicos, incluyendo el manejo exitoso de los bosques (Bawa y McDade 1994). La información básica sobre los ecosistemas protegidos, constituye una herramienta importante para la implementación de medidas adecuadas para su conservación efectiva y manejo en un largo plazo, especialmente en áreas reducidas o fragmentadas. No obstante, la continua reducción y fragmentación de los bosques por deforestación constituyen amenazas contra la integridad de los ecosistemas, de los cuales en su mayoría no se cuenta con información básica para revertir ese proceso (Vargas, 2006). El ecosistema del bosque húmedo premontano (bh-PM) constituye, después del bosque seco, el tipo de bosque más alterado y reducido. La desaparición de este tipo de ecosistema se debe, principalmente, a su ubicación sobre una faja altitudinal con condiciones climáticas propicias para la agricultura y el asentamiento de poblaciones humanas (PNGIBSE, 2011). En general los bosques tropicales son de gran importancia, por atrapar gran cantidad de carbono en sus tejidos, ser poseedores de la mayor diversidad biológica del planeta, brindar servicios ecosistémicos vitales y para antiguas tierras agrícolas dependiendo de las perturbaciones antropogénicas o naturales preexistentes, son una fuente de regeneración dentro del sitio, por poseer un banco de semillas y ser grandes dispersores por medio de animales y viento (Guaman *et al.*, 2013).

Las investigaciones de (Bolaños *et al.*, 2010; López *et al.*, 2015; García *et al.*, 2014), se enfocaron en obtener información de la estructura y composición florística en tres bosques en el municipio de Popayán, indispensables para conocer la riqueza específica, dominancia y estratificación de los bosques premontanos de la región, confirman así la biodiversidad y el potencial de los remanentes de bosques secundarios en el municipio, para su conservación como fuentes semilleras en proyectos de restauración. Según Pincheira *et al.*, (2009), sugieren que el tamaño y forma del fragmento influye directamente en el aumento de la diversidad de especies. Finalmente, el diagnóstico ambiental de Mondragón (2015), expone el potencial de restauración ecológica que tiene la vereda Cajete, por su oferta biofísica de acuerdo al componente vegetal, faunístico y social, para generar estrategias de restauración.

3.6 Vivero

Respecto a los viveros de conservación de especies nativas el Instituto de Investigaciones Alexander von Humboldt (2008), plantea que es un elemento esencial para las estrategias de restauración, ya que aumenta la supervivencia de las plántulas, mejorando la calidad y cantidad de cobertura vegetal nativa, obteniendo una mejor producción y logrando disminuir los costos de establecimiento.

3.7 Abono y polisombra

La materia orgánica tiene muchas propiedades físicas, químicas y biológicas que contribuyen a su capacidad productiva, se considera que los suelos son más fértiles y productivos, usada comúnmente en zonas acidas y degradadas, donde los arboles responden muy bien a su aplicación desde la siembra (Alvarado *et al.*, 2012). En la etapa de establecimiento; las limitaciones nutricionales del suelo, la fertilización temprana es una medida silvicultural que contribuye al adecuado crecimiento inicial de los árboles (Pazos, 2018; Donoso *et al.*, 2015). Aportes nutricionales como el calcio es un elemento esencial para el crecimiento, interviniendo en la mitosis, división y elongación celular. En cuanto a su deficiencia disminuye su sistema radical, debilitando tejidos foliares, siendo susceptibles a enfermedades (Alvarado *et al.*, 2012).

Las investigaciones sobre la influencia del sombreado en el crecimiento y mortalidad de plántulas, permite crear simulaciones de las condiciones presentes en un bosque (Martin *et al.*, 2005). Factores como la luz, especialmente su intensidad y calidad, son vitales para el crecimiento de las plantas, las cuales, con diferentes grados de tolerancia a la sombra, se pueden desarrollar mejor en hábitats abiertos o intermedios como en bordes de bosque (Donoso *et al.*, 2015; Martin *et al.*, 2005). La polisombra además de reducir la luminosidad, sirve como control de plaguicidas, depredadores y prevenir la acumulación de calor (Martin *et al.*, 2005).

3.8 Especies representativas

Hernández *et al.* (2012) realiza un trabajo sobre *Pouteria splendens*, un arbusto endémico con problemas de conservación en Chile y es la única especie representante de la familia Sapotaceae en el país de la que se conoce muy poco de su ciclo de vida y su fenología reproductiva. De igual manera la investigación de Pennington (1998), habla de *Pouteria sapota*, árbol de hasta 40 m de altura y un DAP mayor a 1 m, corteza gris parda a morena, presencia de látex; las hojas simples, dispuestas en espiral, aglomeradas en las puntas de las ramas, las flores son solitarias, agrupadas en las axilas de las hojas, los frutos son bayas de hasta 20 cm de largo, ovoides; el mesocarpio es dulce, carnoso. Generalmente contiene una semilla (a veces hasta 3), elipsoide de color negra a morena oscura (Pennington, 1998). Este proyecto nos permite visualizar el desconocimiento del género *Pouteria* y la importancia a seguir investigando sobre ella.

En instalaciones apícolas es usada comúnmente la *Banara guianensis* por su oferta floral como mecanismo para optimizar la producción, permitiendo diferenciar productos de la colmena y mejorar competitividad. (Trópicos, 2018; Unal, 2018). Además, presenta un alto valor ecológico para los bosques secundarios (López *et al.*, 2015; Bolaños *et al.*, 2010).

Cupania americana se puede reconocer por su tronco liso, sus grandes hojas de color verde oscuro, es un árbol de gran tamaño, capaz de producir de uno a varios cientos de semillas en una sola cosecha, las primeras hojas de la plántula tienen la apariencia de hojas adultas, excepto que son más delgadas y agudas, ellas se pueden trasplantar en esta etapa a bolsas de vivero, es muy atrayente por proveer de néctar a las abejas, además esta especie es usada como árbol ornamental y de sombra (Francis, 1991; Unal, 2018).

4. DISEÑO METODOLÓGICO

Se plantearon tres etapas: primero se realizó un inventario florístico identificando las especies potenciales para el ensayo; segundo se seleccionaron y se manejaron las especies potenciales para restaurar, por último, se evaluó el establecimiento de las especies silvestres en el área a intervenir.

Área de estudio

Se ubica a 2° 28' N y 76° 39' W (Figura 1), con altitud entre 1640 y 1730 m, en el municipio de Popayán, departamento del Cauca, una temperatura y precipitación media anual de 21°C y 1935 mm respectivamente. Según el sistema de zonas de vida el remanente de bosque se clasifica como húmedo premontano (bh-PM) (Holdridge, 1978) y selva subandina (Cuatrecasas, 1958). Está rodeada al occidente por sembradíos de pancoger y fincas aledañas, al oriente por potreros y las instalaciones de la I.E, al sur con la vía que conduce al Tambo y al norte con la Reserva Forestal de la Institución Educativa Cajete (RFIEC) que es tomado como bosque fuente y ecosistema de referencia del cual se conoce su estructura y composición florística, donde es uno de los pocos remanentes de bosque de la zona, que posee un afloramiento de agua intermitente que desemboca en el río Cauca (López *et al.*, 2015).

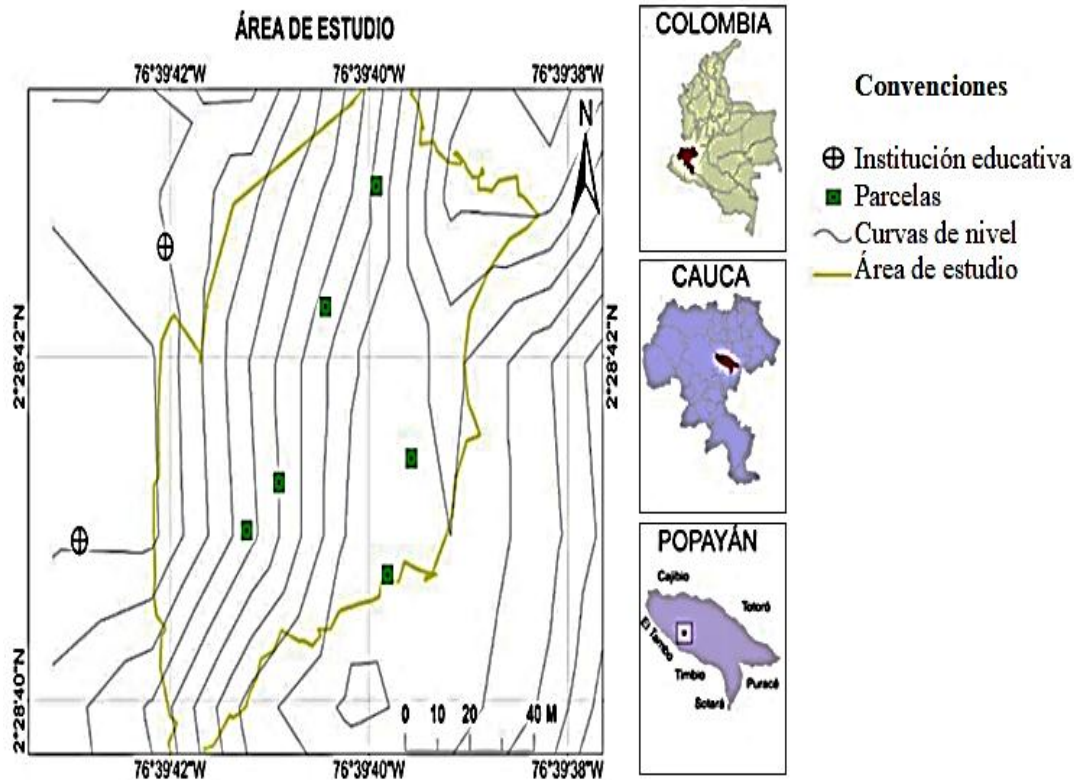


Figura 1 Área de estudio, zona rural del municipio de Popayán, vereda cajete.

4.1 Etapa I. Realización del inventario florístico

4.1.1 El inventario florístico.

Se realizó para la identificación de los estadios sucesionales y la selección de las especies silvestres potenciales en la estrategia experimental de restauración, se llevó a cabo mediante ocho cuadrantes de 1 m² ubicados aleatoriamente, acompañado de colecta libre dentro del área de estudio y borde del bosque (Figura 2). Las muestras fueron procesadas siguiendo las técnicas de herborización y depositadas en el herbario de la Universidad del Cauca (CAUP). Para la determinación de las especies se utilizó comparación con otros especímenes de la colección del herbario y las bases de datos Missouri Botanical Garden (trópicos.org, 2018), así se determinó la riqueza específica de las especies (Vargas *et al.*, 2008), se hizo registro de especies y colecta para su determinación (Anexo 1).



Figura 2 Área de estudio a) área de estudio vista desde la zona alta, b) vista desde la zona baja, c) visualización oriental del área potrerizada.

4.2 Etapa II Selección y manejo de especies potenciales para la restauración

4.2.1 Selección de especies potenciales para la restauración.

La selección de las especies fue tomada de acuerdo a la riqueza específica registrada en el inventario, empleando diferentes criterios, apoyados en viveristas de la región, observaciones en campo y bases teóricas de las especies, además fue imprescindible el conocimiento de la comunidad para su ubicación y disponibilidad en las áreas boscosas (Tabla 1): la selección de especies constó de dos pasos:

- Evaluación de rasgos de vida de diferentes especies mediante una escala de valoración de 1 a 5. A cada especie se le evaluó los siguientes parámetros: A) Arbórea, B) Tamaño entre 8 a 30 cm, C) Frecuencia en el bosque. D) Tolerancia a la luz en etapas juveniles (Tabla 2) (IAvH, 2008; Romero, 2005).
- Características observadas en campo como la Disponibilidad de las especies según su crecimiento y desarrollo en áreas boscosas del municipio de Popayán, en la vereda de Cajete y sus alrededores.

