

**MONITOREO VEGETATIVO DEL ÁREA RESTAURADA EN LAS FINCAS LA MARÍA  
Y ECOALDEA ATLÁNTIDA, EN EL MUNICIPIO DE CAJIBÍO CAUCA**



**VIVIANA LUCÍA BOLAÑOS ORTEGA  
ALEJANDRA FRANCO SOTO**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA FORESTAL  
POPAYÁN  
2019**

**MONITOREO VEGETATIVO DEL ÁREA RESTAURADA EN LAS FINCAS LA MARÍA Y  
ECOALDEA ATLÁNTIDA, EN EL MUNICIPIO DE CAJIBÍO CAUCA**

**VIVIANA LUCÍA BOLAÑOS ORTEGA  
ALEJANDRA FRANCO SOTO**

**Trabajo de grado en la modalidad de Investigación para optar al título de  
Ingeniera Forestal**

**Director  
M. Sc. HARVEY MARÍN PALADINES**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA FORESTAL  
POPAYÁN  
2019**

## **Nota de aceptación**

El Director y los Jurados han leído el presente documento, escucharon la sustentación del mismo por sus autoras y lo encuentran satisfactorio.

---

**M. Sc. HARVEY MARÍN PALADINES**  
Director

---

**M. Sc. ROMÁN OSPINA MONTEALEGRE**  
Presidente del Jurado



---

**Mg. FRANCISCO TORRES**  
Jurado

Popayán, 24 de julio de 2019

## **DEDICATORIA**

*Agradecemos primeramente a Dios por habernos permitido realizar este trabajo.*

*Este trabajo va dedicado a nuestros padres y hermanas, por haber sido nuestro pilar fundamental durante nuestra formación académica, por brindarnos su esfuerzo, amor y comprensión durante este tiempo, por habernos impulsado a conseguir mediante constancia y dedicación un título profesional.*

*Viviana Lucia Bolaños Ortega y Alejandra Franco Soto*

## **AGRADECIMIENTOS**

Las autoras expresan su agradecimiento a:

A nuestros padres y hermanas por ser un pilar fundamental en nuestra vida, por brindarnos el amor familiar y enseñarnos a ser constantes y responsables a la hora de luchar por nuestros sueños.

A nuestro director de trabajo de grado, Magister. Harvey Marín Paladines quien nos dirigió y acompañó de manera incondicional en la realización de este trabajo de grado.

Al Magister Juan Carlos Villalba Malaver ingeniero forestal por su colaboración y confianza, por brindarnos la oportunidad de conocer sobre este proyecto y vincularnos a él.

A la señora María Teresa Amaya propietaria de la Finca la María ubicada en la vereda Siloé, por permitirnos realizar nuestro trabajo de investigación en su propiedad.

A los señores Jorge Calero y Ana María Hoyos propietarios de la Finca la Ecoaldea Atlántida ubicada en la vereda Cenegueta por permitirnos realizar nuestro trabajo de investigación en su propiedad.

A Francy Lorena Ordoñez López, por su amistad incondicional por haber formado parte de este bonito proceso de manera leal y desinteresada.

A la facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Cauca, y a su conjunto de profesores y compañeros, quienes nos acompañaron en todo nuestro proceso académico

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	17
1. MARCO REFERENCIAL	19
1.1 MARCO HISTÓRICO	19
1.2 MARCO TEÓRICO	20
1.2.1 Restauración ecológica	20
1.2.2 Estrategias de restauración	20
1.2.3 Monitoreo	21
1.2.4 Monitoreo por medio del protocolo de la MESMI	21
1.2.4.1 Protocolo de la MESMIS	21
1.2.4.2 Secretaría de Estado del Medio Ambiente (SMA)	21
1.2.4.3 Diseño y seguimiento de las parcelas de monitoreo	22
1.2.5 Procesamiento de datos	23
1.2.5.1 Análisis de componentes principales	23
2. METODOLOGÍA	24
2.1 ÁREA DE ESTUDIO	24
2.2 SELECCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	25
2.3 DISEÑO DE MUESTREO	26
2.4 RECOLECCIÓN DE DATOS EN CAMPO	27
2.5 PROTOCOLO DE MONITOREO MESMIS	28
2.5.1 Evaluación de la funcionalidad ecológica	28
2.5.2 Estabilidad y resiliencia (Indicador n°1)	28

	pág.
2.5.2.1 Mortalidad y supervivencia	28
2.5.2.2 Clasificación de número de individuos por grupo sucesional	28
2.5.2.3 Riqueza de especies	29
2.5.2.4 Diversidad de especies	29
2.5.2.5 Equitabilidad	29
2.5.3 Diversidad funcional (Indicador n°2)	29
2.5.3.1 Diversidad de los estados de sucesión	29
2.5.3.2 Incremento MEDIO ANUAL (IMA)	30
2.5.3.3 Área basal media	30
2.5.3.4 Diversidad de las funciones ecológicas	31
2.5.4 Desenvolvimiento (indicador n°3)	31
2.5.4.1 Altura de los individuos arbóreos	31
2.5.5 Confiabilidad control y manejo (Indicador n°4)	31
2.5.5.1 Presencia de especies invasoras	31
2.5.5.2 Manejo	31
2.5.6 Protección del suelo y ciclaje de nutrientes (Indicador n°5)	31
2.5.6.1 Cobertura del suelo con regenerantes	31
2.5.6.2 Porcentaje de hojarasca en el suelo	31
2.5.6.3 Altura de hojarasca en centímetros en el suelo	31
2.6 CENSO DE RECLUTAMIENTO DE ESPECIES	31
2.7 COMPACTACIÓN Y HUMEDAD DEL SUELO	32
2.7.1 Procesamiento de datos	33
2.8 ANÁLISIS DE DATOS	33

	pág.
2.8.1 Análisis de componentes principales	33
2.8.2 Análisis de indicadores propuestos por la MESMIS	33
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
3.1 DISEÑO Y MUESTREO	35
3.2 PROTOCOLO DE MONITOREO MESMIS	35
3.2.1 Estabilidad y resiliencia de la restauración (Indicador 1)	35
3.2.1.1 Mortalidad y supervivencia	35
3.2.2 Censo de la regeneración reclutada por lote	40
3.2.2.1 Corredor Biológico Método de restauración: Enriquecimiento vegetal	40
3.2.2.2 Los caballos (Nucleación)	40
3.2.2.3 Bosque productor (Siembra de especies exóticas)	41
3.2.2.4 Clasificación del número de especies reclutadas por grupo sucesional	42
3.2.3 Diversidad funcional (Indicador 2)	45
3.2.3.1 Diversidad y Equitabilidad de especies	45
3.2.3.2 Incremento medio anual. (IMA) y Área basal media	46
3.2.3.3 Resultados y discusión de los Indicadores 3,4 y 5 (Desenvolvimiento de la restauración, confiabilidad control y manejo, y protección del suelo y ciclaje de nutrientes)	47
3.2.3.4 Compactación y humedad	48
3.2.3.5 Análisis estadístico	48
3.2.3.6 Análisis por resultado calificador para los lotes evaluados	50
4. CONCLUSIONES	53
5. RECOMENDACIONES	55



	pág.
BIBLIOGRAFÍA	56
ANEXOS	68

## LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Distribución de los lotes de estudio por finca y división de las parcelas de monitoreo	27
Cuadro 2. Mortalidad y supervivencia de los individuos plantados en el lote corredor biológico, en proceso de restauración	35
Cuadro 3. Mortalidad y supervivencia de los individuos plantados, en el lote los caballos, en proceso de restauración	36
Cuadro 4. Mortalidad y supervivencia de los individuos plantados en la restauración	37
Cuadro 5. Mortalidad y supervivencia de los individuos plantadas por especie, expresado en porcentaje, para todos los lotes en proceso de restauración	38
Cuadro 6. Resultados del número de individuos de especies pioneras y no pioneras reclutadas por lote en proceso de restauración	43
Cuadro 7. Resultados en porcentajes de pioneras y no pioneras por especies reclutadas por cada lote en proceso de restauración	43
Cuadro 8. Resultados del número de especies reclutadas por lote en proceso de restauración agrupadas en especies nativas y exóticas	45
Cuadro 9. Valores para los índices de índices de Shannon – Weaver (H') y Simpson (J')	46
Cuadro 10. Resultados de IMA y área basal media por ha por lote evaluado	47
Cuadro 11. Valores obtenidos para la prueba de Shapiro-Wilk y Tukey con la compactación y humedad del suelo	48
Cuadro 12. Porcentaje de variación por componente principal	49
Cuadro 13. Valores obtenidos para los indicadores de los atributos de estabilidad, resiliencia y confiabilidad de los lotes de restauración evaluados	52

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio	24
Figura 2. Ubicación geográfica de las parcelas permanentes de monitoreo en los lotes los caballos y corredor biológico	25
Figura 3. Ubicación geográfica de las parcelas permanentes de monitoreo en el lote Bosque productor	26
Figura 4. Diseño de la parcela permanente de monitoreo de 20 por 50 m y de las subparcelas de 25 por 4 m distribuidas dentro de cada PPM	28
Figura 5. Cuadrícula protocolo la MESMIS	32
Figura 6. Lanzamiento aleatorio de la cuadrícula para determinar los parámetros de protección del suelo y ciclaje de nutrientes	32
Figura 7. Imagen de los medidores de humedad, compactación y luxómetro	33
Figura 8. Mortalidad y supervivencia de los individuos por especie en el lote corredor biológico, en proceso de restauración	36
Figura 9. Mortalidad y supervivencia de los individuos por especie en el lote corredor biológico, en proceso de restauración	37
Figura 10. Mortalidad y supervivencia de los individuos por especie en el lote Bosque productor, en proceso de restauración	38
Figura 11. Mortalidad y supervivencia de los individuos plantadas por especie, expresado en porcentaje, para todos los lotes en proceso de restauración	39
Figura 12. Abundancia de especies reclutadas por el lote Corredor Biológico	40
Figura 13. Abundancia de especies reclutadas por el lote Los caballos.	41
Figura 14. Abundancia de especies reclutadas por el lote Bosque productor	41
Figura 15. Distribución de especies pioneras y no pioneras, reclutadas por lote en proceso de restauración	43
Figura 16. Resultados en porcentajes de pioneras y no pioneras por especies reclutadas por cada lote en proceso de restauración	44
Figura 17. Riqueza de especies reclutadas por lote en estado de restauración divididas en especies nativas y no nativas	45

Figura 18. Scree plot de la variación en porcentaje de las 2 dimensiones seleccionadas por componentes principales 49

Figura 19. Correlación ( $\cos^2$ ), en las 2 dimensiones por componente principal 50

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Protocolo de evaluación de la funcionalidad ecológica de áreas de restauración empleado en base a los atributos de estabilidad, resiliencia y confiabilidad del sistema basado en el método MESMIS incorporando índices calificativos propuestos por la SMA 2008 y SMA 20014, de Brasil. Adaptado a las necesidades del proyecto de restauración realizado en el año 2016.	70
Anexo B. Resultados por indicador y parámetro de los tres lotes evaluados en el monitoreo	73
Anexo C. Especies reclutadas (Regenerantes) del lote Bosque productor restaurado bajo la estrategia siembra de especie exótica (S.E.E) clasificadas en pioneras y no pioneras	74
Anexo D. Especies reclutadas (Regenerantes) del lote Corredor biológico restaurado bajo la estrategia Enriquecimiento vegetal (E.V) clasificadas en pioneras y no pioneras	75
Anexo E. Especies reclutadas (Regenerantes) del lote Los Caballos restaurado bajo la estrategia Nucleación (N) clasificadas en pioneras y no pioneras	76
Anexo F. Antecedentes del proyecto: inclusión del componente arbóreo a partir de las herramientas del manejo del paisaje con fines de restauración, en el municipio de Cajibío, Cauca	77

## GLOSARIO

**COMPACTACIÓN:** Aumento de la densidad del material que compone un terreno.

**CORRELACIÓN:** En probabilidad y estadística, la correlación indica la fuerza y la dirección de una relación lineal y proporcionalidad entre dos variables.

**INCREMENTO MEDIO ANUAL. (IMA):** es el promedio anual de crecimiento de un árbol o de una masa durante toda su vida, obtenido de dividir las dimensiones de un árbol o de una masa entre su edad.

**ÍNDICE DE CONSOLIDACIÓN DE LA FUNCIONALIDAD (ICF):** Este indicador permite concluir si las estrategias utilizadas en el proyecto en proceso de restauración están siendo o no efectivas hasta el momento de la evaluación.

**MONITOREO:** consiste en la observación del medio ecosistema para recoger información relacionada con el estudio de ciertas variables seleccionadas.