Tabla 1. Matriz base de atributos para las especies seleccionadas.

ESPECIES SELECCIONADAS PARA LA PROPAGACION						
FAMILIAS	ESPECIES	ATRIBUTOS				TOTAL
		A	B	C	D	

Tabla 2 Indicadores de atributos con valores de 1 a 5

A= Arborea	1= 5-10m	C= Frecuencia en bosques nativos	1= No se encontró
	2= 10-15m		2= Poco frecuente
	3= 15-20m		3= Regularidad
	4= 20-25m		4= Frecuente
	5= 25m En adelante		5=Muy frecuente
B= tamaño entre 8 y 30 cm	1= No se encontró	D= Tolerancia a la luz en etapas juveniles	1= Intolerable
	2= Poco frecuente		2= Muy poco
	3= Regularidad		3= Poco
	4= Frecuente		4= Parcial
	5=Muy frecuente		5= Tolerable

Fase búsqueda y rescate de especies potenciales.

Se realizaron salidas ubicando áreas boscosas en las veredas de Cajete, el Tambo y el Charco con el apoyo de las comunidades y viveristas de la región (Figura 3). Se reconocieron las posibles especies según su frecuencia y su estado fitosanitario, luego fueron marcadas y rotuladas dentro del bosque para evaluar su disponibilidad y así poder emplearse en la estrategia experimental de restauración ecológica (Anexo 2) (Vargas *et al.*, 2008). Para la selección de plántulas Cuellar *et al.* (2008) y el IAvH (2008), sugieren una altura superior a 8 cm y con más de cuatro hojas verdaderas, condiciones fitosanitarias favorables y disponibilidad como área semillera (Figura 4). En cuanto al rescate de plántulas, se siguió el protocolo de IAvH (2008), respecto al cuidado de extracción, transporte y siembra de las plántulas recién germinadas, por presentar una alta mortalidad debido a la competencia entre ellas o porque germinan en lugares inadecuados para su desarrollo.



Figura 3 Remanentes de bosques en la vereda Cajete para el rescate de plántulas.



Figura 4 Identificación de las fuentes semilleras para su recolección.

4.2.2 Fase de precondicionamiento para las especies potenciales.

En primer lugar, se dispuso un lote cubierto por polisombra dentro de la UMATA, segundo se inició la preparación del sustrato el cual contenía tierra negra cernida, una cuarta parte de abono orgánico Abonissa (mejorador orgánico de suelos, resultado de gallinaza que ha sido sometida a un proceso de compostaje, maduración y estabilización), siendo fundamental el aporte nutricional desde el vivero hasta el trasplante (Alvarado *et al.*, 2012), más una octava parte de arena en la superficie (Figura 5), tercero se continuo con el llenado de bolsas (Figura 6).



Figura 5. Preparación del sustrato para el establecimiento y el proceso de aclimatación.



Figura 6. Preparación del llenado de bolsas para el rescate de plántulas

Cuarto, continuando con el protocolo IAvH (2008) y las indicaciones del personal de la UMATA, se sembraron las plántulas, teniendo precaución con la deshidratación y su raíz (Figura 7), con riego cada dos días, quinto se realizó un pretratamiento, al follaje con poda en un 100 %, a la mitad de la población sembrada con el fin de evaluar su capacidad de adaptación y restringir su estrés al cambio microclimático efectuado de bosque a vivero (Figura 8c) (Acero *et al.*, 2014; Martin *et al.*, 2005; Segura, 2010; Vanegas, 2008). Por último, se ubicaron las plántulas dentro del vivero manteniendo un orden por tratamiento y atributos fitosanitarios (Figura 8a) (Anexo 3). La fase de precondicionamiento duro alrededor de 7 meses, donde se realizaron réplicas para la obtención de los individuos.



Figura 7 a) Proceso de siembra en el vivero de la UMATA. b) Plántulas hidratadas para su respectiva siembra.



Figura 8 Disposición y siembra de los especímenes en el vivero. a) Replicas, b) *Pouteria sp.*, c) Preacondicionamiento, d) *Banara guianensis*. Se observa cómo se encuentran acondicionadas en el vivero.

4.3 Etapa III establecimiento de las especies potenciales en un proceso experimental de restauración

En la realización de la siembra y su evaluación a las especies potenciales en este proceso experimental, se ejecutaron diferentes actividades para este ensayo: diseño experimental, fase campo y análisis estadístico.

4.3.1 *Diseño experimental*

Se ubicaron seis cuadrantes de 36 m² dentro del área potrerizada de forma aleatoria, cada uno con 16 individuos en total 96 para el diseño (Figuras 9 y 10).

Tres cuadrantes presentaban fertilizante, (T1) = Abono: Abonissa, tierra negra y cáscaras de huevos y el otro 50% su control (T0) = Cuadrantes sin abono. En el segundo tratamiento dentro de los seis cuadrantes, se realizaron áreas de protección para el 50% de las plántulas de forma aleatoria, (T2) = Polisombra: 65 % de poro y el otro 50 % de los especímenes tomados como control (T0) = plántulas sin polisombra (Anexo 4).

Al mismo tiempo que en los cuadrantes y sus alrededores, se ejecutó el mantenimiento y control cada ocho días de pastos y helechos (Acero *et al.*, 2014; García *et al.*, 2000; ICA, 1999).

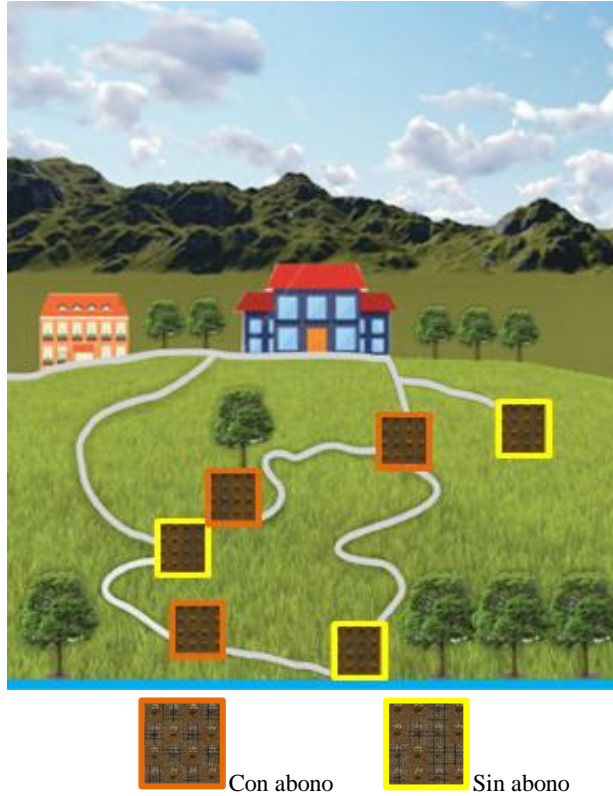


Figura 9 Plano en planta del área de estudio.

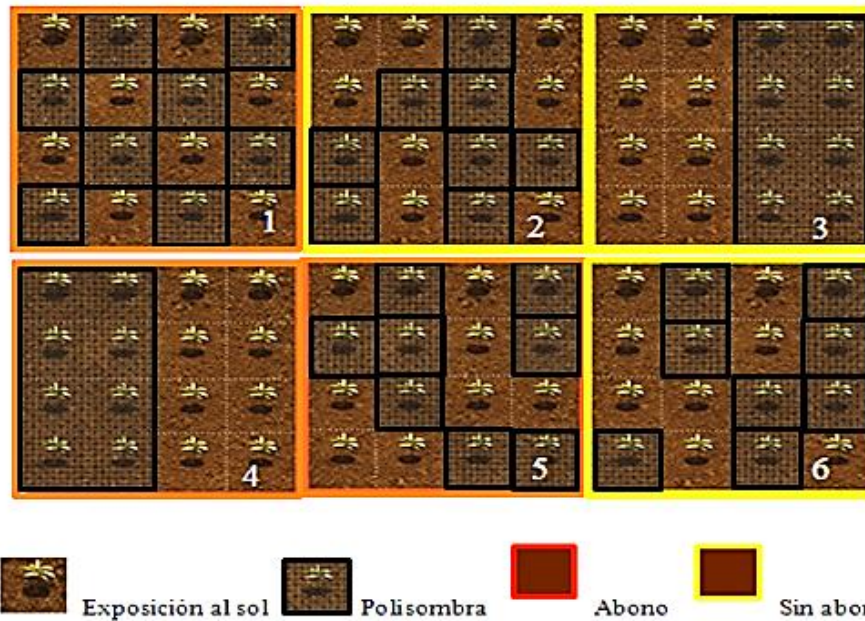


Figura 10. Diseño de los cuadrantes con sus respectivas características. (Autocad). Se puede apreciar la polisombra demarcada con borde negro en todos los cuadrantes, para el tratamiento con abono los cuadrantes son: 1,4,5 y sin abono son: 2,3 y 6.

4.3.2 Fase campo

La socialización es primordial en proyectos de restauración, teniendo presente sus conocimientos y actividades culturales, por ende, se buscó la participación del ente educativo y vecinos aledaños a la institución, incentivando la recuperación y protección del área (Figura 11) (PNGBSE, 2011; Rudas *et al.*, 2007; Vargas, 2007).

Se creó un acceso al sitio experimental debido a sus condiciones de abandono por más de 10 años según lo expresado por la comunidad. Después se procedió a delimitar los cuadrantes con el retiro de cubierta controlando el crecimiento de especies invasoras como helechos y pastos, acompañado de desyerbe y limpieza cada ocho días (Figura 12) (Fao, 2000; Vargas, 2015).

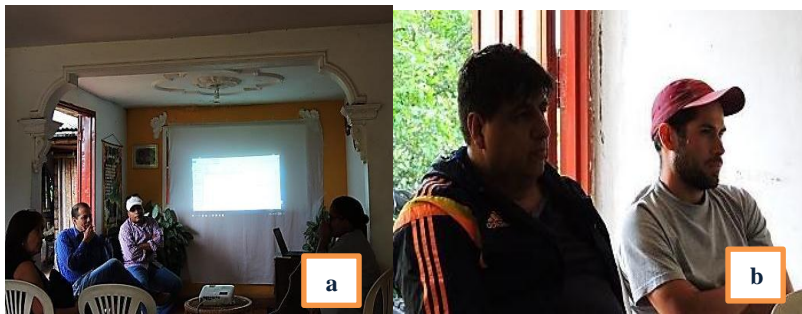


Figura 11 Reunión con la comunidad directamente relacionada, a) Socialización de las diferentes actividades, saberes comunitarios, b) Rector de la IE.