**MORTALIDAD:** se usa para definir la tasa de mortalidad o el número de defunciones en cierto grupo de individuos pertenecientes a una especie en determinado período.

**RECLUTAMIENTO:** proceso de incorporación de individuos a una población.

**RESILIENCIA:** capacidad que tiene un determinado sistema para recuperar el equilibrio después de haber sufrido una perturbación. Este concepto se refiere a la capacidad de restauración de un sistema.

## RESUMEN

En el municipio de Cajibío Cauca se realizó la implementación del proyecto “INCLUSIÓN DEL COMPONENTE ARBÓREO A PARTIR DE LAS HERRAMIENTAS DEL MANEJO DEL PAISAJE CON FINES DE RESTAURACIÓN”. Evidenciando la falta de seguimiento a este proyecto se planificó la implementación del protocolo de la MESMIS (Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad), el cual ha sido complementado incorporando los parámetros calificativos manejados por la “Secretaría de estado del medio ambiente, Sao Pablo Brasil”, SMA 2008 y SMA 2014 N°32, el objetivo principal de este monitoreo fue: Evaluar las parcelas piloto de la restauración ecológica establecidas en las veredas Siloé y Cenegueta en el municipio de Cajibío, siguiendo la metodología MESMIS. para implementar este protocolo se establecieron parcelas permanentes de monitoreo como instrumento de registro de la toma de datos en campo. Se instalaron 12 parcelas permanentes de monitoreo de 20x50 m, distribuidas en tres lotes, de la siguiente manera: Corredor biológico el cual utilizó la estrategia de restauración de enriquecimiento vegetal, Los caballos el cual utilizó la estrategia de restauración de nucleación y Bosque productor en el cual se implementó la estrategia de siembra de especie exótica, y se instaló una parcela adicional en el Área de referencia como punto de comparación para los lotes restaurados. Para determinar si las estrategias utilizadas dentro de la restauración fueron eficientes se calculó el índice de consolidación de la funcionalidad ecológica (ICFE). También se analizó el comportamiento de la compactación y humedad del suelo para cada lote restaurado. Debido a que en este estudio intervinieron múltiples variables y grandes volúmenes de datos los cuales requieren conceptos avanzados para su tratamiento e interpretación integral, por lo cual se aplicó la técnica de análisis de componentes principales (ACP). Los resultados según el ICFE, indica que ninguno de los lotes fue eficiente en el proceso de restauración de la funcionalidad ecológica, pero se debe resaltar que la restauración obtuvo un buen número de especies reclutadas debido a que se encuentran cerca a áreas con fragmentos de bosque lo cual facilita el reclutamiento de nuevas especies.

**Palabras claves:** Restauración ecológica, Monitoreo vegetal, Funcionalidad ecológica.

## ABSTRACT

In the municipality of Cajibío Cauca to carry out the implementation of the project "Inclusion OF THE COMPONENT OF THE ARCHAEOUS TOOLS OF THE LANDSCAPE OF MANAGEMENT OF FINES WITH THAT OF RESTORATION". Showing its lack of achievement of this Project that if I plan Implementation of the Protocol of the MESMIS (Framework for the Management of Natural Resources Evaluation Systems incorporate sustainability indicators), which has been complemented by its incorporation of qualifying parameters managed by the "Secretariat State of the Environment, Sao Paulo Brazil, "SMA 2008 and SMA 2014 32, the main objective of this FUE monitoring: they evaluate and pilot plots of their ecological Restoration established in the routes of Siloé and Cenegueta in the municipality of Cajibío, FOLLOWING their MESMIS methodology . To implement this protocol, permanent monitoring plots were established as a recording instrument for data collection in the field. Twelve permanent monitoring plots of 20x50 m were installed, distributed in three lots, as follows: Biological corridor that used the strategy of restoration of plant enrichment, horses that used the nucleation restoration strategy and Forest Producer in which implemented the strategy of planting exotic species and installed an additional plot in the Reference Area as a point of comparison for the restored lots. To determine if the strategies used within the restoration were efficient, we calculated the ecological functionality consolidation index (ICFE). The compaction behavior and soil moisture were also analyzed for each restored lot. Because this study involved multiple variables and large volumes of data that require advanced concepts for comprehensive treatment and interpretation; The principal component analysis (PCA) technique was applied. The results according to the ICFE indicate that none of the lots was efficient in the restoration process of the ecological functionality, but it should be emphasized that the restoration obtained a good number of species recruited because they are close to areas with forest fragments. What facilitates the recruitment of new species.

**Keywords:** Ecological restoration, Plant monitoring, Ecological functionality.



## INTRODUCCIÓN

La deforestación en Colombia es un fenómeno que afecta grandes extensiones de bosques, la problemática se centra en los impactos negativos sobre los ecosistemas del país (MADS, 2017; Armenteras y Eraso, 2014; Montes, 2010). En Colombia las principales causas de deforestación son la expansión de la frontera agropecuaria, siembra de cultivos ilícitos, tala ilegal, minería, infraestructura e incendios (Benayas *et al.*, 2009; García, 2014). En Colombia la conservación y restauración de la biodiversidad y de los ecosistemas es cada vez más importante debido a los impactos negativos causados por la expansión de la población humana, los cambios posteriores en el uso de la tierra y el cambio climático (Holland *et al.*, 2018). Debido a estos sucesos Colombia ha planteado medidas de mitigación y conservación, creando así el acuerdo final para la terminación del conflicto armado y la construcción de la paz, el cual comprende diferentes acuerdos con un enfoque territorial, diferencial y de género (Santos *et al.*, 2016).

La restauración ecológica como método de mitigación puede contribuir a la recuperación y conservación de ecosistemas degradados, y de sus valores científicos, productivos y culturales; dado el interés de recuperar los ecosistemas degradados, se realizan planes de restauración ecológica a pequeña o gran escala (Rios, 2011; Vargas *et al.*, 2012; Morales y Rovere, 2014). En este sentido, la Sociedad para la Restauración Ecológica (SER) define la restauración ecológica como el proceso de ayudar a la recuperación de un ecosistema que se ha degradado, dañado o destruido (SER 2004).

Se hace énfasis en que la restauración ecológica sirve para iniciar o acelerar procesos de restablecimiento de un área degradada, en relación a su función, estructura y composición; la rehabilitación para recuperar la productividad y los servicios del ecosistema en relación con los atributos funcionales o estructurales (Rodrigues *et al.*, 2009, Morales y Rovere, 2014; Council, 2014; Piña *et al.*, 2015; y Andrade, 2017). Teniendo en cuenta lo anterior en el municipio de Cajibío Cauca se realizó un proyecto con fines de restauración ecológica, la cual se implementó a principios del año 2016, en el cual se efectuaron diferentes estrategias para restaurar cinco lotes ubicados en la finca la María y Eco Aldea Atlántida, los predios en el cual se implementó el proyecto de restauración son predios privados. Por otra parte, la restauración ecológica incluye una etapa denominada monitoreo, la cual consiste en el seguimiento y evaluación continuo de los cambios que experimenta el ecosistema, bajo los distintos tratamientos de restauración aplicados (Vargas y Reyes, 2011; MADS, 2015) el cual tiene como objetivo final asegurar el éxito en la restauración ecológica, brindando información necesaria para evaluar y ajustar las prácticas de restauración, de modo que puedan ser modificadas en cualquier momento (Triana *et al.*, 2014; FAO, 2015; McDonald *et al.*, 2016).

De esta manera, un monitoreo ecológico efectivo se entiende como un proceso que acompaña al proceso de restauración desde el diagnóstico del estado actual del ecosistema (Brunner y Clark, 1997; White y Walker, 1997; Vargas, 2011; Aguilar *et al.*, 2015) y continúa durante la implementación de los tratamientos y el desarrollo de los mismos, terminando en el momento en que se considera que el ecosistema ha

recuperado su integridad ecológica (Holl & Cairns, 2002; Triana *et al*, 2014; Viani *et al.*, 2018). En definitiva, el proyecto plantea como objetivo principal el Evaluar las parcelas piloto de la restauración ecológica establecidas en las veredas Siloé y Cenegueta en el municipio de Cajibío, siguiendo la metodología (Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de recursos naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad) MESMIS.

## 1. MARCO REFERENCIAL

### 1.1 MARCO HISTÓRICO

La restauración ecológica es una actividad deliberada que inicia o acelera la recuperación de un ecosistema con respecto a la salud, integridad y sostenibilidad (Evans y Guariguata, 2016). Con frecuencia, el ecosistema que requiere restauración se ha degradado, dañado, transformado o totalmente destruido como resultado directo o indirecto de las actividades del hombre (Sorando *et al.*, 2007; TAR, 2014). En algunos casos, estos impactos en los ecosistemas fueron causados o empeorados por causas naturales, tales como incendios, inundaciones, tormentas o erupciones volcánicas, hasta tal grado que el ecosistema no se puede restablecer por su cuenta al estado anterior a la alteración o a su trayectoria histórica de desarrollo (SER, 2004).

Las nuevas iniciativas internacionales de restauración de bosques presentan una oportunidad para revertir la tendencia de la degradación forestal en los próximos años, además la restauración se plantea como estrategia de mitigación para revertir daños ambientales causados a los ecosistemas (Evans y Guariguata, 2016). El objetivo principal de la restauración ecológica es restituir la estructura y los procesos funcionales de los ecosistemas, con la restauración se pretende retornar a las condiciones anteriores antes de que fuera perturbado (Meli, 2003; Maglianesi, 2011). En Colombia desde la década de los setentas la rápida extensión de los cultivos ilícitos constituye una fuente importante de pérdida de bosques en algunas zonas del país (Armenteras *et al.*, 2006). Por tal motivo se plantearon en el país como medida de mitigación y recuperación de ecosistema proyectos de restauración ecológica a pequeña y gran escala (Aguilar y Ramírez, 2015).

Durante el desarrollo de estos proyectos las organizaciones se dieron cuenta que la situación de deterioro ambiental que presentan la mayoría de ecosistemas del mundo, y de la que Colombia no seguía siendo la excepción, surgen planteamientos que buscan frenar los impactos negativos que las actividades humanas generan en los ecosistemas, estas ideas siguen siendo la conservación y la restauración ecológica (Bedoya y Pachón, 2014). No obstante, aunque la primera resulta ser útil en el mantenimiento de ecosistemas estratégicos, no es suficiente dado el mal estado de muchos ecosistemas igualmente importantes, por lo cual resulta necesario restaurar los ecosistemas transformados con el fin de restablecer las relaciones, funciones y la conectividad ecológica y los servicios ambientales (Aronson *et al.*, 2006; Vargas, 2011).

El departamento del Cauca también ha sufrido a lo largo del tiempo procesos de deterioro en los ecosistemas, motivo por el cual, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y la CRC (Corporación Regional del Cauca) suscribieron el convenio 94-2012 con el objetivo de recuperar 600 hectáreas en diez municipios del departamento del Cauca, siendo Páez, Sotará, el Tambo, La Sierra, Bolívar, Sucre, Florencia, Mercaderes, Balboa y Patía, aplicando los principios y lineamientos de la restauración ecológica entendida como el proceso mediante el cual se ayuda al restablecimiento de un ecosistema que ha sido

degradado, dañado o destruido (M.A.D.S *et al.*, 2013). En el municipio de Cajibío se están desarrollando pequeños proyectos de restauración ecológica, los cuales son apoyados por la Universidad del Cauca.

Para Colombia y muchas otras partes del mundo la restauración ecológica es una de las primeras medidas de recuperación de un ecosistema, pero toman como parte fundamental del desarrollo del proyecto los tipos de monitoreo existentes y que se deban desarrollar para asegurar el éxito del proyecto. Brunner y Clark (1997) y Vargas (2011) definen el monitoreo como el seguimiento y evaluación continuos de los cambios que experimenta el ecosistema, bajo los diferentes tratamientos de restauración aplicados. Este monitoreo constante tiene como objetivo final asegurar el éxito de la restauración ecológica, porque brinda la información necesaria para evaluar y ajustar las prácticas de restauración, de modo que puedan ser modificadas en cualquier momento; de esta manera, si los resultados obtenidos en los tratamientos aplicados son negativos o indeseables, dichos tratamientos se modifican o detienen; por el contrario, si se obtienen resultados positivos, estos tratamientos se continúan, multiplican, y si es posible, se mejoran (Vargas, 2011).

El diseño del programa de monitoreo debe realizarse en el mismo momento en el que se plantean los objetivos de la restauración y se planean los tratamientos que serán aplicados. De esta manera, un monitoreo ecológico efectivo se entiende como un proceso que acompaña al proceso de restauración desde el diagnóstico del estado actual del ecosistema, y continúa durante la implementación de los tratamientos y el desarrollo de los mismos, terminando en el momento en que se considera que el ecosistema ha recuperado su integridad ecológica (Holl y Cairns, 2002; Vargas *et al.*, 2010).