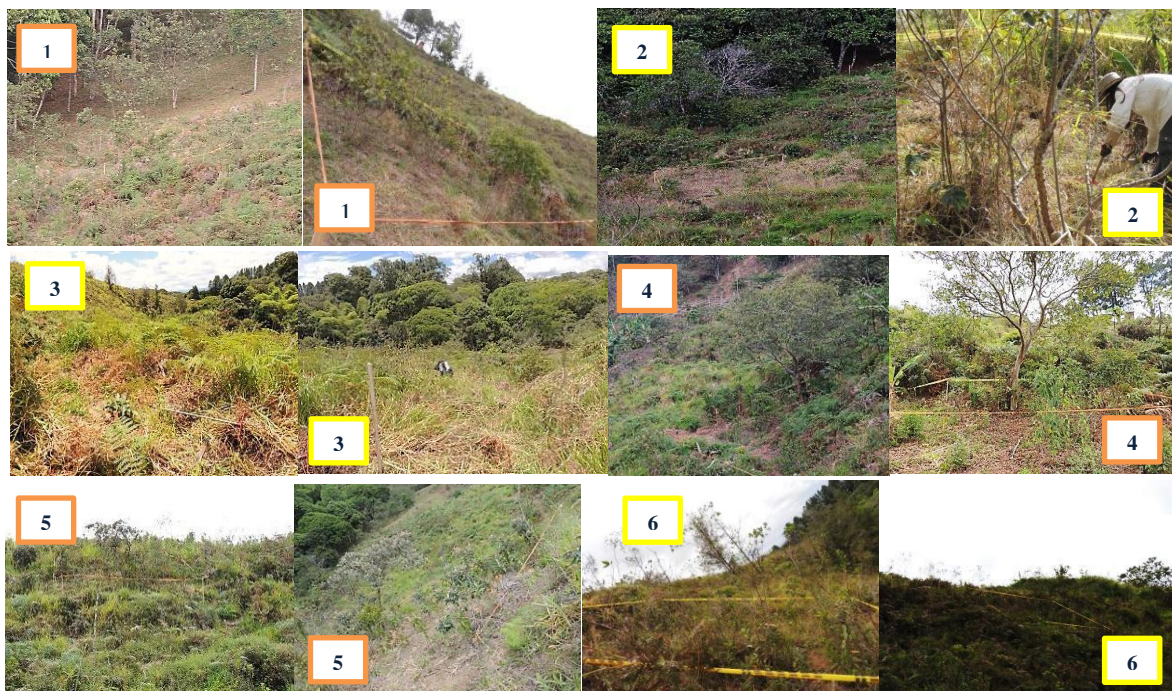


Figura 12 Creación de los seis cuadrantes para el diseño florístico y delimitación. Se observa el marcaje de los cuadrantes con cinta naranja para el tratamiento con abono (1, 4, 5) y amarillo para cuadrantes sin abono (2, 3, 6).

Posteriormente se transportaron las plántulas desde la UMATA al área de establecimiento y por medio de una minga institucional (Figura 13) con participación de estudiantes y profesores (Anexo 5), se realizó la siembra, en una semana, durante tres jornadas, incluyendo la siembra de 40 individuos de las especies rescatadas en el bosque (RFIEC).



Figura 13 Fase de establecimiento, a) apoyo de la comunidad educativa y padres de familia, b) suministros y plántulas para el establecimiento.

4.3.3 Análisis estadístico.

Primero, se tomaron datos en campo, para evaluar su respuesta a las condiciones de trasplante y siembra, mediante el seguimiento de la altura tomada en centímetros desde la base hasta la yema terminal (Anexo 6) cada 15 días, durante 17 semanas (Acero *et al.*, 2014; Rojas, 2002).

Segundo, se digitalizaron los datos en una matriz general de Excel para realizar tablas dinámicas y procesar los datos en el programa estadístico SPSS 19.0 (Statistical Package for the Social Sciences) para un análisis descriptivo y cuantitativo de los seis cuadrantes.

Por último, con el fin de evaluar si hay diferencias significativas entre los tratamientos se aplicó una prueba no paramétrica de U Mann Witney con un nivel de significancia de ($p < 0,05$) debido a que no mostraron distribución normal (Acero *et al.*, 2014; Sígala *et al.*, 2015; Soria *et al.*, 2012; Ramírez, 2006).

5. RESULTADOS

5.1 Inventario florístico

En el área de estudio (potrerizada y borde de bosque), se registraron 34 familias, 64 géneros y 75 especies de plantas vasculares (Tabla 3).

Tabla 3 Inventario florístico del área de estudio.

FAMILIA	ESPECIE	HABITO
ACTINIDIACEAE	<i>Saurauia scabra</i>	Arbusto
ANEMIACEAE	<i>Anemia villosa</i>	Helecho
ARACEAE	<i>Monstera obliqua</i>	Hierba trepadora
ARACEAE	<i>Aiphanes monostachys</i>	Arbusto
ARECAEAE	<i>Critoniella acuminata</i>	Arbusto
ASTERACEAE	<i>Austroeupatorium inulifolium</i>	Arbusto
ASTERACEAE	<i>Baccharis chilco</i>	Arbusto pequeño
ASTERACEAE	<i>Baccharis inamoena</i>	Arbusto
ASTERACEAE	<i>Chromolaena laevigata</i>	Arbusto
ASTERACEAE	<i>Chromolaena tacotana</i>	Arbusto
ASTERACEAE	<i>Clibadium surinamense</i>	Arbusto
ASTERACEAE	<i>Aspilia quinquenervis</i>	Arbusto
ASTERACEAE	<i>Emilia coccinea</i>	Hierba
ASTERACEAE	<i>Condylopodium cuatrecasasii</i>	Arbusto
ASTERACEAE	<i>Elephantopus mollis</i>	Hierba
ASTERACEAE	<i>Calea glomerata</i>	Arbusto
BORAGINACEAE	<i>Cordia resinosa</i>	Arbolito
COMMELINACEAE	<i>Commelina erecta</i>	Hierba
CYPERACEAE	<i>Rhynchospora nervosa</i>	Hierba
CYPERACEAE	<i>Fimbristylis dichotoma</i>	Hierba
ERYTHROXYLACEAE	<i>Erythroxylum popayanense</i>	Árbol
FABACEAE	<i>Stylosanthes guianensis</i>	Arbusto
FABACEAE	<i>Desmodium incanum</i>	Hierba
FABACEAE	<i>Eriosema diffusum</i>	Hierba
FABACEAE	<i>Desmodium barbatum</i>	Hierba
GESNERIACEAE	<i>Besleria solanoides</i>	Hierba
GESNERIACEAE	<i>Centropogon laxis</i>	Hierba
GESNERIACEAE	<i>Kohleria sp</i>	Hierba
GESNERIACEAE	<i>Kohleria inaequalis</i>	Hierba
GLEICHENIACEAE	<i>Sticherus penniger</i>	Helecho
LAMIACEAE	<i>Holmskioldia sanguinea</i>	Arbusto trepador
LAMIACEAE	<i>Hyptis atrorubens</i>	Hierba
LYTHRACEAE	<i>Cuphea racemosa</i>	Hierba
LYTHRACEAE	<i>Cuphea strigulosa</i>	Hierba
MALVACEAE	<i>Triumfetta bogotensis</i>	Hierba
MELASTOMATAACEAE	<i>Miconia acuminifera</i>	Arbusto
MELASTOMATAACEAE	<i>Tibouchina lindeniana</i>	Arbusto
MELASTOMATAACEAE	<i>Meriania speciosa</i>	Arbusto
MELASTOMATAACEAE	<i>Clidemia ciliata</i>	Arbusto

MELASTOMATACEAE	<i>Clidemia sericea</i>	Arbusto
MELASTOMATACEAE	<i>Miconia albicans</i>	Arbusto
MELASTOMATACEAE	<i>Miconia ibaguensis</i>	Arbusto
MONIMIACEAE	<i>Mollinedia sp</i>	Arbusto
MYRTACEAE	<i>Psidium guineense</i>	Arbusto
MYRTACEAE	<i>Eugenia sp</i>	Árbol
OROBANCHACEAE	<i>Castilleja communis</i>	Hierba
PIPERACEAE	<i>Piper aequale</i>	Arbusto
PIPERACEAE	<i>Piper capillipes</i>	Arbusto
PIPERACEAE	<i>Piper aduncum</i>	Arbusto
PLANTAGINACEAE	<i>Plantago australis</i>	Hierba
POACEAE	<i>Lasiacis nigra</i>	Hierba
POACEAE	<i>Melinis minutiflora</i>	Hierba
POACEAE	<i>Brachiaria decumbens</i>	Hierba
POACEAE	<i>Andropogon bicornis</i>	Hierba
POACEAE	<i>Panicum viscidellum</i>	Hierba
POACEAE	<i>Sporobolus indicus</i>	Hierba
POLYGONACEAE	<i>Rumex crispus</i>	Hierba
PRIMULACEAE	<i>Myrsine guianensis</i>	Arbolito
PTERIDACEAE	<i>Jamesonia</i>	Helecho
ROSACEAE	<i>Rubus urticifolius</i>	Arbusto
RUBIACEAE	<i>Galium hypocarpium</i>	Hierba trepadora
RUBIACEAE	<i>Psychotria sp</i>	Arbusto
RUBIACEAE	<i>Spermacoce capitata</i>	Hierba
RUBIACEAE	<i>Coccocypselum lanceolatum</i>	Hierba
SALICACEAE	<i>Banara guianensis</i>	Árbol
SALICACEAE	<i>Xylosma benthamii</i>	Arbusto
SAPINDACEAE	<i>Cupania americana</i>	Árbol
SAPOTACEAE	<i>Pouteria sp</i>	Árbol
SIPARUNACEAE	<i>Siparuna aspera</i>	Arbusto
SOLANACEAE	<i>Solanum lepidotum</i>	Arbusto
SOLANACEAE	<i>Solanum quitoense</i>	Arbusto
SOLANACEAE	<i>Solanum caripense</i>	Hierba
URTICACEAE	<i>Cecropia angustifolia</i>	Árbol
VERBENACEAE	<i>Lantana trifolia</i>	Hierba
VERBENACEAE	<i>Lantana cámara</i>	Hierba

Al clasificar las 75 especies por hábitos o forma de vida se encontró que las hierbas son las más abundantes (46,66 %), seguido de los arbustos (42,66 %) y árboles (10,66 %) (Figura 14).

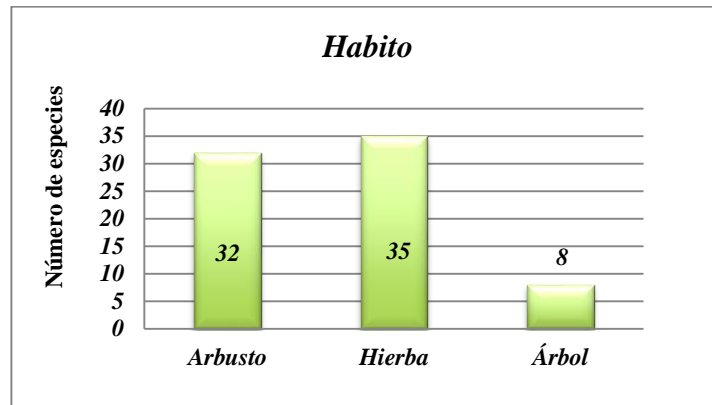


Figura 14 Distribución de las especies por hábito de crecimiento: arbusto, hierba y árbol, presentes en el inventario florístico. (Categorías que abarcan a Hierba trepadora y Arbusto trepador), los valores corresponden al número encontrado de especies en el área de estudio y borde de bosque.