Además de que el monitoreo es un paso clave para lograr el éxito de la restauración, debido a que este proporciona información sobre cómo evitar o superar las causas de las posibles fallas del proyecto y fortalecer los fundamentos del éxito para futuros propósitos de restauración, de hecho, la mayoría de los conceptos y avances prácticos en restauración en diferentes ecosistemas han sido una consecuencia directa del seguimiento de proyectos pioneros, porque de esta manera se permite mejorar las causas de fallas de los anteriores proyectos y mejorar las causas del éxito (Ruiz y Aide, 2005; Viani *et al.*, 2018).

## **1.2 MARCO TEÓRICO**

**1.2.1 Restauración ecológica.** La Sociedad Internacional para la Restauración Ecológica SER (2004) define la restauración ecológica como “el proceso de asistir la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido”.

**1.2.2 Estrategias de restauración.** Son una respuesta de manejo encaminada a iniciar, orientar o acelerar la recuperación de los procesos, la estructura, la composición de especies y la sostenibilidad (resistencia a las perturbaciones y resiliencia) de un

ecosistema o valor objeto de conservación que ha sido degradado, dañado o destruido con el fin de mantener o mejorar la integridad ecológica de un área protegida (Ser, 2004).

**1.2.3 Monitoreo.** El monitoreo básicamente consiste en hacer observaciones confiables en la naturaleza para detectar, medir, evaluar y sacar conclusiones sobre cambios que ocurren en las especies y ecosistemas en el tiempo y el espacio, de manera natural o como consecuencia de intervenciones humanas, ya sean deliberadas o involuntarias (Kull *et al.*, 2008).

#### **1.2.4 Monitoreo por medio del protocolo de la MESMI.**

**1.2.4.1 Protocolo de la MESMIS.** Masera *et al.* (1999) y Piña *et al.* (2017), proponen el marco Mesmis (Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad) es un marco metodológico novedoso que captura la complejidad del manejo de recursos naturales. Permite derivar indicadores que por un lado reflejen el comportamiento de los aspectos más relevantes de un ecosistema, por otro lado, estas enseñan las tendencias del sistema evaluado para alcanzar los diferentes objetivos, de los sistemas sustentables, es decir, que aumenten los servicios ecológicos y socioeconómicos, que protejan la base de recursos y prevengan la degradación del suelo, agua y biodiversidad. Para monitoreo vegetativo, el protocolo MESMIS propone a su vez atributos o conjuntos de atributos para evaluar la sustentabilidad, que brindan el marco coherente e integral para hacer operativo el análisis (Masera *et al.*, 1999).

Además de resaltar que la MESMIS, brinda herramientas pedagógicas que facilitan el trabajo a la hora de monitorear un ecosistema; debido a que parte de la caracterización del sistema a evaluar y así poder determinar las fortalezas y debilidades que presenta el ecosistema actual que se está evaluando. En el marco metodológico de la Mesmis es clave el monitoreo según los indicadores escogidos referentes a cada ecosistema; estos indicadores son importantes ya que son particulares para cada ecosistema, aun así, no significa que estos no puedan usarse en otro si es necesario, motivo por el cual el marco Mesmis no maneja unos indicadores universales. De hecho, los indicadores son escogidos según la necesidad y características del proyecto y en muchos casos de la disponibilidad de datos (Masera *et al.*, 2007).

La metodología MESMIS, busca impulsar una reflexión y acercamiento participativo por el diseño del manejo de un ecosistema de recursos más sustentables. (Masera *et al.*, 2007). La cual se enfatiza en la necesidad de ampliar la visión interdisciplinaria y dinámica de los sistemas, para potenciar o crear la producción de bienes y servicios ecológicos y la accesibilidad social equitativa a estos beneficios y a la vez contribuir a la conservación de los recursos naturales; este enfoque permite al investigador conceptualizar el manejo y seguimiento del sistema de una manera más integral, además de poder generar alternativas que se podrán utilizar en el sistema a evaluar a largo plazo (Espeelman *et al.*, 2007).

**1.2.4.2 Secretaría de Estado del Medio Ambiente (SMA).** Política ambiental que establece pautas y criterios para la restauración ecológica en el estado de São Paulo y proporciona medidas relacionadas (SMA, 2014).

**1.2.4.3 Diseño y seguimiento de las parcelas de monitoreo.**

- **Parcelas permanentes de monitoreo.** Son dispositivos de estudio a largo plazo permanentemente demarcados y periódicamente medidos, estas pueden ser distribuidas al azar, de manera aleatoria, estratificada o sistemática (Sanqueta *et al.*, 2009).

- **Seguimiento de las parcelas de monitoreo y evaluación de los parámetros escogidos.** El monitoreo consiste en realizar verificaciones constantes para comprobar que la implementación del proyecto avanza como se planificó, es necesario tener una línea de información base que permite entender el comportamiento de un sistema a través del tiempo (Aguila y Ramírez, 2015).

Las parcelas tienen dimensiones diferentes según el parámetro propuesto a evaluar, se diseñan parcelas permanentes de monitoreo, dentro de estas parcelas se establecen subparcelas para evaluar los parámetros que se monitorearán (Viani *et al.*, 2018).

- **Número, tamaño y forma de las parcelas.** Para realizar el levantamiento de parcelas, es importante definir la intensidad de muestreo, para lograr un número adecuado de parcelas. El tamaño de la parcela dependerá de los objetivos planteados dentro del proyecto y una vez definido los parámetros se puede establecer la forma de las parcelas, ya que poseen un área definida, además permite establecer parcelas cuadradas y rectangulares que comúnmente se utilizan en estudios de vegetación (Melo y Vargas, 2003).

- **Estructura vertical:** describe el estado sucesional en que se encuentra cada especie. De este análisis surge una aproximación sobre cuáles son las especies más promisorias para conformar la estructura forestal en términos dinámicos. Pueden analizarse los estratos arbóreos y arbustivos conjuntamente, dividiéndolos en tres sub estratos: superior, medio e inferior (Acosta *et al.*, 2006).

- **Indicadores de seguimiento propuestos por la MESMIS.**

**Indicadores ecológicos:** se definen como variables que tienen como objetivo medir los cambios de un proceso del ecosistema (Rodrigues *et al.*, 1999)

**Indicadores de funcionamiento:** el funcionamiento de un ecosistema puede ser monitoreado por indicadores capaces de evaluar cómo los procesos ecológicos se están estableciendo (Rodrigues, *et al.*, 1999); además evalúa la variedad de procesos e

interacciones que ocurren entre los componentes del ecosistema (organismo-organismo, organismo-ambiente) que ayudan a la autorregulación y auto-perpetuación del ecosistema. El análisis de funcionalidad brinda información sobre la existencia y la calidad de procesos ecológicos, biogeoquímicos, o evolutivos y sus cambios durante el desarrollo del área, que en su mayoría están relacionados a la provisión de servicios ambientales (Duarte *et al.*, 2017).

**Indicadores de estructura:** forma y estructura como la comunidad está organizada (Rodrigues *et al.*, 1999).

- **Medidas de diversidad de especies.**

**Diversidad:** especies o grupos que integran y permiten evaluar un ecosistema (Rodrigues *et al.*, 2008).

**Abundancia:** el concepto de densidad está asociado al de ocupación del espacio disponible para crecer, pudiendo existir densidades normales, sobre densos (excesivas) y sub-densos (defectivas) (Husch *et al.*, 1993).

**Dominancia:** se relaciona con el grado de cobertura de las especies como manifestación del espacio ocupado por ellas y se determina como la suma de las proyecciones horizontales de las copas de los árboles en el suelo (Gordo, 2009).

## **1.2.5 Procesamiento de datos.**

**1.2.5.1 Análisis de componentes principales.** El análisis de componentes principales fue descrito por Karl Pearson, en 1901, El método de componentes principales tiene por objeto transformar un conjunto de variables, a las que se denomina originales, en un nuevo conjunto de variables denominadas componentes principales las cuales describen la variación de los datos. Estas últimas se caracterizan por estar correlacionadas entre sí y, además, pueden ordenarse de acuerdo con la información que llevan incorporada (Manly, 2008).

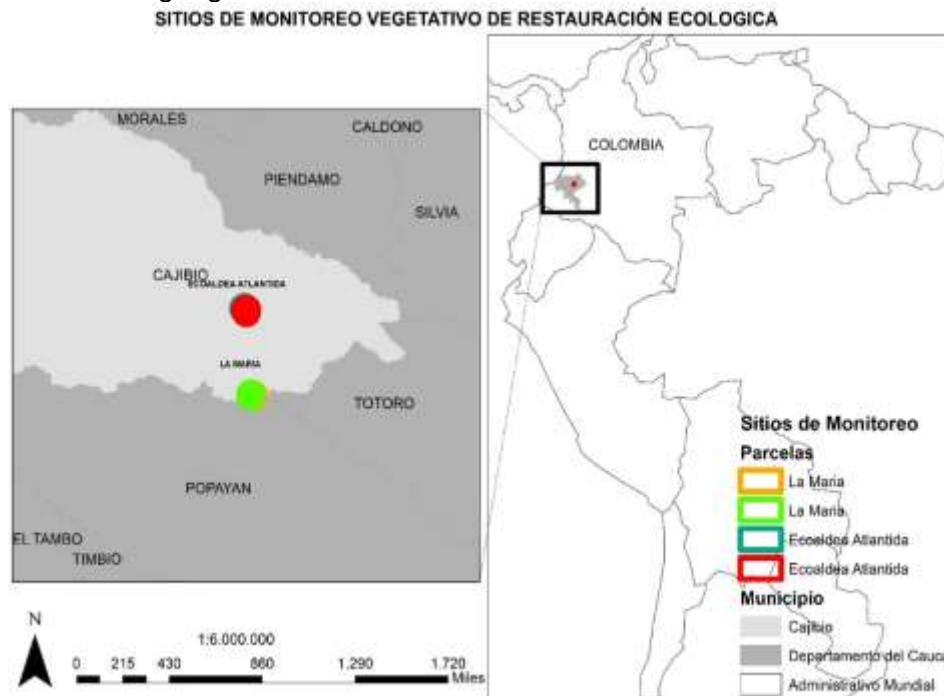
## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en la finca la Ecoaldea Atlántida, perteneciente a la vereda Cenegueta, su altura promedio es de 1756 msnm y sus coordenadas son: 2° 23' 34" N y 76° 36' 21" W y la finca la María, perteneciente a la vereda Siloé, su altura promedio es de 1680 msnm y sus coordenadas son: 2.35° 33' 13" N y 76° 35' 58" W, ambas fincas corresponden al municipio de Cajibío, Cauca, Colombia y tienen una temperatura ambiental que varía en un rango de 12 a 24°C.

Cajibío Cauca, posee una cobertura vegetal que destaca un área en pastos, forrajes, rastrojo y bosque natural, sin embargo, el bosque natural ha sido degradado por tala y quema no adecuada (Vivas *et al.*, 2016). Según el IGAC, describe que la mayoría de suelos de Cajibío tienen una capacidad para ser usado en agricultura Semi intensiva/intensiva, ganadería, agroforestería, cultivos específicos semiperennes o perennes, semidensos o densos, sistemas agroforestales y forestales (Rota y Salcedo, 2013) El municipio está caracterizado por un ecosistema ecuatorial con variedad de climas y elevaciones, permitiendo una gran diversidad vegetal en bosques, así como una gran riqueza hídrica (Vivas *et al.*, 2016). Para ser más específicos esta zona cuenta con fragmentos o relictos de bosque, guaduales, humedales, flora (terrestres y acuáticas) y autóctonas representativas de la región y páramos (Figura 1).

Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio

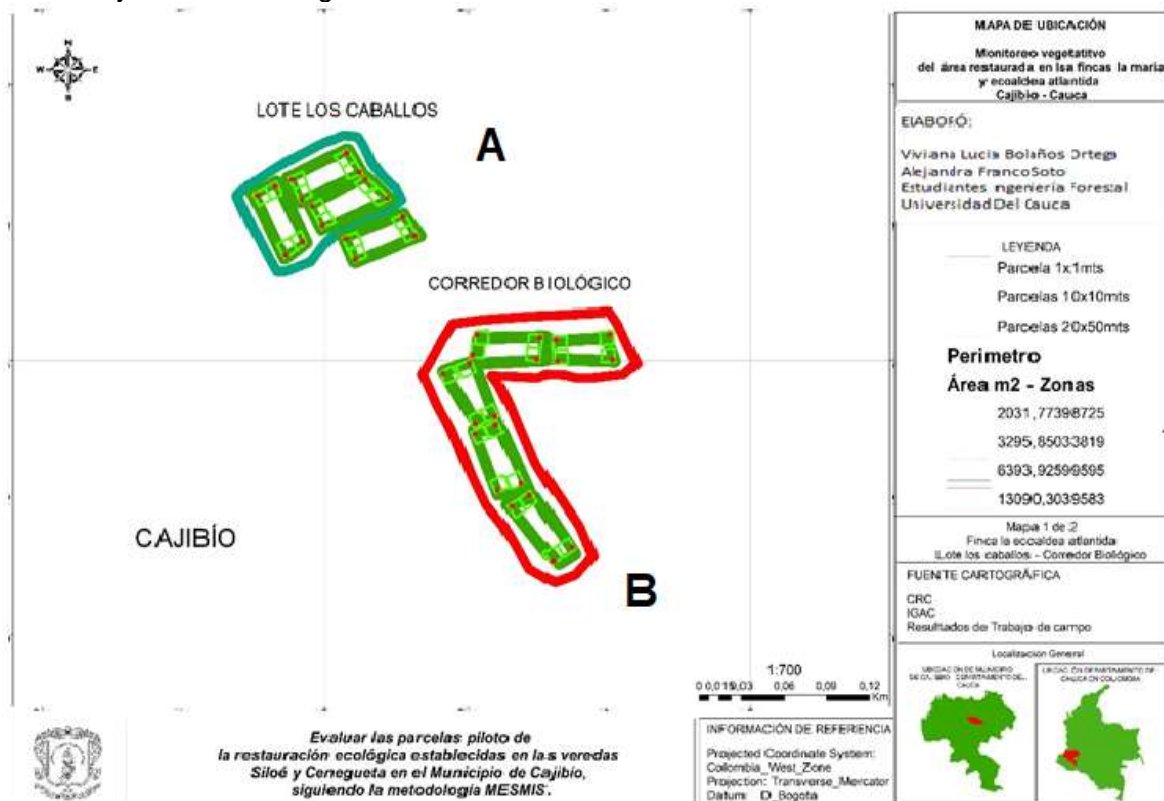




## 2.2 SELECCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

En el municipio de Cajibío se seleccionaron tres lotes como objeto de estudio (Figuras 2 y 3, Cuadro 1), los cuales pertenecen al proyecto con fin de restauración implementada en el 2016. Ubicados en la vereda Siloé y Cenegueta, dentro de las fincas la María y Ecoaldea Atlántida (que incluyo plántulas de árboles introducidas) y con una baja densidad (<20 especies) sin ningún seguimiento antecedentes del proyecto anterior (Anexo F); motivo por el cual se planteó realizar el plan de monitoreo vegetativo. Este proceso de monitoreo se realizó durante 6 meses fechas comprendidas entre octubre del 2018 y marzo del 2019, las mediciones del monitoreo se realizaron dos veces durante cada mes.

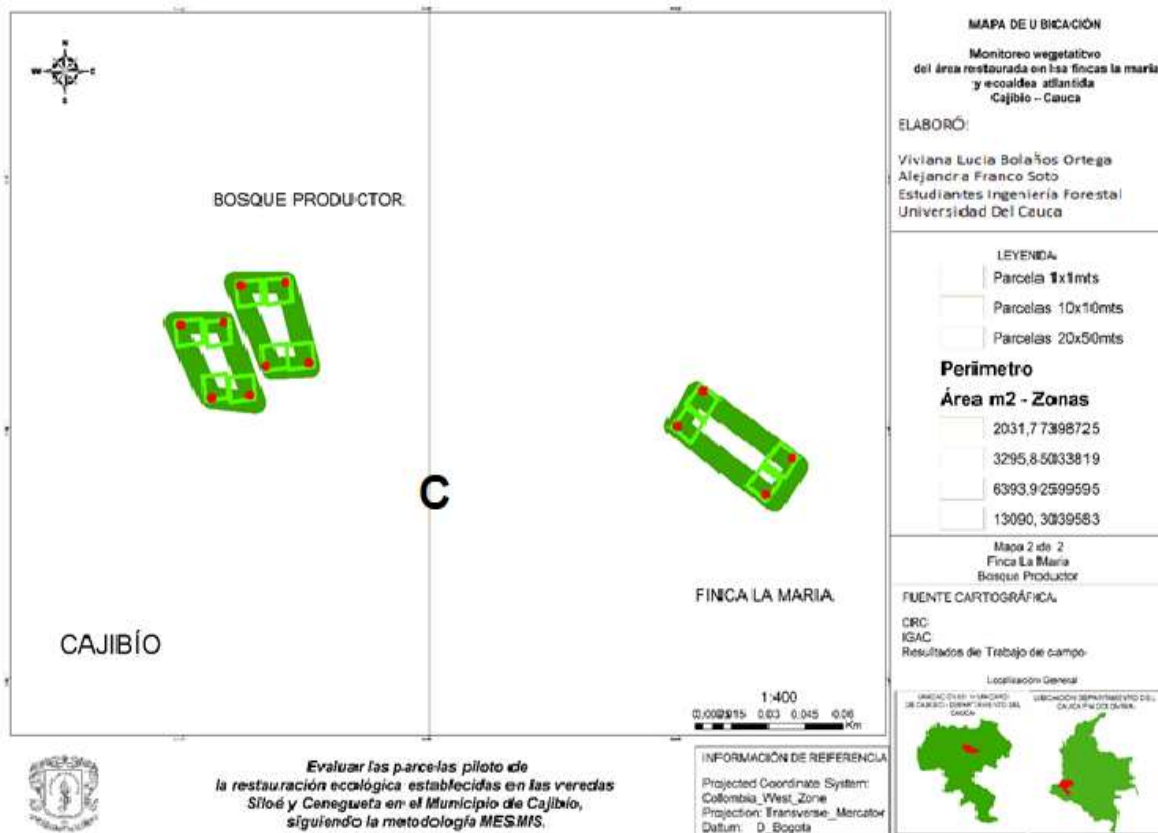
Figura 2. Ubicación geográfica de las parcelas permanentes de monitoreo en los lotes los caballos y corredor biológico



En un proceso de restauración y monitoreo forestal, es importante la evaluación o seguimiento de la estructura de la vegetación y la diversidad para concluir si fue o no un proyecto exitoso (Viani *et al.*, 2018; Brancalion *et al.*, 2012; Piña-Rodrigues *et al.*, 2012). El monitoreo se realiza para evaluar tanto la restauración plantada anteriormente igual que la regeneración asociada que se ha generado en el transcurso de este tiempo, esto se hizo implementando la metodología de la Mesmis (Anexo A) (Masera *et al.*, 1999) modificada por (Piña-Rodrigues *et al.*, 2012). Este proyecto se diseñó con el fin de

alcanzar un objetivo central apoyado de unos objetivos bases. Los sitios de estudio seleccionados representan tres modelos diferentes del proyecto de restauración realizado como lo indica el cuadro 1. Además, se seleccionó como ecosistema de referencia el bosque la primavera que es un bosque natural con aproximadamente 60 años, el ecosistema se clasifica como Bosque húmedo pre montano según Holdridge, con este sistema se realizarán comparaciones según los datos obtenidos en la evaluación de la restauración.

Figura 3. Ubicación geográfica de las parcelas permanentes de monitoreo en el lote Bosque productor



En el área de referencia según la bibliografía (García *et al.*, 2011) se encontraron 79 especies con 437 individuos. De acuerdo a los resultados se evidenció que las especies más representativas y abundantes fueron *Inga edulis* perteneciente a la familia Fabaceae y *Aniba cinnamomiflora* perteneciente a la familia Lauraceae. La familia más representativa fue la Melastomaceae con ocho especies.

### 2.3 DISEÑO DE MUESTREO

Para el diseño de muestreo, se seleccionó la muestra de población, la cual permitió definir cuantas parcelas se debían establecer en campo, definir el tamaño y la forma de las unidades de muestreo.

La intensidad de muestreo es de 5.25%, esta se estimará mediante la siguiente formula (Ortiz y Correa, 2002):

$$I = \frac{n * a}{A} * 100 \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

n: área de muestreo (2.1 hectáreas)

a: tamaño de parcelas (0.1 hectáreas)

A: área total (4 hectáreas)

Nº de parcelas = A/ a

El levantamiento de parcelas se realizó con GPS, para posicionamiento de coordenadas planas locales, con ayuda de cinta métrica y jalones. Según la metodología de Louman (2002).

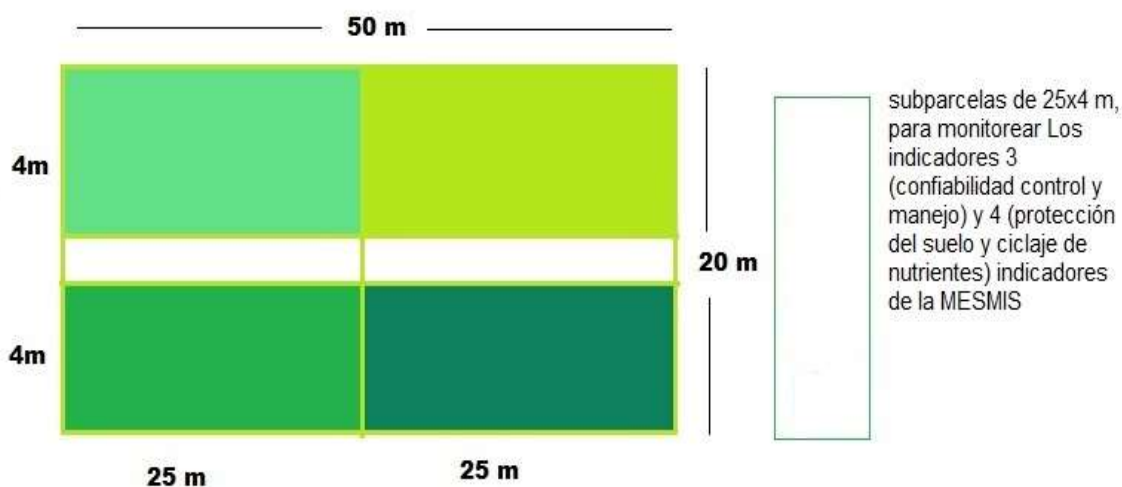
## 2.4 RECOLECCIÓN DE DATOS EN CAMPO

La colecta se realizó entre los meses de octubre del 2018 y marzo del 2019, en 12 parcelas de 50 x20 m, la distribución de las parcelas por lote se explica en la (Cuadro 1, Figura 4). Para los descriptores de diversidad y parámetros funcionales de la comunidad vegetal, todos los individuos arbóreos fueron identificados y se tomaron medidas de: diámetro (Dap, cm) y altura (m).

Cuadro 1. Distribución de los lotes de estudio por finca y división de las parcelas de monitoreo

Región	Finca	Lote de estudio	Programa de restauración	N° De especies	N° De individuos	N° De parcelas	Sub-parcelas de muestreo	Área en hectareas
Cenegueta a Cajibío cauca	Eco Aldea Atlántida	Corredor Biológico	Enriquecimiento vegetal	7	482	5	20	0,5
Cenegueta a Cajibío cauca	Eco Aldea Atlántida	Los Caballos	Nucleación	10	360	3	12	0,3
Silóe Cajibío-Cauca	La Maria	Bosque Pductor	Siembra de especie exotica	1	225	3	12	0,3
Cenegueta Cajibío cauca	La primavera	Área de referencia	Área de comparación	79	347	1	4	0,1
<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>97</b>	<b>1414</b>	<b>12</b>	<b>48</b>	<b>1,2</b>

Figura 4. Diseño de la parcela permanente de monitoreo de 20 por 50 m y de las subparcelas de 25 por 4 m distribuidas dentro de cada PPM



## 2.5 PROTOCOLO DE MONITOREO MESMIS

**2.5.1 Evaluación de la funcionalidad ecológica.** En el “Marco para la evaluación de sistemas de recursos naturales incorporando indicadores de sustentabilidad” (MESMIS). Los datos obtenidos por medio de estos indicadores ayudan a detectar puntos críticos en el funcionamiento de los ecosistemas, a establecer correlaciones y a establecer hipótesis las cuales son usadas en interpretaciones de fenómenos naturales y comportamentales de sostenibilidad y bosques para reflejar la trayectoria y la perpetuación de los ecosistemas (Piña *et al.*,2015).

**2.5.2 Estabilidad y resiliencia (Indicador n°1).** El parámetro de Mortalidad y Supervivencia, se realizó específicamente para los individuos plantados.

**2.5.2.1 Mortalidad y supervivencia.** Construcción de tasas demográficas. Para construir las tasas demográficas con el fin de evaluar la mortalidad y supervivencia de los individuos plantados en el proyecto de restauración a principios del 2016, se realizó un censo de los individuos plantados en el proyecto de restauración dentro de las parcelas principales de monitoreo ver cuadro 1. de 20 m por 50 m, lo que permitió construir las tasas demográficas (Aguilar y Ramírez, 2015), estos datos permitieron definir la densidad de individuos que sobrevivieron por lote restaurado.

**2.5.2.2 Clasificación de número de individuos por grupo sucesional.** El censo de los individuos reclutados (Regeneración asociada a los lotes en proceso de restauración), se seleccionaron para especies arbustivas los individuos mayores a 20 cm de altura hasta 1, 20 metros, para especies arbóreas se seleccionaron individuos mayores a 20 cm de altura hasta 1,50 m. Cada especie fue clasificada por grupo sucesional (pionera y no pionera), para esto se empleó los mismos criterios de la resolución SMA 2008 y SMA 2014 N°32 (Sao Paulo, 2014). Esta clasificación solo se realiza para especies reclutadas.

**2.5.2.3 Riqueza de especies.** Se clasificaron las especies que se encontraron en el monitoreo de regenerantes en especies nativas y no nativas, por lote en estado de restauración.

**2.5.2.4 Diversidad de especies.** Este índice se determinó por medio de Shannon-Wiener ( $H'$ ), empleando la siguiente ecuación (Magurran, 1988):

$$H' = -\sum Pi * \ln Pi \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde:

$H'$  = Índice de Shannon-Wiener

$Pi$  = Abundancia relativa

$\ln$  = Logaritmo natural

**2.5.2.5 Equitabilidad.** Se determinó la Equitabilidad por medio de ( $J'$ ) Pielou utilizando la siguiente ecuación (Pielou, 1975):

$$J' = \frac{H'}{\log_2(S)} \quad (\text{Ec. 3})$$

Donde:

H': índice de diversidad de Shannon-Wiener

$\log_2(S)$ : es la diversidad máxima (H'max) que se obtendría si las distribuciones de las abundancias de las especies en la comunidad fuesen perfectamente equitativas (Moreno, 2001).

### 2.5.3 Diversidad funcional (Indicador n°2).

**2.5.3.1 Diversidad de los estados de sucesión.** Para los índices 'Estabilidad y resiliencia de la restauración' y el primer parámetro del indicador diversidad Funcional, se realizó un censo de la regeneración (reclutamiento de especies) en las parcelas principales de monitoreo.

Se clasificaron las especies en pioneras y no pioneras. Esta clasificación se realizó por lote restaurado, de acuerdo con lo afirmado por los autores Ruiz y Vargas (2006), Sanchez *et al.* (2007), Vargas (2015) y Oloscagua *et al.* (2016). Clasificación de especies por lote (Anexo C, D y E).

Los parámetros de IMA e ICA, se realizó para los individuos establecidos en cada lote en proceso de restauración.

**2.5.3.2 Incremento MEDIO ANUAL (IMA).** Este indicador se realiza para los individuos establecidos en cada lote en proceso de restauración. La densidad de individuos de las parcelas fue calculada por la división del número de individuos de cada parcela por el área de la parcela ( $m^2$ ). El incremento promedio anual (IMA) fue calculado para cada modelo, dividiendo la altura media de los individuos arbóreos muestreados en cada área por la edad, en años.

**2.5.3.3 Área basal media.** El área basal media y la densidad de individuos fueron estimadas por hectárea. Para el cálculo del área basal de la parcela, se suma el área basal de los troncos de los árboles muestreados. El área basal de un árbol fue calculada por la Ecuación 4.

$$AB = \pi r^2 \quad (\text{Ec. 4})$$

En que:

AB = área basal ( $m^2$ )

$\pi$  = razón entre perímetro y diámetro de una circunferencia ( $\cong 3,1416$ );

r = radio de la circunferencia a la altura del cuello del individuo arbóreo.

Después del cálculo del área basal de cada parcela, se calculó la media entre parcelas para obtener el área basal media. Posteriormente fue estimada el área basal media por hectárea a través de la Ecuación 5.

$$ABha = ABp * 1000 AP \quad (\text{Ec. 5})$$

En que:

AB = área basal media por hectárea (m<sup>2</sup>);

ABp = área basal media de las parcelas (m<sup>2</sup>);

AP = área de la parcela (m<sup>2</sup>).

Los parámetros de IMA y área basal media por ha solo se realiza para los individuos plantados en la restauración.

**2.5.3.4 Diversidad de las funciones ecológicas.** Metodología explicada en el Anexo A.

**2.5.4 Desenvolvimiento (indicador n°3).** La altura de los individuos en este parámetro, se tomó exclusivamente para los individuos plantados para los lotes en proceso de restauración.

**2.5.4.1 Altura de los individuos arbóreos.** Metodología explicada en el Anexo A.

**2.5.5 Confiabilidad control y manejo (Indicador n°4).**

**2.5.5.1 Presencia de especies invasoras.**

**2.5.5.2 Manejo.**

**2.5.6 Protección del suelo y ciclaje de nutrientes (Indicador n°5).** Este índice, se compone de los siguientes parámetros:

**2.5.6.1 Cobertura del suelo con regenerantes.**

**2.5.6.2 Porcentaje de hojarasca en el suelo.**

**2.5.6.3 Altura de hojarasca en centímetros en el suelo.** Los indicadores 3 (confiabilidad control y manejo) y 4 (protección del suelo y ciclaje de nutrientes) fueron obtenidos mediante el uso de la cuadrícula de 1 m<sup>2</sup>, la cual fue subdividida en 4 cuadrantes de 0,25x0,25 los cuales indican el 25% (figura 5); esta cuadrícula se lanzó 3 veces por cada medición de manera aleatoria dentro de la sub-parcelas de 4x25 m (100m<sup>2</sup>) (Figura 6). Cada cuadrante de la cuadrícula representa un 25 % del 100 %, dentro de esta misma cuadrícula se determinó la incidencia de luz mediante la ayuda de un luxómetro, estos procedimientos se explican en la metodología descrita por Viani (2017) y Piña R. *et al.* (2015) (Anexo A).

## 2.6 CENSO DE RECLUTAMIENTO DE ESPECIES

Este censo se realizó para evaluar los siguientes parámetros pertenecientes a los indicadores 1 y 2, los parámetros fueron los siguientes: Número de individuos por grupo sucesional, diversidad de especies arbóreas, riqueza de especies nativas, Equitabilidad y diversidad de los estados de sucesión.

Figura 5. Cuadrícula protocolo la MESMIS



Figura 6. Lanzamiento aleatorio de la cuadrícula para determinar los parámetros de protección del suelo y ciclaje de nutrientes





## 2.7 COMPACTACIÓN Y HUMEDAD DEL SUELO

La compactación y humedad se propuso como un parámetro de evaluación de la MESMIS, para analizar la recuperación del componente suelo y observar los posibles factores de este componente que puedan influir sobre el desarrollo de la vegetación. Estos datos se determinaron, utilizando penetrometro, el cual permitió la detección del área del suelo comprimido a través de la medición electrónica de la fuerza de resistencia a la penetración junto con la medición de profundidad, el medidor de compactación utilizado fue de la marca FALKER y de referencia PLG1020. el humedimetro HidroFarm permitió la medición de humedad del suelo de manera electrónica por medio de sensores, este humedimetro fue de la marca Falker y el modelo HFM1010.

Figura 7. Imagen de los medidores de humedad, compactación y luxómetro



**2.7.1 Procesamiento de datos.** El procesamiento de datos se realizó en el software R estudio, en la versión 3.5.3 (Allaire, 2011).

## 2.8 ANÁLISIS DE DATOS

Para analizar los datos se implementó el análisis multivariado, aplicando la técnica de: Análisis de componentes principales (PCA). En análisis estadístico para compactación y humedad se realizó normalidad de los datos ANOVA y TUKEY.

**2.8.1 Análisis de componentes principales.** Para las variables Se realizó un análisis de componentes principales (Ruales y Manrique, 2007), este análisis permite realizar la reducción de dimensionalidad perdiendo la menor cantidad de información (varianza) posible: cuando contamos con un gran número de variables cuantitativas posiblemente correlacionadas entre sí (correlaciones).

Para escoger el número óptimo de componentes principales, se utilizó la función *Scree plot* del paquete *factorminer* (Le *et al.*, 2010), *la cual* representa los eigenvalores ordenándolos de mayor a menor. Seguidamente para la representación de los componentes principales según la varianza se utilizó la función *fviz\_screplot* del paquete *factoextra* (Le *et al.*, 2010).

**2.8.2 Análisis de indicadores propuestos por la MESMIS.** Para el conjunto de indicadores de diversidad, de la comunidad y funcional, control y manejo, protección del suelo y aporte de hojarasca se calculó el índice de consolidación de la funcionalidad ecológica (ICFE), obtenido por la ecuación (6).

$$ICFE = \frac{(\sum \text{notas de los indicadores}) * (\text{número de indicadores})}{(\text{número de indicadores})(\text{número de parámetros por indicador})} \quad (\text{Ec. 6})$$

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 DISEÑO Y MUESTREO

Según el diseño implementado para monitorear 2,1 hectáreas, con parcelas de 0,1 hectáreas con dimensiones de 50m por 20 m, el número de parcelas óptimas para el estudio se calculó con la ecuación 7.

$$\text{Número de parcelas} = \frac{A}{a} = \frac{2,1}{0,1} = 12 \quad (\text{Ec. 7})$$

Este número de parcelas fue establecido en los lotes de estudio, como se especificó en el cuadro 1.

#### 3.2 PROTOCOLO DE MONITOREO MESMIS

Según los indicadores que propone la MESMIS, se obtuvo los siguientes resultados. Todos los resultados se encuentran descritos en el anexo B y el cuadro 3.

**3.2.1 Estabilidad y resiliencia de la restauración (Indicador 1).** Los indicadores de la MESMIS proponen algunos parámetros que complementan la evaluación por indicador (Masera *et al.*, 1999) modificada por (Piña *et al.*, 2015). Los resultados por parámetro para este indicador fueron los siguientes.

**3.2.1.1 Mortalidad y supervivencia.** Este parámetro se evaluó por lote en proceso de restauración; en los cuadros 2, 3 y 4 se presentan los individuos plantados por especie al inicio de la restauración. Además, se especifica el número de individuos encontrados en el censo que se realizó en el monitoreo y el número de individuos que murieron durante el transcurso del proceso de restauración. Esta información también puede ser corroborada en las figuras 8, 9 y 10. También se presentan los resultados en general en el área de estudio expresada en porcentaje, en el cuadro 5 y la figura 11.