En la Figura 15 se plasmaron las familias más representativas encontradas en el área de estudio, obteniendo una mayor predominancia de Asteraceae (11 especies), Melastomataceae (7 especies), las familias restantes presentaron menos de 6 especies.

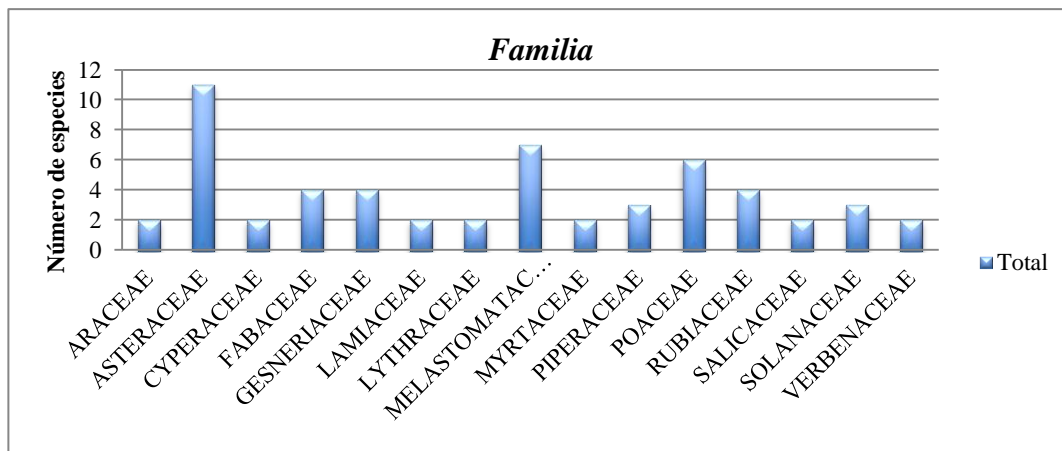


Figura 15 Las familias más representativas en el área de estudio. Se observan 15 familias y el resto están constituidas por una sola especie.

En el área potreriada de acuerdo a los cuadrantes de 1m² y colecta libre realizadas, se observó la predominancia del estrato herbáceo-arbustivo con alturas superiores de 1m (Figura

16a), el estrato arbustivo presentó predominio de las familias Melastomataceae y Asteraceae (Figura 16b). Estas familias presentan asociación a áreas de sucesión secundaria (López *et al.*, 2015).



Figura 16 Dos cuadrantes representativos de un 1m². a) predominancia del estrato herbáceo. b) conformación arbustiva.

5.2 Selección y manejo de especies potenciales para la restauración.

Teniendo en cuenta el inventario florístico se seleccionaron ocho especies silvestres buscando el cumplimiento de los criterios (Tabla 4). Es importante señalar que atributos como disponibilidad de tamaño y tolerancia a radiación solar en etapas juveniles fueron consultadas con la comunidad y viveristas. A partir de las especies seleccionadas se escogió a *Cupania americana*, *Banara guianensis* y *Pouteria* sp. por presentar los valores más altos en la tabla de atributos. La especie *Eugenia* sp, aunque presento un mayor valor se descartó por el alto nivel de mortalidad evidenciado en el traslado del bosque al vivero, esto ocasionado por su gran sensibilidad a cambios microclimáticos bruscos (García, 2014; Páez *et al.*, 2000).

Tabla 4 Matriz de atributos para las especies seleccionadas. Listado de las especies arbóreas registradas en el área de estudio.

ESPECIES SELECCIONADAS PARA LA PROPAGACION						
FAMILIA	ESPECIE	A	B	C	D	Total
BORAGINACEAE	<i>Cordia resinosa</i>	2	2	2	0	6
ERYTHROXYLACEAE	<i>Erythroxylum popayanense</i>	3	3	3	2	11
MYRTACEAE	<i>Eugenia</i> sp	3	4	4	2	13
PRIMULACEAE	<i>Myrsine guianensis</i>	3	2	3	4	12
SALICACEAE	<i>Banara guianensis</i>	2	4	4	3	13
SAPINDACEAE	<i>Cupania americana</i>	3	3	4	4	14
SAPOTACEAE	<i>Pouteria</i> sp	4	5	3	4	16
URTICACEAE	<i>Cecropia angustifolia</i>	3	1	3	3	10

Debido a la alta radiación solar presentada durante la fase de aclimatación en el vivero de la UMATA, se registró una mortandad en masa del 90% de los individuos de *Cupania americana*, *Banara guianensis* y algunos sobrevivientes de *Eugenia* sp (Anexo 7). Aunque se realizaron tres salidas para el rescate de más individuos, estas no sobrevivieron al cambio de microclima, encontrando además baja disponibilidad de individuos dentro de los bosques. Sin embargo, se apreció como la especie *Pouteria* sp, fue la única que soportó la radiación directa, registrándose la reanudación del crecimiento y el desarrollo de nuevos brotes hasta hojas verdaderas, probando así su adaptabilidad (Acero *et al.*, 2014; IAvH, 2008) (Anexo 8).

5.3 Establecimiento de las especies potenciales con diferentes tratamientos en un proceso experimental de restauración.

Al finalizar el proceso de aclimatación, se registró el número de individuos por especie que sobrevivieron. En *Cupania americana* 6 de 32, *Banara guianensis* 8 de 43, *Erythroxylum popayanense* 3 de 16, *Eugenia* sp 9 de 56 y *Pouteria* sp. 144 de 160. Con el fin de asegurar las repeticiones en el diseño experimental se tomó la decisión de sembrar solo *Pouteria* sp. para la implementación de la estrategia experimental. Se utilizaron 96 individuos para ser sembrados en los cuadrantes por presentar las mejores condiciones fitosociológicas, el resto de los individuos junto a las otras especies fueron reintroducidas al bosque y entregadas a la UMATA. y llevadas al vivero de la Universidad del Cauca.

Después de ocho observaciones donde se realizaron las mediciones de altura, las plántulas expuestas al tratamiento uno (T1-Abono) presentaron una variabilidad en el crecimiento, se observó cómo se detuvo su establecimiento en las primeras cuatro observaciones y se registró un mayor crecimiento del grupo control respecto a las plántulas abonadas, pero a partir de la sexta visita se evidenció que la altura de las plántulas con abono igualó y superó a las plántulas del grupo control (Figura 17). Estos resultados pueden explicarse por la herbivoría presentada en los primeros días del establecimiento, generada por hormigas arrieras (*Atta cephalotes*) quienes dejaban desnudo el tallo o pequeñas fracciones de las hojas. Según Tapia (2011) esta es una especie oportunista aprovechando alimentos de fácil obtención. Por otro lado, las plántulas con el tratamiento dos (Polisombra-T2) presentaron un mayor crecimiento respecto al grupo control durante todas las observaciones (Figura 18).

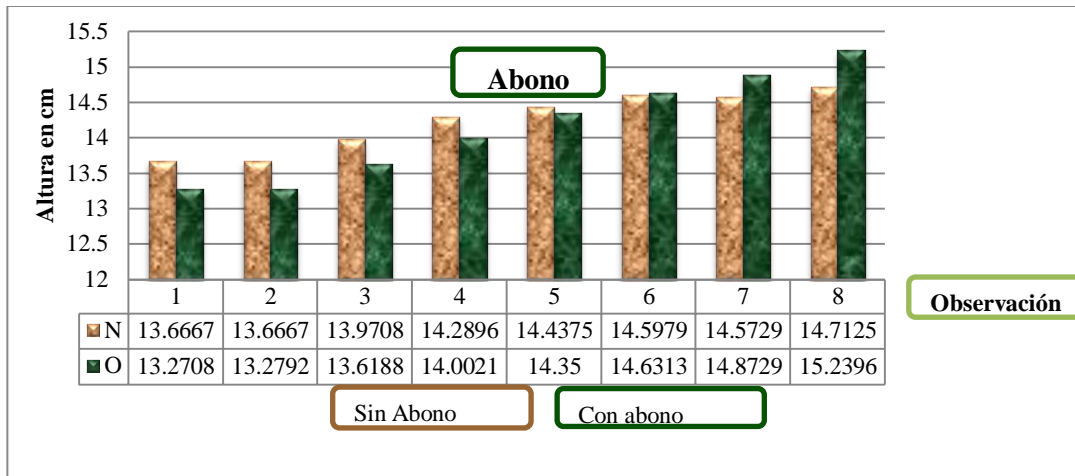


Figura 17 Datos descriptivos de altura vs abono.

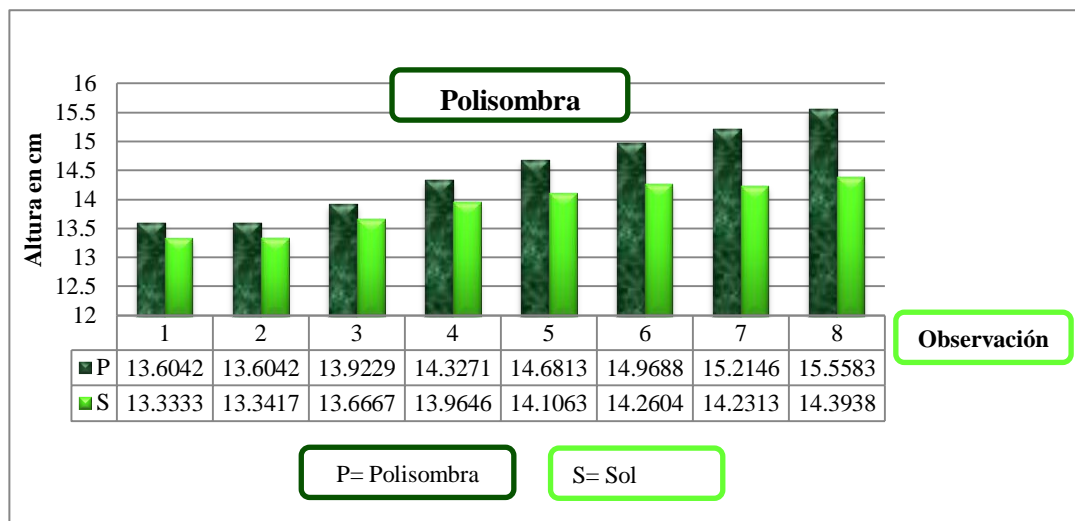


Figura 18. Datos descriptivos de altura vs polisombra.

La prueba de U de Mann Witney señala que no hay diferencia significativa entre las plántulas abonadas respecto al control ($p > 0,05$), sin embargo, se comprobó que si hubo diferencia significativa ($P \leq 0,05$) en el tratamiento dos (Polisombra) con un mayor crecimiento de los individuos bajo sombra comparadas con las plántulas expuestas directamente al sol.

Al realizar un análisis de varianza al crecimiento de las plántulas respecto a la combinación de tratamientos se encontró que no hay diferencias significativas ($P > 0,05$) y aunque es evidente que la polisombra favorece el crecimiento; al comparar grupos de plántulas bajo el mismo tratamiento (polisombra o sol), se obtiene que estas se desarrollan de una manera similar. Sin embargo, el análisis descriptivo a la aplicación de los tratamientos

muestra mejores resultados cuando se emplea polisombra más abono (Figura 19), lo que demuestra que la sombra

conjuntamente con el fertilizante influye directamente en el crecimiento y desarrollo de *Pouteria* sp. (Páez et al., 2000).

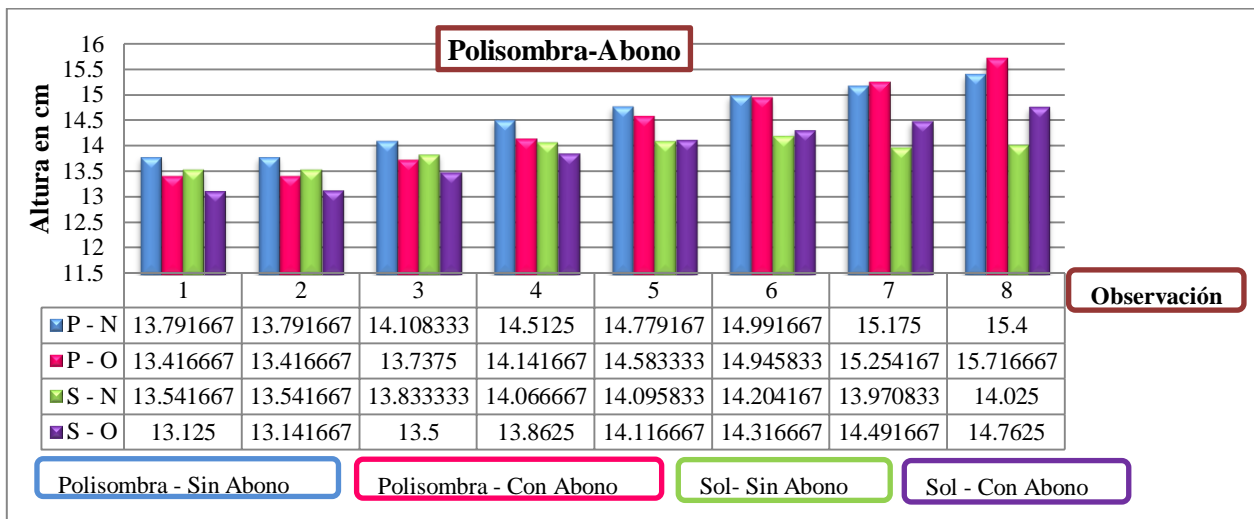


Figura 19. Datos descriptivos, Combinación de tratamientos.

La probabilidad de supervivencia global obtenida al finalizar el período de seguimiento (120 días) fue de 0,86 (86,45 %), con 83 plántulas vivas de las 96 rescatadas. En el tratamiento control se obtuvo una probabilidad de supervivencia global de 0,89 (89,5%). Respecto a la polisombra la supervivencia fue de 45/48 obteniendo una probabilidad de 0,93 (93,75 %) y para el abono la probabilidad de supervivencia fue de 0.91 (91.6 %) con 44 plántulas vivas de 48 expuestas al tratamiento.

6. DISCUSIÓN

6.1 Inventario florístico

En el área potrerizada a intervenir se registraron 75 especies, correspondientes a 64 géneros y 34 familias. La riqueza de especies encontrada es menor a la reportada por López *et al.*, (2015), quienes evaluaron la estructura y la composición florística en esta misma zona. Estos resultados contradictorios se pudieron generar debido a que López *et al.* (2015), realizaron la colecta de especies en 3,5 ha. incluida la RFIEC, mientras en el presente estudio solo fue 1 ha. De la misma forma Alcázar *et al.*, (2002), evaluó la estructura y la composición del bosque de la hacienda la Lomita, que cuenta con una extensión de 15 ha. reportando una diversidad mayor comparada con los estudios anteriores, este hecho puede explicarse que, a mayor extensión del área, mayor riqueza de especies (MacArthur *et al.*, 1967; Pincheira *et al.*, 2009).

Se clasificaron las especies de acuerdo a su hábito de crecimiento, observando una dominancia de hierbas y arbustos (Figura 16), siendo el primero quien predominó por ser especies que se asocian muy bien a condiciones de perturbación, ya sea por los disturbios naturales o antrópicos lo que ha generado un proceso de sucesión (Restrepo, 2016; Vargas, 2015).

Sin ninguna actividad que permita acelerar la transformación del ecosistema, para su rehabilitación se pueden generar restricciones en la dispersión y establecimiento de otras especies (Pincheira *et al.*, 2009; Restrepo, 2016). Es por eso que un ecosistema en las primeras etapas de sucesión tiende a ser dominado por algunas familias en particular. En el estudio se encontró que las familias más representativas fueron Asteraceae (11 especies) y Melastomataceae (7 especies) concordando con los estudios realizados por López *et al.*, (2015); Alcázar *et al.* (2002); Bolaños *et al.*, (2010) y García (2014) en la meseta de Popayán. La dominancia de Asteraceae se debe a que es la familia más diversa a nivel mundial y sus especies no son exigentes para establecerse en las primeras etapas sucesionales (Bolaños *et al.*, 2010; Judd *et al.*, 2002; Soltis *et al.*, 2005). La presencia de especies de Melastomataceae, para este tipo de zonas de vida en condiciones de perturbación, son indicadoras de áreas de bosque secundario (Alcázar *et al.*, 2002; Bolaños *et al.*, 2002 - 2010; López *et al.*, 2015), debido a que han sufrido fuertes cambios generados por procesos antrópicos y además que son generalistas en procesos de sucesión natural (Restrepo, 2016; Samper, 2000). Confirmando la importancia de generar actividades de restauración ecológica en áreas disturbadas, apoyado en los bosques secundarios como fuentes dispersoras de semillas y los diversos servicios ecosistémicos que pueden generar (Barrera-Cataño *et al.*, 2007).

6.2 Selección y manejo de las especies potenciales para la estrategia experimental de restauración ecológica

Teniendo en cuenta la aplicación de los atributos para la selección de especies con potencial para la restauración se escogió a *Pouteria* sp. (Sapotaceae), *Cupania americana* (Sapindaceae) y *Banara guianensis* (Salicaceae) por presentar los valores más altos en la suma de atributos (Tabla 4). Los atributos que más aportaron a la sumatoria fueron el que las plántulas tuvieran un buen tamaño lo que se pudo evidenciar en campo; ser especies frecuentes en interior de bosque debido a que las condiciones microclimáticas favorecían el desarrollo de estas especies y ser tolerantes a la radiación solar lo cual se dedujo a partir de las recomendaciones realizadas por expertos viveristas y algunos autores (Acero, 2014; Vargas, 2007). Sin embargo, cuando estas especies se trasladaron al vivero UMATA para el proceso de aclimatación (seis meses), se observó que al cabo de un tiempo solo sobrevivieron plántulas de *Pouteria* sp. El proceso de aclimatación se realiza con el objetivo de que las plántulas ganen resistencia a agentes patógenos y puedan empezar un proceso de adaptación fisiológico producido por el estrés al sacarlas del bosque; sin embargo, se puede registrar una alta mortandad de individuos debido a diferentes factores de tipo fisiológico, climático y mecánico. El tiempo de preacondicionamiento es relativo al proceso de adaptación que presentan las plántulas en el vivero (IAvH, 2008).

En el desarrollo de este estudio se registra mortandad del 90% en individuos de *Cupania americana* y *Banara guianensis* durante la fase de aclimatación, debido a que no soportaron la alta radiación solar que se presentó durante esta época. El estrés fisiológico generado a estas especies al ser colectadas en el interior del bosque donde estaban adaptadas a intervalos de luz bajos y trasladadas a un lugar con mayor intensidad lumínica para aclimatarse a un nuevo ambiente generó esta mortandad. Aunque estas especies fueron recomendadas por viveristas y autores como Acero (2014) por su resistencia al sol, se puede interpretar que los niveles de radiación solar en los lugares evaluados no son los mismos a los percibidos en el vivero de la UMATA durante la fase de aclimatación.

La muerte de plántulas por estrés lumínico se produce por la reducción de la capacidad fotosintética generado por un estrés oxidativo en las células foliares (Carrasco, 2009). Al no poder fotosintetizar se producen cambios a nivel epigenéticos como la hipermentilación del ADN (adición de un grupo metilo (-CH₃) (Ramos *et al.*, 1997) y desacetilación en las histonas (eliminación del grupo acetilo (Botánica, 2018). Cuando se generan estos cambios, se produce un mal acople de los factores de trascrición con la polimerasa, hecho que no permite que la hebra de ADN replicada pueda ser trascrita correctamente y por consiguiente se produce menor cantidad de enzimas como la rubisco que se encuentra en los cloroplastos para participar en procesos como la fotorrespiración (Botánica, 2018) y por lo tanto es fundamental para el desarrollo óptimo del proceso fotosintético. En consecuencia, de lo anterior se produce

una menor cantidad de biomasa que pudo llevar a la expiración de un alto número de los especímenes (Martínez *et al.*, 2014; Masuelli *et al.*, 2011; Quinceno *et al.*, 2016).

Adicionalmente la baja producción de plántulas de algunas especies en estados naturales puede impedir que sobrevivan a condiciones de estrés generadas por la variación de temperatura, la precipitación, el viento y la insolación; las características químicas y físicas del suelo, humedad y microorganismos presentes; características topográficas como la pendiente, elevación; la competencia de otros árboles, plantas pequeñas, plagas, enfermedades y animales (Antón, 2013; Rojas, 2015) las cuales suelen causar la muerte de una gran proporción de las plántulas que se producen en el bosque (Martin *et al.*, 2005). También se puede interpretar como a niveles bajos de luminosidad, la plántula se ve incitada a aumentar su área foliar e incrementar el número de hojas y al mantener por mayor tiempo sus hojas más antiguas la planta logra mayor eficiencia de captura de carbono al utilizarlo para el desarrollo de nuevas hojas, ganar biomasa en tallos, raíces y no emplearlo en suplir algunas pérdidas como la abscisión de hojas. En el momento en que la producción de hojas se detiene o se hace más lenta y la mortalidad de hojas supera la producción, se inicia el proceso de degenerativo de la plántula hasta morir (Martin *et al.*, 2005).

Las plántulas del género *Pouteria* sp. fueron las únicas que sobrevivieron; este hecho pudo generarse debido a que esta especie fue colectada en el borde del río, donde la intensidad lumínica es mayor en comparación al interior del bosque, hecho que le permitió tener mayor adaptabilidad a la fase de aclimatación, comparado con *Cupania americana* y *Banara guianensis* que fueron colectadas en interior de bosque (Dezzotti, 2008; Carrasco, 2009). Adicionalmente las especies adaptadas a las condiciones biofísicas de un borde de bosque rodeado por su matriz circundante presentan diferencias con las encontradas en interiores, esto debido a que en esta franja se producen alteraciones microclimáticas drásticas por las variaciones de humedad relativa, intensidad de luz, temperatura y viento (Collins *et al.*, 1987; Murcia, 1995). Es de resaltar que existen diferentes especies de *Pouteria* con resistencia al frío, sequía y altas temperaturas (Oyen, 1991), entre ellas encontramos *Pouteria sapota*, la cual según la IUCN (2017) es una especie con alto potencial para la restauración ecológica.

La selección de *Pouteria* sp. se relaciona también con la evaluación de la poda al 50% de los especímenes, donde se evidenció desarrollo y crecimiento de las estructuras foliares comparado con las demás especies donde la producción fue menor. Sumado a esto, el crecimiento constante de esta especie y su grado de tolerancia juegan un papel importante en la recuperación de la dinámica sucesional (Sandoval, 2018). Por último, los costos que implica restaurar grandes áreas deben considerarse en la dimensión económica (Vargas, 2007); en consecuencia, se busca que las especies utilizadas para restaurar generen bajos costos por su adaptabilidad a cambios climáticos, al sustrato, plagas o enfermedades locales. Como se

comprobó, *Pouteria* sp. cumplió los requerimientos de las especies potenciales para restaurar, demostrando su valor ecológico para usarla en esta estrategia experimental.