Cuadro 2. Mortalidad y supervivencia de los individuos plantados en el lote corredor biológico, en proceso de restauración

Familia	Especie	Nº de individuos plantados	Sobrevivientes	Mortalidad
FABACEAE	<i>Acacia decurrens</i> (Wild)	20	6	14
MALVACEAE	<i>Ochroma pyramidalle</i> (Cav. ex Lam)	40	0	40
FABACEAE	<i>Erythrina fusca</i> (Lour)	60	32	28

Cuadro 2. (Continuación)

Familia	Especie	N° de individuos plantados	Sobrevivientes	Mortalidad
BIGNONIACEAE	<i>Tecoma stans</i> (L)	74	20	54
MYRSINACEAE	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.)	61	52	9
MALVACEAE	<i>Heliocarpus americana</i> (L)	40	0	40
FAGACEAE	<i>Quercus humboldtii</i> (Bonpl)	187	69	118
	Total	482	179	303

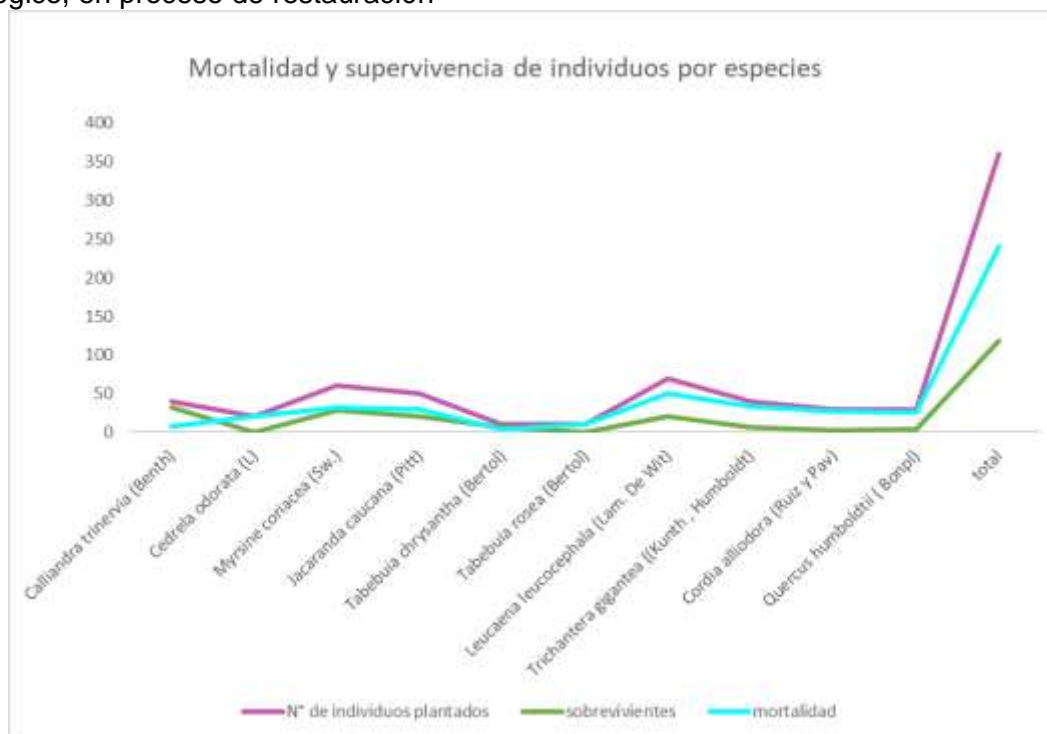
Figura 8. Mortalidad y supervivencia de los individuos por especie en el lote corredor biológico, en proceso de restauración



Cuadro 3. Mortalidad y supervivencia de los individuos plantados, en el lote los caballos, en proceso de restauración

Familia	Especie	N° de individuos plantados	Sobrevivientes	Mortalidad
FABACEAE	<i>Calliandra trinervia</i> (Benth)	40	32	8
MELIACEAE	<i>Cedrela odorata</i> (L)	20	0	20
MYRSINACEAE	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.)	60	28	32
BIGNONIACEAE	<i>Jacaranda caucana</i> (Pitt)	50	20	30
BIGNONIACEAE	<i>Tabebuia chrysantha</i> (Bertol)	10	6	4
BIGNONIACEAE	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol)	10	0	10
FABACEAE	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam. De Wit)	70	20	50
ACANTHACEAE	<i>Trichantera gigantea</i> ((Kunth , Humboldt)	40	6	34
BORAGINACEAE	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz y Pav)	30	3	27
FAGACEAE	<i>Quercus humboldtii</i> (Bonpl)	30	4	26
	Total	360	119	241

Figura 9. Mortalidad y supervivencia de los individuos por especie en el lote corredor biológico, en proceso de restauración



*O. pyramidalle*, *C. alliodora* y *C. odorata*, (Cuadros 2 y 3, Figuras 8 y 9), fueron especies plantadas en el proceso de restauración, según la literatura todas estas especies son heliófitas demandantes de luz, además de presentar tasas de crecimiento rápido (Yepes y Villa, 2010).

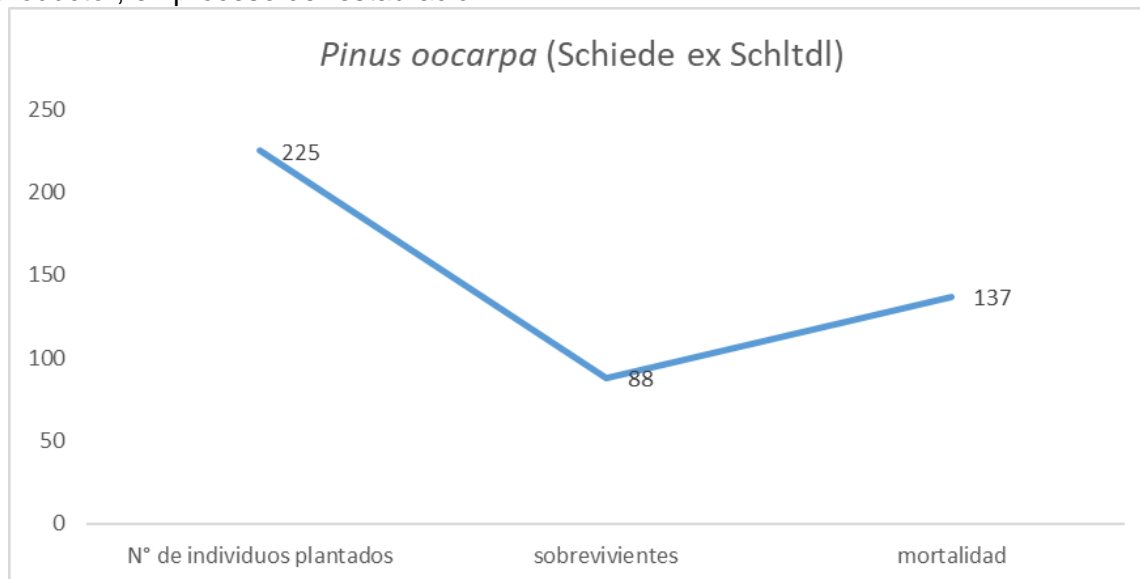
En este caso, estas especies no se adaptaron y desaparecieron del lote los caballos y corredor biológico, lo cual pudo haber sucedido por la calidad del material vegetal plantado, por la baja densidad de siembra de individuos por especie plantados por lote en proceso de restauración, por la época de siembra en el caso de *O. pyramidalle* y *C. odorata* no son especies nativas por lo cual no se adaptan al lugar de siembra o por la compactación del terreno; según la (WWF Brasil, 2014) estas variables deben ser estudiadas antes de implementar una estrategia de restauración, lo cual permitirá seleccionar las especies y cantidad de individuos indicados a sembrar por especie, lo que garantice que por lo menos un 30% de individuos sobrevivan a lo largo del proceso de restauración.

Cuadro 4. Mortalidad y supervivencia de los individuos plantados en la restauración

Familia	Especie	N° de individuos plantados	Sobrevivientes	Mortalidad

PINACEAE	<i>Pinus oocarpa</i> (Schiede ex Schltl)	225	88	137
----------	--	-----	----	-----

Figura 10. Mortalidad y supervivencia de los individuos por especie en el lote Bosque productor, en proceso de restauración



En el lote los Bosque productor se encontró un alto número de individuos sobrevivientes de la especie *P. oocarpa* ya que esta fue plantada en mayor densidad (Cuadro 4 y Figura 10); por otro lado, es de considerar que este tipo de especies se adaptan a zonas degradadas, áridas en suelos compactados, en pastizales y posee una amplia tasa de adaptabilidad a un lugar al igual que una buena tasa de crecimiento (Niklasson, 2002; Pfeffer, 2005).

Cuadro 5. Mortalidad y supervivencia de los individuos plantadas por especie, expresado en porcentaje, para todos los lotes en proceso de restauración

Familia	Especie	% supervivencia	%mortalidad
PINACEAE	<i>Pinus oocarpa</i> (Schiede ex Schltl)	39,1	60,9
FAGACEAE	<i>Quercus humboldtii</i> (Bonpl)	29,5	70,5
MELIACEAE	<i>Cedrela odorata</i> (L)	0	100
FABACEAE	<i>Erythrina fusca</i> (Lour)	53,3	46,7
BIGNONIACEAE	<i>Tecoma stans</i> (L)	27,1	72,9
FABACEAE	<i>Acacia decurrens</i> (Wild)	30	70
MYRSINACEAE	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.)	66,2	33,8
FABACEAE	<i>Calliandra trinervia</i> (Benth)	80	20
BIGNONIACEAE	<i>Jacaranda caucana</i> (Pitt)	40	60
FABACEAE	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam)	28,5	71,5
ACANTHACEAE	<i>Trichanthera gigantea</i> (Humboldt y Bonpland)	15	85
BIGNONIACEAE	<i>Tabebuia chrysantha</i> (Jacq)	60	40
MALVACEAE	<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam)	0	100
MALVACEAE	<i>Heliocarpus americana</i> (L)	0	100

BIGNONIACEAE	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol)	0	100
BORAGINACEAE	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz y Pav)	10	90
Total		35,3	64,7

Figura 11. Mortalidad y supervivencia de los individuos plantados por especie, expresado en porcentaje, para todos los lotes en proceso de restauración



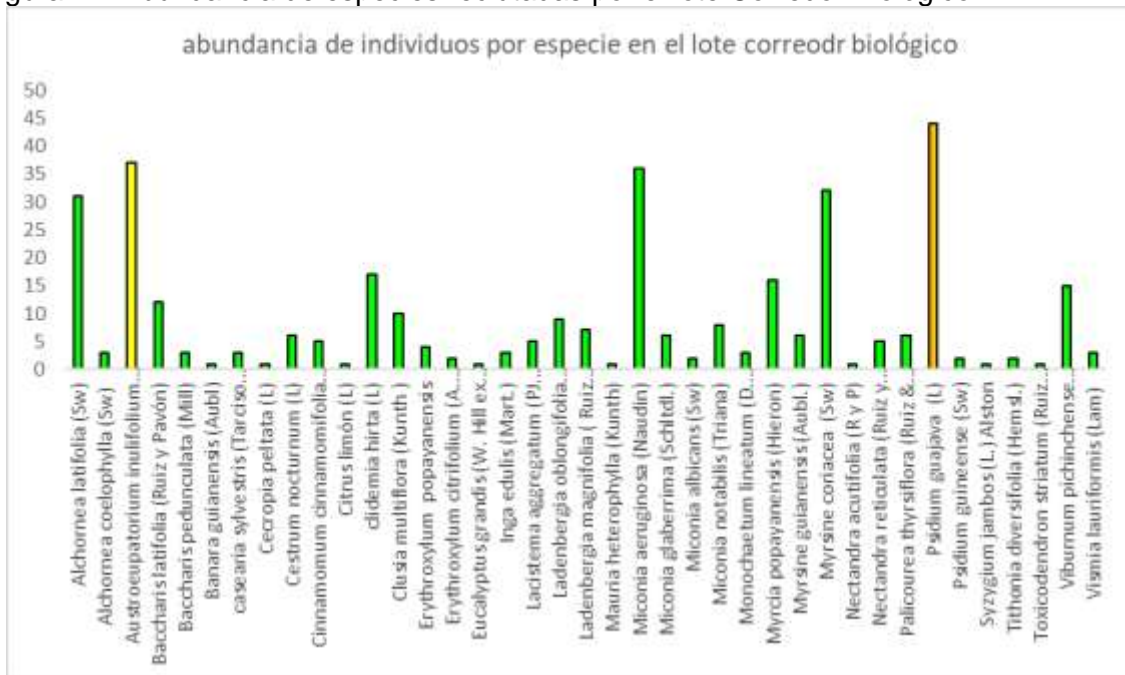
Según se observó en el cuadro 5 y la figura 11, las especies que presentaron un mayor porcentaje de mortalidad fueron *Ochroma pyramidalle* (Cav. ex Lam.), *Heliocarpus americana* (L.), y *Tabebuia rosea* (Bertol), con el 100%, en segundo lugar, se encontraron las especies *Tecoma stans* (L.), *Trichanthera gigantea* (Bonpl.), *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.), *Pinus oocarpa* (Schiede ex Schldl), y *Quercus humboldtii* (Bonpl) con más del 7% de mortalidad. A pesar de que el *P. oocarpa*, presenta un alto índice de mortalidad esta especie conserva un buen número de individuos sobrevivientes, este mismo caso presenta la especie *Q. humboldtii*, en este caso ambas especies presentaron una mayor abundancia de siembra; el caso contrario lo presenta la especie *C. alliodora* esta especie obtuvo un alto índice de mortalidad y un bajo número de individuos sobrevivientes, además de que presenta un bajo índice de siembra; el caso extremo lo presentaron las especies *Ochroma pyramidalle* (Cav. ex Lam.), *H. americana* y *T. rosea*, estas especies presentan un índice del 100% de mortalidad para sus individuos y el 0% de supervivencia. En este sentido, (Valladares et al, 2011) plantea que en la planeación de las restauraciones ecológicas es importante definir la densidad de siembra, debido a que la abundancia de individuos por especie restaurada es una estrategia de la prolongación de vida de la especie a lo largo del proyecto, así mismo de que una buena distribución equitativa de siembra logra que no se homogenice el sistema con pocas especies sobrevivientes (WWF Brasil, 2014), en este tipo de proyectos es necesario evaluar la mortalidad y supervivencia, ya que este indicador permite evaluar la estabilidad de las restauraciones donde se presenta el fenómeno de competición en plantíos (Marimon et al 2011 y Norden, 2014), así mismo, estas consideraciones son fundamentales para estudiar las estructuras y dinámica forestal del ecosistema (Tubini, 2006).