6.3 Evaluación del establecimiento de las especies potenciales en el proceso experimental de restauración

El bajo número de individuos de *Cupania americana* y *Banara guianensis* después de la mortandad registrada por las razones explicadas con anterioridad, condujo que el establecimiento del proceso experimental de restauración se realizara con 96 individuos de *Pouteria* sp. a fin de asegurar las repeticiones y poder comparar los resultados aplicando los diferentes tratamientos; debido a que en esta especie, las tasas de supervivencia no fueron afectadas significativamente por el régimen de luz, la vegetación competitiva y condiciones de estrés hídrico presentando baja tasa de mortalidad.

El establecimiento de *Pouteria* sp. en el área potrerizada se realizó por medio de la evaluación de abono y polisombra. Según Seoáñez (1999); Soto (2004) y Calentano (2011), el abono es la materia que se añade al suelo para mejorar la características fisiológicas y morfológicas de las plantas, su función consiste en suplir la demanda de nutrimentos de la cobertura vegetal y mejorar las condiciones de suelos pobres por su mayor contenido de materia orgánica (Beltran, 2013); sin embargo, cuando se evaluó el crecimiento de las plántulas tratadas con y sin abono, no se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$).

Los resultados se deben a que en los primeros meses los especímenes expuestos a abono sufrieron de herbivoría por el ataque de hormigas arrieras (*Atta cephalotes*), las cuales son insectos oportunistas afectando el óptimo desarrollo y la medición de la variable, pero en el análisis descriptivo es evidente que las plántulas expuestas a abono superan la herbivoría, teniendo un crecimiento mayor con relación a las plántulas sin abono en las últimas etapas de medición (Figura 17), poniendo en evidencia los beneficios de aplicar este compuesto (Soto, 2004). Estos resultados se contrastan con los reportados por Beltrán (2013) y Navas (1997), quienes evaluaron el efecto del abono en pastizales y maíz donde notaron un mejor desarrollo de las plántulas expuestas a este componente. O el caso de Rosero *et al.*, (2018) quienes usaron soluciones nutritivas para el establecimiento de *Polylepis racemosa*, donde observaron un mejor crecimiento en altura y desarrollo de sus hojas, en compuestos de NPK (nitrato de amonio, nitrato de potasio y fosfato mono potásico), combinado con fertilizantes orgánicos. Manifestando lo trascendental del sustrato como fuente sustentable para preservar y mantener los bosques tropicales (Alvarado *et al.*, 2012).

Es importante resaltar que el uso de abono no es suficiente para mejorar el crecimiento y desarrollo de las plantas, por ello en diversos procesos de restauración se ha hecho frecuente el uso de polisombra, debido a que proporcionan a las plantas protección ante la radiación

solar mientras logran adaptarse a su entorno (Cruz *et al.*, 2007). Tomando en cuenta lo anterior se analizó estadísticamente el efecto de la polisombra en el crecimiento de las plántulas, evidenciando un aumento significativo en el crecimiento del grupo expuesto a polisombra ($p < 0.05$) con relación al grupo control. Algunos resultados similares encontraron Martin *et al.* (2005), quienes evaluaron el efecto del sombreado para *Brosimum rubescens* en la Amazonia. Ellos reportaron como el crecimiento de las plántulas sometidas a un nivel de sombreado de 75 % comparado con los niveles de 45 % y 25 % fue superior.

Un mayor crecimiento de las plántulas expuestas a la polisombra puede atribuirse a la protección contra los rayos UV que proporciona esta malla; previniendo posibles efectos que pueden estar medidos indirectamente por la fotodegradación de los pigmentos fotosintéticos; debido a alteraciones en el desarrollo o la función de los estomas o por alteraciones en el régimen de iluminación visible dentro de la hoja a causa de los cambios anatómicos (como el grosor foliar) (Cires, 2010). Adicionalmente las plántulas pueden estar asignando preferentemente los hidratos de carbono al desarrollo radicular y permitiendo así un mayor crecimiento de su fuste (Kobe, 1999; Canham, 1990). Diversos estudios han demostrado que la radiación UV-B puede reducir la fotosíntesis mediante efectos directos sobre las proteínas y las enzimas presentes en el ciclo de Calvin (Foyer *et al.*, 1994; Carrasco, 2009). Sin embargo, es necesario tener en cuenta las respuestas de la plasticidad del crecimiento de las especies a la luz (Donoso *et al.*, 2010) y las diferentes estrategias que se adoptan para sobrevivir a un ambiente de estrés hídrico (Peralta *et al.*, 2012). Sumado a esto, *Pouteria* sp. posiblemente es una especie esciófita parcial donde en los primeros años de desarrollo necesita sombra y posteriormente abundante luz en las copas para crecer con rapidez (Sandoval, 2018; Martin *et al.*, 2005). Además de reducir la radiación directa, la polisombra es benéfica para el control de plagas, disminución de la inversión de pesticidas y prevención en la acumulación de calor (Martin *et al.*, 2005).

Aunque se registraron algunos individuos muertos de *Pouteria* sp. Debido al estrés generado por la extracción, el trasplante a bolsa y posterior siembra donde la planta sufre cambios a nivel morfológico y fisiológico, esta especie respondió favorablemente a los procesos de aclimatación en vivero y establecimiento como estrategia experimental de restauración ecológica de un área potrerizada en la vereda Cajete del municipio de Popayán. Su baja tasa de mortalidad y rápida adaptación se debe a que las plántulas fueron adquiridas en el borde del bosque donde las especies exigentes de luz, o semitolerantes pueden llegar a caracterizarse por un crecimiento rápido para superar los árboles vecinos, mientras que las no tolerantes se pueden caracterizar por un crecimiento lento y de baja mortalidad que les permite persistir en ambientes de baja luminosidad (Donoso, 1982; Kobe, 1999).

Al realizar el análisis estadístico para comparar entre combinaciones de tratamientos, no se encontraron diferencias significativas; lo que demuestra que los tratamientos combinados en las primeras semanas de crecimiento no contribuían al desarrollo de las plántulas, esto se debió quizás al periodo de evaluación el cual fue muy corto (Aulestia, 2011).

7 CONCLUSIONES

- En el área de estudio se hallaron 34 familias, 64 géneros y 75 especies, equivalentes al 8.9% de la flora vascular estimada para el municipio de Popayán.
- El mayor número de especies lo aportan las familias Asteraceae y Melastomataceae los cuales son taxones característicos de bosques secundarios y zonas sucesionales.
- La especie *Pouteria* sp, arrojó un gran valor ecológico, debido a su plasticidad dentro del vivero y en sus etapas iniciales de enraizamiento en el área de estudio, observando en todos los tratamientos una sobrevivencia mayor al 85 %.
- Es necesario una mejor comprensión de las especies *Banara guianensis* y *Cupania americana* respecto de sus rasgos estructurales, funcionales y la dependencia de estos con las condiciones ambientales.
- Respecto al abono los datos estadísticos arrojaron que no es significativo la adición de solución nutritiva para plantas en crecimiento, nos permite deducir que no es esencial para el establecimiento de esta especie.
- El efecto de sombreado para plantas en desarrollo es primordial desde sus etapas juveniles, protegiéndolas de la radiación directa, el estrés hídrico que la lleve a decrecer, permitiendo mejor adición al sustrato y su capacidad de resiliencia al entorno.

8 RECOMENDACIONES

- Continuar con estudios de las especies arbóreas encontradas en este estudio.
- Continuar con el cuidado, seguimiento y evaluación de las plántulas sembradas dentro del ente educativo.
- Establecer nuevamente las especies *Banara guianensis* y *Cupania americana*
- Tener un control de los factores asociados al proceso de restauración, en lugar de descartar el abono.
- Considerar el análisis y el estudio de factores tensionantes.
- Utilizar la información recolectada para contribuir en la rehabilitación y expansión de los bosques en la vereda Cajete.
- Ensayar la adaptación de plántulas a zonas abiertas mediante la exposición a mayores intensidades lumínicas de formas gradual

9 LITERATURA CITADA

- Acero-Nitola, A.M, Cortés-Pérez f, 2014. Propagación de especies nativas de la microcuena del río la Vega, Tunja, Boyacá, con potencial para la restauración ecológica. Revista Académica Colombiana de ciencias. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Grupo de investigación en Ecología de Bosque Andinos Colombianos-EBAC, Tunja, Colombia.
- Antón, A. (2013). Evaluación de crecimiento inicial en tres especies del género *Inga* en Sistema Agroforestal. Gandía.
- Alcázar, C., Díaz, S., Salgado, B. y Ramírez, B, 2002. Estructura y composición de un remanente de bosque subandino, Popayán. En Freire, F. y Neill, D. (Comps.), Memorias III Congreso Ecuatoriano de Botánica (pp. 163-180). Quito: Fundación Ecuatoriana para la Investigación y el Desarrollo de la Botánica.
- Alvarado, A., & Raigosa, J. 2012. Nutrición y fertilización forestal en regiones tropicales. San José. Costa Rica. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo.
- Alvear, M., Betancur, J. y Franco, P, 2010. Diversidad florística y estructura de remanentes de bosque andino en la zona de amortiguación del Parque Nacional Natural los Nevados, Cordillera Central Colombiana.
- Aulestia, C. 2011. Crecimiento inicial de especies nativas en líneas de enriquecimiento de bosque secundario en la estación biológica bilsa – provincia de esmeraldas. Esmeraldas, Ecuador.
- Baquero, J., Gómez, G y Orozco, J, 2011. Composición florística en la Sonadora, Calarcá, Quindío. Armenia: Centro de estudios e Investigaciones de Biodiversidad y biotecnología- CIBUQ, Universidad del Quindío.
- Barrera-Cataño, J.I., M. Aguilar-Garavito y D.C Rondón-Camacho. 2008. Experiencias de Restauración Ecológica en Colombia. Pontificia Universidad Javeriana; Modelo Participativo para la Recuperación de las Microcuencas Chingaza y Requilina en la Localidad de Usme.
- Barrera-Cataño. J.I., Valdés - López. C, 2007. Herramientas para abordar la restauración Ecológica de Áreas Disturbadas en Colombia. Unidad de Ecología y Sistemática (UNESIS) Departamento de biología. Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana, SCIENTIARUM, Revista de la facultad de ciencias. Edición especial.
- Basáñez-Muñoz, A.J.; P. Elorza-Martínez; J.L. Alanís-Méndez; M.Á. Cruz- Lucas y N. Sánchez-Solórzan, 2008. “Instalación de un vivero comunal y propagación de las especies de mangle en Tuxpan, Veracruz”. XXI Reunión Científica-Tecnológica Agropecuaria Veracruz y I del Trópico Mexicano. 11 pp.
- Bawa, K. S. & L. McDade. 1994. The plant community: composition, dynamics, and life-history processes – Commentary, p.68. In L. McDade, K.S. Bawa, H. A. Hespenheide y G. S. Hartshorn (eds.). La Selva: eco- logy and natural history of a neotropical rain forest. The University of Chicago, Chicago, Illinois.