Si tratamos el tema de mortalidad de manera general en los tres lotes en proceso de restauración, se observó que una de las posibles causas de mortalidad podría ser la competencia con especies herbáceas invasoras, otra de la posible causa de mortalidad es la herbivoría causada por las hormigas conocida como arriera (*Atta* y *Acromyrmex*), debido a que estos géneros fueron encontrados en los tres lotes evaluados. La competencia por nutrientes entre plántulas y especies invasoras es un factor limitante de crecimiento para los individuos arbóreos plantados en cualquier tipo de ecosistema incluyendo la competencia por demanda de Luz y agua, esta competencia es generadora de que muchos individuos plantados al inicio de un proyecto mueran (Sotomayor Helmke y García 2002). Las hormigas arrieras o cortadoras de hojas representan una de las cinco plagas que limitan la producción y supervivencia de una gran cantidad y variedad de cultivos agrícolas y plantaciones forestales en los diferentes países de Suramérica, debido a su gran dispersión, adaptabilidad y éxito evolutivo, las cuales son difíciles de controlar y efectivas en defoliación de especies arbóreas en crecimiento, esta defoliación es causa de mortalidad para especies arbóreas y agrícolas en desarrollo (Vargas, 2018).

### 3.2.2 Censo de la regeneración reclutada por lote.

**3.2.2.1 Corredor Biológico Método de restauración: Enriquecimiento vegetal.** En el corredor biológico se reclutaron 39 especies con 370 individuos. De acuerdo a los resultados se evidenció que las especies más representativas y abundantes son *Psidium guajava* (L) con 44 individuos y *Austroeupeatorium inulifolium* (Kunth) con 37, las Familias con mayor número de especies fueron: *Melastomataceae*, *Myrtaceae* y *Asteraceae* (Figura 12).

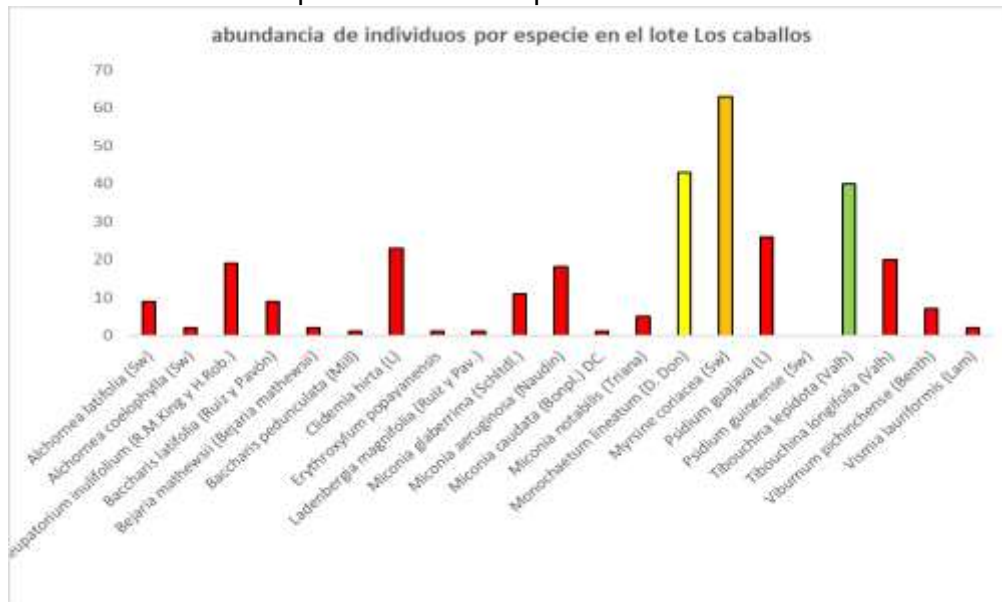
Figura 12. Abundancia de especies reclutadas por el lote Corredor Biológico





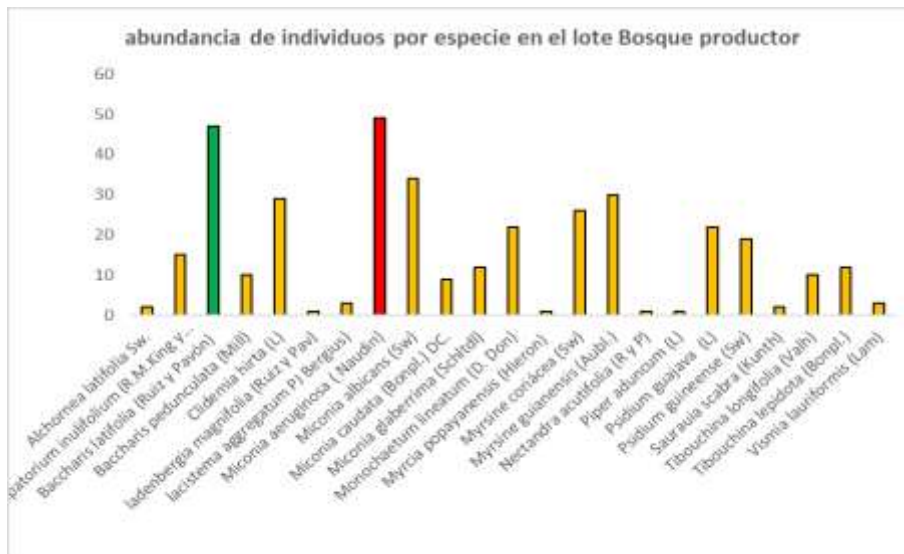
**3.2.2.2 Los caballos (Nucleación).** En el lote los caballos se reclutaron 21 especies con 310 individuos. Según los resultados se encontró que las especies más representativas y abundantes fueron *Myrsine coriacea* (Sw.) con 63 individuos, *Monochaetum lineatum* (D. Don) con 43 y *Tibouchina lepidota* (Bonpl.) con 40, las Familias con mayor número de especies fueron: Melastomataceae y Asteraceae (Figura 13).

Figura 13. Abundancia de especies reclutadas por el lote Los caballos.



**3.2.2.3 Bosque productor (Siembra de especies exóticas).** En el bosque productor se reclutaron 23 especies con 364 individuos, De acuerdo a los resultados se evidencio que las especies más representativas y abundantes fueron *Miconia aeruginosa* (Naudin) con 49 individuos y *Baccharis latifolia* (Ruiz & Pav.) con 46 individuos; las Familias con mayor número de especies fueron Melastomataceae, Asteraceae y Myrtaceae (Figura 14).

Figura 14. Abundancia de especies reclutadas por el lote Bosque productor



Se pudo evidenciar que los tres lotes evaluados poseen dos familias representativas en común *Melastomataceae* y *Asteraceae*, y que el Corredor Biológico y Bosque productor tienen en común la familia *Myrtaceae*. Según Posada *et al.* (2016) en Colombia, la familia *Melastomataceae* es altamente diversa y juega un importante papel ecológico dentro de los ecosistemas, debido a que son especies pioneras que permiten una sucesión progresiva del ecosistema; los tres lotes presentaron diferentes especies de esta familia entre ellas se encontró un mayor número de *Miconias* las cuales juegan un papel importante en la dinámica de los ecosistemas, ya que mantienen una oferta permanente de frutos consumidos por las aves a lo largo del año y esto facilita la propagación de estas especies en el ecosistema y en ecosistemas cercanos (Kesler y Kattan, 2012). Además, la mayoría de las especies pertenecientes a las familias *Melastomataceae*, y *Asteraceae*, son facilitadoras para albergar especies durables que se conserven a través del tiempo en el ecosistema (Mallman y Schmitt, 2014).

Al mismo tiempo, estas familias facilitan el desarrollo de procesos asociándose a sistemas de restauración ecológica, donde permiten la recuperación estructural y funcional del ecosistema (Vásquez y Solorza, 2018). Dentro de las tres parcelas se encontraron en común las especies *Psidium guineense* (Sw) y *Psidium guajava* (L). Estas, son especies pioneras que permiten la adaptabilidad de otras especies y también sirven de facilitadoras para la llegada de nuevas especies (Parra, 2014). Según Estrada (1997) las especies de pino permiten la regeneración y/o reclutamiento de especies nativas, lo cual es positivo para la conservación de la biodiversidad natural de un ecosistema.

Específicamente, en el lote bosque productor los individuos plantados (*p. oocarpa*) están cerca de un área de bosque natural, según Pensando *et al.* (2014), esto permite una interacción de la regeneración natural con el área plantada lo cual facilita la propagación de la regeneración, convirtiéndolo así, en albergue para la llegada de nuevas especies.

**3.2.2.4 Clasificación del número de especies reclutadas por grupo sucesional.** En el cuadro 6 se muestra el número de especies pioneras y no pioneras reclutadas por lote evaluado. Y se presenta de manera gráfica en la figura 15.

Cuadro 6. Resultados del número de individuos de especies pioneras y no pioneras reclutadas por lote en proceso de restauración

Lote	N° especies pioneras	N° especies no pioneras	Total de especies
Corredor biológico(E.V)	29	10	39
Bosque productor (S.E.E)	21	2	23
Los caballos (N)	20	1	21

Las siglas E.V, S.E.E., Y N. son los nombres de las estrategias de restauración utilizadas en cada lote donde. EV= Enriquecimiento vegetal, S.E. E= Siembra de especie exótica y N= Nucleación.

Figura 15. Distribución de especies pioneras y no pioneras, reclutadas por lote en proceso de restauración



• **Diversidad de los estados de sucesión.** En el cuadro 7 se muestra el porcentaje de especies pioneras y no pioneras existentes en cada lote evaluado y se muestra de manera gráfica en la figura 16.

Cuadro 7. Resultados en porcentajes de pioneras y no pioneras por especies reclutadas por cada lote en proceso de restauración

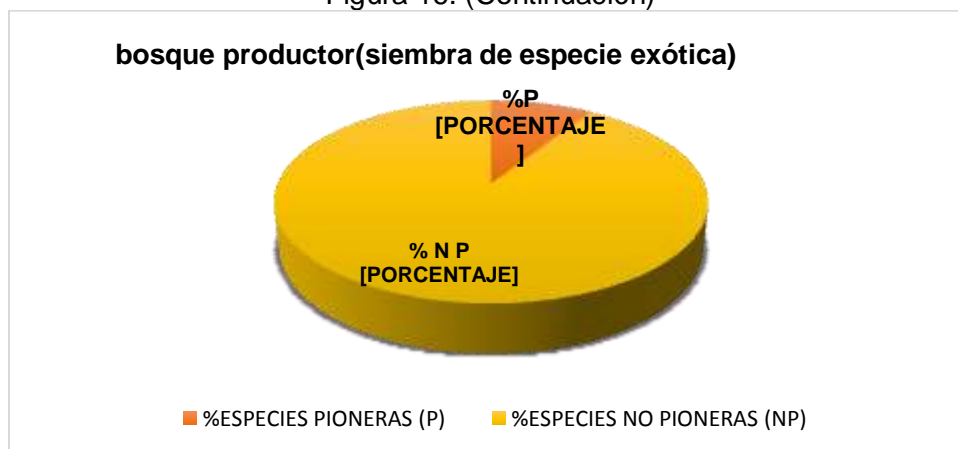
Lote	n° especies pioneras	n° especies no pioneras	%total de especies
Corredor biológico (E.V)	76	24	100
Bosque productor (S. E.E)	91	9	100
Los caballos (N)	95	5	100

Las siglas E.V, S.E.E., Y N. son los nombres de las estrategias de restauración utilizadas en cada lote donde. EV= Enriquecimiento vegetal, S.E. E= Siembra de especie exótica y N= Nucleación.

Figura 16. Resultados en porcentajes de pioneras y no pioneras por especies reclutadas por cada lote en proceso de restauración



Figura 16. (Continuación)



En los tres lotes existió una dominancia de las especies pioneras, estas especies son buenas para el desarrollo del ecosistema debido a que permiten la formación de multiestratos, permitiendo la interacción con especies tardías que persistirán en el ecosistema dándole estructura y soporte al mismo (Miyawaki, 1999), además de que este tipo de especies ofrecen condiciones más favorables desde el punto de vista micro climático para albergar nuevas especies que se asocian a ellas permitiéndoles adaptarse más rápido al entorno (Zamora *et al.*, 2004; Castro *et al.*, 2004). Encontrar este tipo de especies en un sistema relativamente joven es un buen indicador debido a que las plantas pioneras son colonizadoras del ecosistema y este es el primer paso para cambiar de un estado de área alterada a un estado de área en restauración. Por otra parte, este tipo de especies son reemplazadas posteriormente por especies secundarias y secundarias tardías (Diaz *et al.*, 2008).