- Beltran Altunar, J, 2013. Nodricismo, orientación geográfica y abono como herramientas, en la restauración agroecológica de pastizales.
- Bolaños R., G. Y., Feuillet H., C., Chito C., E., Muñoz E., E. L., & Ramírez Padilla., B. R, 2002. Vegetación, estructura y composición de un área boscosa en el jardín botánico “Álvaro José Negret”, vereda la Rejoja, Popayán (Cauca, Colombia). Boletín científico centro de museos museo de historia natural.
- Bolaños, G. Chito, E. y Feuillet, C, 2010. Inventario florístico de un remanente de bosque del municipio de Popayán, Cauca, Colombia. En Rangel, O., Aguirre, J. y Andrade, G (Comps.). Memorias VIII Congreso Latinoamericano y II Colombiano de Botánica. Bogotá. Universidad Nacional de Colombia.
- Botánica, 2018. Libro de botánica (online). <http://www.forest.ula.ve/~rubenhg>
- Bradshaw, A.D, 2002. Introduction and Philosophy. En: M.R. Perrow & A.J. Davy (Eds.) Handbook of Ecological Restoration Vol. 1 Principles of Restoration. Pp 3-9. Cambridge University Press
- Canham, Ch., Denslow, J., Platt, W., Runkle, J., Spies, T., White, P. 1990. Light regimes beneath closed canopies and tree-fall gaps in temperate and tropical forests. Canadian Journal of Forest Research. 20: 620–63.
- Camargo, G, 2007. Manual Básico de Restauración Ecológica participativa. Parques Nacionales Naturales de Colombia.
- Carrasco-Ríos, L, 2009. Efecto de la radiación ultravioleta-B en plantas. Idesia (Arica).
- Celentano, Danielle, 2011. Restauración ecológica de bosques tropicales en Costa Rica: efecto de varios modelos en la producción, acumulación y descomposición de hojarasca.
- Cires Segura, A. d, 2010. Estrés por radiación. Recuperado el 2017, (online).
- Collins. B & Pickett, S. 1987. Influencia de la apertura del dosel sobre el medio ambiente y la capa de hierbas en un bosque. Vegetal, 70:3-10.
- Cruz, P., Acosta, K., Cure, J. R., & Rodríguez, D, 2007. Desarrollo y fenología del lulo *Solanum quitoense* var. septentrionale bajo polisombra desde siembra hasta primera fructificación. Agronomía Colombiana.
- Cruz-Ruiz; M. Gómez-Herrera; E. González-Antonio y S. Hernández- Carmona, 2009. Reforestación y mantenimiento de áreas de manglar en el sur de Veracruz, México. Memorias III Foro Internacional Biológico Agropecuario. Tuxpan, Veracruz.
- Cuatrecasas, J, 1958. Aspectos de la vegetación natural de Colombia. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
- Cuellar. N. A., Peña. M, 2008. Manual práctico de reforestación. CEP- Banco de la Republica- Biblioteca Luis Ángel Arango. Grupo Latino editores (950 p).

- Dezzotti, A. 2008. Acumulación y asignación de biomasa en renovales de tres especies de *Nothofagus* en los extremos de un gradiente de luz en claros de un bosque subantártico. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales*.
- Donoso, C. 1982. Reseña ecológica de los bosques mediterráneos de Chile.
- Donoso, P.J., Soto, D.P. 2010. Plantaciones con especies nativas en el centro-sur de Chile: experiencias, desafíos y oportunidades. *Revista Bosque Nativo*. 47: 10 – 17. In Spanish.
- Donoso, P., Navarro, C., Soto, D., Gerding, V., Thiers, O., Pinares, J., Escobar, B., Sanhueza, M. 2015. Manual de plantaciones de raulí (*Nothofagus alpina*) y coihue (*Nothofagus dombeyi*) en Chile. Temuco, Chile.
- FAO. (2000). Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelo. Roma.
- Fernández, I., Morales, N., Olivares, L., Salvatierra, J., Gómez, M., & Montenegro, G, 2010. Restauración ecológica para ecosistemas nativos afectados por incendios forestales. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Dirección de Investigación y Postgrado, Dirección de Extensión.
- Foyer, C.H.; Lelandais, M.; Kunert, K.J, 1994. Photooxidative stress in plants. *Physiol Plant* 92 (4): 696-717.
- Franco Jennifer; Levidow Les; David; Goldfarb Lucia; Hönicke Mlleille, 2010. Suposiciones en la política de biocombustibles de la Unión Europea políticas, Fricciones con experiencias en Alemania, Brasil y Mozambique. *Journal of Peasant Student* 37 (3).
- Francis, John K. 1991. *Cupania americana* L. Guara. SO-ITF-SM-44. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 4 p.
- García Solorzano, Catalina, 2014. Estructura, composición y diversidad de los bosques naturales de smurfit kappa cartón de Colombia: Popayán y Cajibío. *Rev.Bio.Agro* [online].
- García, E, Sotomayor, A, Silva, S, Valdebenito, G, 2000. Establecimiento de plantaciones forestales. Fondo de desarrollo e innovación. Impreso en LOM ediciones.
- Godínez Álvarez, H., & Flores Martínez, A, 2000. Germinación de Semillas de 32 Especies de Plantas de La Costa De Guerrero: Su Utilidad Para La Restauración Ecológica. *Polibotánica*, núm. 11, diciembre, 2000, pp. 1-29 Departamento de Botánica Distrito Federal, México.
- González, J. A., Montes, C., & Santos, I, 2007. Capital natural y desarrollo: por una base ecológica en el análisis de las relaciones Norte-Sur. *Papeles de relaciones ecosociales y cambio global*, 100, 63–77.
- Guaman; L, Pinto, J; Laime, O, 2013. Restauración de Bosques Tropicales, Universidad Internacional SEK, Ecuador.
- Hartmann, H.T., D.E. Kester y F.T. Davies Jr, 1990. *Plant Propagation. Principles and Practices*. 5th ed. Prentice Hall Englewood Cliffs, New Jersey, USA. 647 pp.
- Hernández, C. A., Sotes, G. J., & Bustamante, R, 2012. Fenología reproductiva de *Pouteria splendens* (Sapotaceae). *Gayana Bot. Instituto de Ecología y Biodiversidad (IEB), Las Palmeras*.

- Holdridge, L., 1978. Ecología basada en zonas de vida (2°ed). Costa Rica. Serie libros y materiales educativos.
- Hoobs, R. J. Y D. A. Norton, 1996. Towards a conceptual framework for restoration ecology. *Restoration Ecology* 4(2): 93-110.
- Instituto de Investigaciones Alexander von Humboldt IAvH, 2008. Los Viveros De Plantas Nativas. Cultivando Nuestras Semillas, Conservando La Biodiversidad. Taller Manejo De Viveros De Especies Nativas, Restauración Ecológica Y Paisaje Rural. Programa Mosaicos De Conservación, Patrimonio Natural. Mosaico The Peak.
- ICA, Federación nacional de cafeteros de Colombia. Institución internacional de cooperación para la agricultura, 1999. I curso internacional de riesgos fitosanitarios para la agricultura en Colombia. Memorias. Santafé de Bogotá, Colombia.
- IDEAM, 2017. (online) http://www.ideam.gov.co/web/sala-de-prensa/noticias/-/asset_publisher/960XgZAhhRhJ/content/Colombia-transformo-cerca-de-un-millon-quinientas-mil-hectareas-de-ecosistemas-naturales.
- INECC, 2012. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, México -SEMARNAT “Secretaria de Medio ambiente y recursos naturales.
- International Union for Conservation of Nature (IUCN), 2017. Especies para restauración. (online) [http://www.especiesrestauracion-uicn.org/data_especie.php?sp_name = Pouteria % 20 sapota](http://www.especiesrestauracion-uicn.org/data_especie.php?sp_name=Pouteria%20sapota).
- Jarro-Fajardo, E., Montoya, S, 2004. Guía técnica para la Restauración de Áreas de Ronda y Nacederos del Distrito Capital. Plan de Gestión Ambiental de Distrito Capital. DAMA, Santa Fe de Bogotá D.C. Colombia.
- Judd, W.S.; C.S. Campbell; Ea. Kellogg; P.F. Stevens & M.J. Donoghut, 2002. *Plant systematics: a phylogenetic approach*. Second Edition. Sinauer Associates Inc., Sunderland. Massachusetts, USA.
- Kobe, R.K. 1999. Light gradient partitioning among tropical tree species through differential seedling mortality and growth. *Ecology*. 80: 187–201.
- Lambin, E, 1997. Modelado y monitoreo de los procesos de cambio de la cubierta vegetal en las regiones tropicales. *Avances en la geografía física*.
- López Vargas, L. E., Becoche Mosquera, J. M., Macías Pinto, D. J., Ruiz Montoya, K., Velasco Reyes, A., & Pineda, S, 2015. Estructura y composición florística de la reserva forestal - Institución Educativa Cajete, Popayán (Cauca). *Revista Luna Azul*.
- Masuelli, R. W., & Marfil, C. F, 2011. Variabilidad epigenética en plantas y evolución. *BAG. Journal of basic and applied genetics*, 22(1).
- Martin, L. E. R., Gómez, J. E. L., & Gómez, M. A. T, 2005. Efecto del sombreado en vivero en el crecimiento y mortalidad de plántulas. *Colombia forestal*, 9(18), 60-69.

- Martínez L.A, 2018, Efectos del régimen luz y la vegetación competitiva en el establecimiento y crecimiento de seis especies con diferentes rangos de tolerancia a la sombra y diseños de plantación pura y en mezcla, en el secano costero de la región del Biobío, Chile. Universidad de Concepción.
- Martínez Romero. A, Leyva Galán. A. 2014. La biomasa de los cultivos en el ecosistema. Sus beneficios agroecológicos. Reserva Científica del departamento de Fitotecnia, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.
- Mcarthur, R.H. & E.O. WILSON, 1967. The theory of Island Biogeography. Princeton University Press. Princeton.
- Mili. 2010. Restauración ecológica para los ecosistemas nativos afectados por incendios forestales. Chile, (online).
- Mondragón, V, 2015. Potencialidades para la Restauración Ecológica en la vereda Cajete, municipio de Popayán, Cauca. Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación. Departamento de Biología. Universidad del Cauca. Cauca. Colombia.
- Montenegro, A.L, Vargas, O, 2008. Caracterización de los Bordes Altoandinos e Implicaciones para la restauración Ecológica en la Reserva Forestal de Cogua (COL). Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Colombia.
- Murcia, G y Guarigua, MR, 2014. La restauración ecológica en Colombia. Tendencias, necesidades y oportunidades. Documentos ocasionales 107. Bogor, Indonesia. CIFOR. cifor.org.
- Murcia C. 1995. Efectos de borde en bosques fragmentados: implicaciones para la conservación. Tendencias en ecología y evolución. 10: 5862
- Navas Ríos G.E, 1997. Recuperación de suelos mediante la incorporación de abonos verdes en sistema de producción maíz en el Ariari. Informe Técnico- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Colombia). no. 4.
- Ospina, O, & Vanegas S, 2010. Restauración ecológica, rehabilitación y recuperación plan nacional de restauración de ecosistemas. República de Colombia Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, Bogotá, Colombia.
- Oyen, L. P. A, 1991. *Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn. Páginas 259-262 en E. W. M. Verheij y R. E. Coronel, eds., Recursos vegetales del sudeste asiático 2: Frutas y frutos comestibles, Pudoc-DLO, Wageningen, Países Bajos.
- Pazos-Lenin 2018. Crecimiento inicial de *carapa amorphocarpa* w. palacios, con o sin fertilizante, en la parroquia tobar donoso. Universidad Técnica Del Norte. Ibarra – Ecuador.
- Páez, A., Paz, V., & López, J, 2000. Crecimiento y respuestas fisiológicas de plantas de tomate cv. Río Grande en la época mayo-julio. Efecto del sombreado. Revista de la Facultad de Agronomía, 17(2).
- Peralta-Pérez, Volke-Sepúlveda. 2012. La defensa antioxidante en las plantas: Una herramienta clave para la fitorremediación. Revista Ingeniería Química. México. vol.11 no.1.

- Pennington, T. D, 1998. Flora Neotropical Monograph 52: Sapotaceae. The New York Botanical Garden, Bronx, New York, Estados Unidos de América
- Pincheira, J., Rau, J. y Cortez, F, 2009. Tamaño y forma de fragmentos de bosque y su relación con la riqueza de especies de árboles y arbustos. *FYTON*, 78, 121-128. 78(2). (online).
- Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE), 2011. Bogotá: Instituto Alexander von Humboldt.
- Posso, V., Cruz, A., Rúales, M., Ariza, H., Eljach, J., Cobo, E., Tafur, G., Ordoñez, D., Rúales, M. & Muñoz M, 2010. Generalidades del relleno sanitario "el ojito". SENA., Popayán.
- Quiceno-Urbina. N. J, Tangarife-Marín. G. M, Álvarez-León. R. 2016. Estimación del contenido de biomasa, fijación de carbono y servicios ambientales, en un área de bosque primario en el resguardo indígena piapoco Chigüiro-Chátare de Barrancominas, departamento del Guainía (Colombia).
- Ramírez, A, 2006. Ecología métodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades. 1ª Edición. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Ramos Leal. M, Dinkova. T.D y Quintero. M. 1997. La Metilación Del ADN y su Manifestación en las Plantas. Dpto. BioPlantas, Centro Nacional de Investigaciones Científicas, Ciudad de La Habana, Instituto Superior de Ciencias Médicas de Sancti Spiritus, Cuba Revista CENIC Ciencias Biológicas Val. 28. 3.
- Restrepo Abadía J. F, 2016. Caracterización vegetal del Bosque Altoandino en diferentes estados sucesionales de la Reserva Biológica “Encenillo”, Guasca-Cundinamarca. Pontificia Universidad Javeriana Bogotá.
- Ricker, M, 2001. Manejo y evaluación económica de una especie arbórea de la selva tropical: el “mamey” (*Pouteria sapota*). Plantas, cultura y sociedad: estudio sobre la relación entre seres humanos y plantas en los albores del siglo, 21, 287-308.
- Reyes Chargoy, M. y C. Tovilla Hernández, 2002. “Restauración de áreas alteradas de manglar con *Rhizophora mangle* en la costa de Chiapas”. *Mad. y Bosq.*, 1: 103-114.
- Rojas, F, 2002. Metodología para la evaluación de la calidad de plántulas de ciprés (*Cupressus lusitanica Mill*) en vivero. *Revista Chapingo* 8: 75-81.
- Rojas, J. 2015. Fertilidad de suelos en plantaciones forestales en el trópico colombiano. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Romero Mejía, A, 2005. <http://revistas.udistrital.edu.co>. Obtenido de <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2005.1.a04>.
- Rosero. S, Arcos. J, Gualpa. M, Guaraca. H. 2018. Efecto de la aplicación de solución nutritiva para el crecimiento inicial de *Polylepis racemosa* a nivel de vivero. *Enfoque UTE*, V.9-N.2, Jun.
- Rudas, G., Marcelo, D., Armenteras, D., Rodríguez, N., Morales, M., Delgado, I y Sarmiento, A, 2007. Biodiversidad y actividad humana. Relaciones en ecosistemas de bosque subandino en Colombia. Bogotá: Instituto Alexander von Humboldt.

- Samper, C, 2000. Ecosistemas Naturales, Restauración Ecológica e Investigación. En: E. Ponce de León (Ed.). Memorias del Seminario de Restauración Ecológica y Reforestación. Pp. 27-37. Fundación Alejandro Ángel Escobar – Fescol – GTZ. Bogotá, Colombia.
- Sánchez-Azofeifa, G, 1996. Assessing Land Use/Cover Change in Costa Rica. Ph. D. Dissertation. University of New Hampshire, New Hampshire. 181 p.
- Sánchez, O, 2005. Restauración ecológica: algunos conceptos, postulados y debates al inicio del siglo XXI. En: Sánchez, O, E. Peters, R, Márquez, E. Vega, G. Portales, M. Valdez y Danae Azuara (Eds). Temas sobre restauración ecológica. Instituto Nacional de Ecología. México.
- Sandoval, L, 2018. Efectos del régimen luz y la vegetación competitiva en el establecimiento y crecimiento de seis especies con diferentes rangos de tolerancia a la sombra y diseños de plantación pura y en mezcla, en el secano costero de la región del biobío, Chile. Universidad de Concepción. Concepción-Chile.
- SCB. Society for Conservation Biology, 2004. Principles of Conservation Biology: Recommended guidelines for conservation literacy from the education committee of the Society for Conservation Biology. Conservation Biology 18(5): 1180-1190.
- Seoáñez, M, 1999. Ingeniería del medioambiente aplicada al medio natural continental. Segunda edición, Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 702 p.
- SER (Society for Ecological Restoration International), 2004. Principios De SER International Sobre La Restauración. Ecológica. Grupo De Trabajo Sobre Ciencia Y Políticas.
- Sigala J., González. M., Jiménez. J., 2015. Análisis de supervivencia para una reforestación. En el sur de Nuevo León. CIENCIA UANL.
- SIAC 2018. (online) [http://capacitacion.siac.ideam.gov.co/SIAC/home/presión Biodiversidad .html](http://capacitacion.siac.ideam.gov.co/SIAC/home/presiónBiodiversidad.html).
- Soltis, D.E.; P.S. Soltis; P.A. Endress & M.W. Chase, 2005.- Phylogeny and evolution of Angiosperms. Sinauer Associates Inc., Sunderland. Massachusetts. 370p.
- Soria_Carreras. S., Ruiz Ogarrío. S.S. 1998. Determinación del estado sanitario de las plantas y suelo. Editorial Paraninfo, 2012. Secretaria General de la alcaldía Mayor de Bogotá D.C. Decreto 739
- Soto, G, 2004. El manejo de suelo en la finca sostenible de café: producción de abonos orgánicos (No. CATIE 633.73322 S718). Catie, Turrialba (Costa Rica).
- Tapia Andres. 2011. Herbivoría y agresividad de hormigas asociadas a domacios de *Cordia nodosa* (Boraginaceae), *Maieta guianensis*, *Tococa guianensis* (Melastomataceae) y *Duroia hirsuta* (Rubiaceae) en el bosque amazónico de Wisui. Ecuador. Sociedad Botánica del Cusco.
- The Plant list, 2018 <http://www.theplantlist.org/>
- Tropicos, 2018 <http://www.tropicos.org/Project/FM>
- Universidad Nacional de Colombia, 2018. [http:// www. biovirtual. unal. edu. co/ es/ colecciones](http://www.biovirtual.unal.edu.co/es/colecciones).

- Valladares, F, 2008. Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante (2° edición). Capítulo 7. Páginas 193-230. Ministerio de Medio Ambiente. EGRAF, S. A., Madrid.
- Vanegas, M. A, 2008. Instituto De Investigación De Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Obtenido de <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/4927>.
- Vargas, O, 2006. En busca del bosque perdido. Una experiencia en predios del embalse Chisacá. Universidad Nacional de Colombia. Acueducto de Bogotá. Jardín botánico. DAMA.
- Vargas, O, 2007. Los pasos fundamentales en la Restauración Ecológica. En: Vargas, O (ed.). Guía técnica para la Restauración Ecológica del Bosque Altoandino. Universidad Nacional de Colombia, Acueducto de Bogotá, Jardín Botánico y Secretaria Distrital de Ambiente.
- Vargas, O, 2007. Estrategias de Restauración Ecológica para EL Bosque Altoandino. El caso de la Reserva Forestal Municipal de Cogua, Cundinamarca. Universidad Nacional de Colombia. Colciencias.
- Vargas, O, 2007. www.ciencias.unal.edu.co. Obtenido de [http://www.ciencias.unal.edu.co/unciencias/data-file/user_46/file/Guia %20 Metodologica](http://www.ciencias.unal.edu.co/unciencias/data-file/user_46/file/Guia%20Metodologica).
- Vargas, W. G, 2015. Las plantas invasoras en los procesos de sucesión y restauración ecológica: experiencias en Quindío y valle del cauca (Colombia). Herramienta para la gestión de áreas afectadas por invasiones biológicas en Colombia, 130.
- Vargas, W. & Lozano, F, 2008. El papel de un vivero en un proyecto de restauración en paisajes rurales andinos. Establecimiento del corredor Barbas – Bremen. En: Barrera, J.I., Aguilar, M. & Rondón, D. (eds.). Experiencias de restauración ecológica en Colombia “Entre la sucesión y los disturbios”. Escuela de Restauración Ecológica ERE. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.

10 ANEXOS

Anexo 1 Registro de las especies en los cuadrantes de 1m² y colecta libre para su determinación.



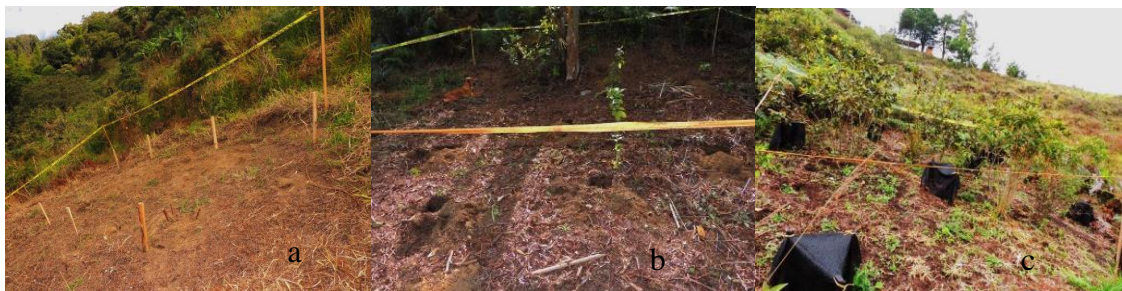
Anexo 2 Registro fotográfico de plántulas seleccionadas en el bosque.



Anexo 3 Réplicas de siembra de los especímenes en el vivero.



Anexo 4 Fase de establecimiento, a) ubicación en el terreno para la siembra, b) ahoyado, c) polisombra para el 50 % de los individuos.



Anexo 5 Minga en la Institución educativa, a) Apoyo del ente educativo, b) cascara de huevo triturado, c) estacas y abono.



Anexo 6 Toma de datos. Cuadrantes con su respectiva polisombra y abono al 50 % de los individuos.



Anexo 7 Detrimiento de las diferentes especies. Por la radiación solar en la fase de preacondicionamiento.



Anexo 8 Especie con gran capacidad de resiliencia, familia Sapotaceae, Pouteria sp.



Anexo 9 Destrucción del vivero por los fuertes vientos.



Nosotros ponemos los esfuerzos y Dios los resultados