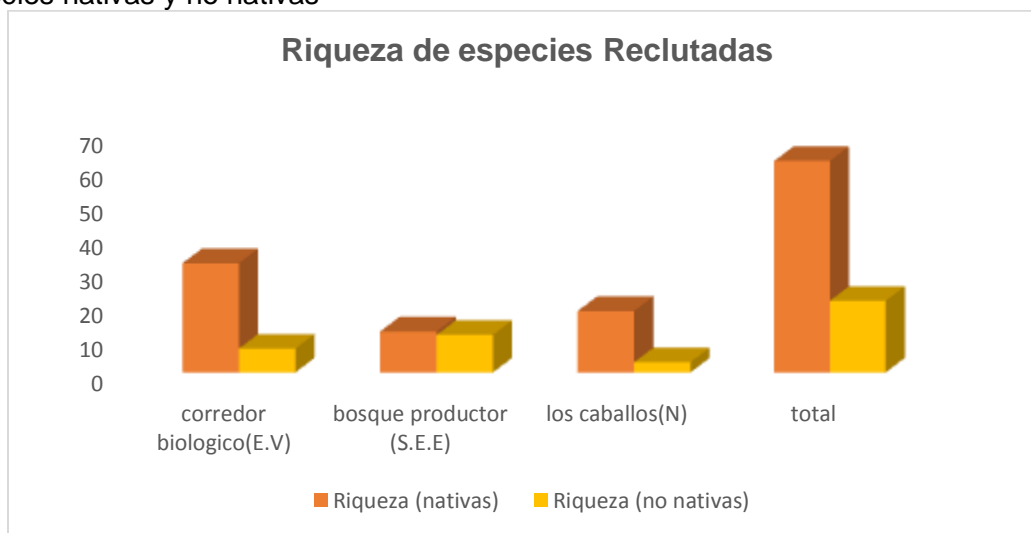
- **Riqueza de especies reclutadas por lote en proceso de restauración.** En el cuadro 8 se presentan los resultados de las especies reclutadas para el parámetro de riqueza, divididas en especies nativas y no nativas, estos resultados están dados por lote evaluado. Estos resultados se muestran de manera gráfica en la Figura 17.

Cuadro 8. Resultados del número de especies reclutadas por lote en proceso de restauración agrupadas en especies nativas y exóticas

Lote	Riqueza (nativas)	Riqueza (no nativas)	Total Riqueza de especies
Corredor biológico (E.V)	32	7	39
Bosque productor (S.E.E)	12	11	23
Los caballos (N)	18	3	21
Total	62	21	83

Las siglas E.V, S.E.E., Y N. son los nombres de las estrategias de restauración utilizadas en cada lote donde. EV= Enriquecimiento vegetal, S.E. E= Siembra de especie exótica y N= Nucleación.

Figura 17. Riqueza de especies reclutadas por lote en estado de restauración divididas en especies nativas y no nativas



Según los resultados obtenidos en el censo de la regeneración se pudo observar que el lote de enriquecimiento vegetal obtuvo una mayor riqueza, el que menor número de especies reclutó fue el lote los caballos (cuadro 4), para los ecosistemas según (Sanches, 2008) este indicador es fundamental para optimizar la gestión del área en relación con actividades de exploración de bajo impacto, conservación de recursos naturales o recuperación de ecosistemas degradados. Según (Campo, 2010) la riqueza de especies es un buen indicador funcional en la restauración, debido a que puede definir si existe una mayor estabilidad en el ecosistema. Por otra parte, Lanary y Coutinho (2010) indican que la riqueza y diversidad crean nichos ecológicos, que favorecen la funcionalidad y recuperación del ecosistema. El lote de enriquecimiento vegetal presenta

un número alto en riqueza y diversidad encaminándose a estar más cerca al área de referencia. Chazdon *et al.* (2016), enfatiza que en una restauración el reclutamiento de especies nativas por el ecosistema es un buen factor para incentivar la regeneración del mismo, debido a que estas especies facilitan la recuperación de acciones funcionales las cuales le permiten recuperar su integridad. En los lotes intervenidos la mayoría de especies reclutadas son nativas, por lo que a través del tiempo se podría llegar a una reestructuración funcional de los mismos. Cabe aclarar que la alta riqueza obtenida en este estudio se debe a las especies reclutadas durante el transcurso de estos tres años de establecimiento de la restauración y no está sesgada por la introducción de especies que se hizo al comienzo del proyecto, si no al proceso natural de sucesión secundaria que facilitaron la llegada de nuevas especies a los sitios intervenidos (Ruiz y Mitchell, 2005; Chazdon *et al.*, 2016; Rezende y Vieira, 2019).

### 3.2.3 Diversidad funcional (Indicador 2).

**3.2.3.1 Diversidad y Equitabilidad de especies.** En el cuadro 9 se muestra los resultados para los índices de diversidad y Equitabilidad, obtenidos en cada lote evaluado, además se incluye el valor de los dos indicadores del Área de referencia como punto de comparación.

Cuadro 9. Valores para los índices de índices de Shannon – Weaver (H') y Simpson (J')

Lote	H' (Bits-individuos)	J' Simpson
Enriquecimiento vegetal (E.V)	3,06	0,84
Nucleación (N)	2,54	0,82
Bosque productor (S.E.E)	2,7	0,86
Área de referencia (AR)	3,38	0,9

Las siglas E.V, S.E.E., Y N. son los nombres de las estrategias de restauración utilizadas en cada lote donde. EV= Enriquecimiento vegetal, S.E. E= Siembra de especie exótica y N= Nucleación, y donde AR= Son las siglas que representan el área de referencia.

Para los valores encontrados del área de referencia con respecto a los índices de diversidad de Shannon – Weaver (H') y Simpson (J') se tuvieron en cuenta los estudios realizados en bosques montano bajo del departamento del Cauca por Ospina y Gómez (2008), García *et al.* (2009), García *et al.* (2011), Ospina *et al.* (2013), Alvis *et al.* (2014) y Villalba *et al.* (2015). Obteniendo así, el valor promedio de los respectivos índices (cuadro 9).

Los resultados obtenidos están indicando que existe una diversidad relativamente alta, para Ev y Ar y diversidad relativamente baja para S.E.E y N (Cuadro 7) ya que de acuerdo con (Saporetti *et al.* 2003), valores por encima de 3,11 para el índice de Shannon-Weaver indican formaciones vegetales bien conservadas. Por otra parte, se debe destacar que el índice de diversidad de Shannon-Weaver (H ') considera, además de la riqueza de especies (S), la uniformidad de distribución de los individuos entre las especies. Así, aunque el S.E.E y N tienen una riqueza de especies menor que el Ev y Ar, estas

presentaron distribución equilibrada de individuos entre las especies. Esto fue confirmado por el índice de Pielou ( $J'$ ), el cual no presentó diferencia significativa entre los lotes restaurados. Sin embargo, todos los valores encontrados en este estudio fueron cercanos a la media de los observados en estudios fitosociológicos en el estado de São Paulo ( $J' = 0,8425$ ) (Tanus *et al.*, 2012; Colmanetti y Barbosa, 2013) y Composición, diversidad y similitud florística de una selva tropical semidecídua submontana en Marcelândia – MT ( $H' = 3,35$  y  $J' = 0,74$ ) (Ferreira *et al.*, 2008).

**3.2.3.2 Incremento medio anual. (IMA) y Área basal media.** Los parámetros de IMA y área basal media por ha, los cuales son indicadores que permiten evaluar el índice de sitio, el IMA fue bajo para los tres lotes, sin embargo, el bosque productor presentó un mayor IMA con 0,15 m (cuadro 8) este resultado no se encuentra dentro del promedio alcanzado por la especie a esta edad, esta especie a la edad de tres años se espera que tenga un IMA de 1,5 m (Montesinos, 1995), sin embargo este lote no ha sido sometida a ningún tratamiento silvicultural y esa puede ser una de las causas de su bajo desarrollo estructural y limitante para su crecimiento según Vignote *et al.* (2013). Para área basal media por ha el lote que menor proporción obtuvo fue el de los caballos (cuadro 10), los lotes de enriquecimiento vegetal y los caballos presentan una proporción baja, pero estos resultados pueden presentarse en especies nativas y exóticas utilizadas en diferentes estrategias de restauración, si estas estrategias no funcionan las especies presentan un desarrollo muy lento (Melo *et al.*, 2007).

Cuadro 10. Resultados de IMA y área basal media por ha por lote evaluado

Lote	IMA (m)	área basal media por ha (mxha)
Corredor biológico (E.V)	0,041	0,00024
Los caballos (N)	0,04	0,00005
Bosque productor (S.E.E)	0,15	0,002

Las siglas E.V, S.E.E., Y N. son los nombres de las estrategias de restauración utilizadas en cada lote donde. EV= Enriquecimiento vegetal, S.E. E= Siembra de especie exótica y N= Nucleación.

**3.2.3.3 Resultados y discusión de los Indicadores 3,4 y 5 (Desenvolvimiento de la restauración, confiabilidad control y manejo, y protección del suelo y ciclaje de nutrientes).** En el desarrollo de los individuos plantados durante la época de restauración los tres lotes de estudio obtuvieron un resultado que los clasificaron como desarrollo 1 (Anexo B). El bajo desarrollo estructural de los individuos es común en el desarrollo de las especies plantadas en proyectos de restauración, individuos que suelen presentar un crecimiento dendrométrico y de altura lento (Viani, 2018).

En los tres lotes se evidenció la presencia de especies invasoras en la cobertura del suelo, que se clasificaron como Herbáceas invasoras de las especies: *Brachiaria* y *Pteridium aquilinum* (L.) con un promedio del 37,6% en los tres lotes, esto podría deberse a que la restauración aún tiene una edad de 3 años y los individuos plantados no han alcanzado desarrollo de copas las cuales no permitan la incidencia de luz directa en el suelo, en este caso los individuos de los 3 lotes tienen un bajo desarrollo y la luz facilita la

formación de gramíneas invasoras (Resende, 2010; Rodríguez, 2014; Rezende y Vieira, 2019) al mismo tiempo en los tres lotes se evidenció alto porcentaje de regenerantes debido al reclutamiento o proceso de regeneración natural, los cuales en su mayoría son especies pioneras (Gonzalez *et al.*, 2011).

En los parámetros de porcentaje y altura en cm de hojarasca en el suelo (Anexo B), no fueron altos, el lote que mayor porcentaje y altura de hojarasca obtuvo fue el de enriquecimiento vegetal con valores de: 12% de hojarasca y 76,66% Lo que equivale en promedio a 4,3 centímetros de hojarasca que cubren el suelo (Anexo B). Según Salgado *et al.* (2015) este indicador es bueno para poder evaluar periódicamente el stock de materia orgánica y minerales en esas áreas, desempeñando importantes funciones en el equilibrio y dinámica de las áreas restauradas, en este caso según los resultados obtenidos el lote de enriquecimiento vegetal puede proporcionar condiciones más favorables en el suelo como protección y retención de humedad, generando así el desarrollo de organismos que favorecen el proceso de descomposición (Scoriza *et al.*, 2017), acción que permite la transferencia de materia orgánica y nutrientes al suelo, facilitando mantenimiento de la vegetación (Navarro *et al.*, 2004; Ranieri *et al.*, 2009; Pimenta *et al.*, 2011).

Sin embargo, se espera que con la evolución de la restauración incremente la producción de hojarasca en todos los lotes y que de esta manera se beneficie el ecosistema. En los lotes que existe la especie de *Q. humboldtii* se espera que en el futuro exista un mejor stock de materia orgánica, debido a que esta especie presenta una alta producción de materia orgánica anualmente (Navarro *et al.*, 2004; Cabezas *et al.*, 2008).

**3.2.3.4 Compactación y humedad.** En el cuadro 11 se muestran los resultados de humedad y compactación indicadores analizados por las pruebas de Shapiro-Wilk y Tukey, estos valores se presentan por cada lote evaluado incluyendo el área de referencia como punto de comparación.

Cuadro 11. Valores obtenidos para la prueba de Shapiro-Wilk y Tukey con la compactación y humedad del suelo

Lote	Compactación		Humedad	
	Shapiro-Wilk	Tukey	Shapiro-Wilk	Tukey
Área de referencia (Ar)	0,055	0,0046	0,054	0,0019
Corredor biológico (E.v)	0,097	0,0029	0,085	0,0011
Los caballos (N )	0,093	0,0027	0,084	0,0016
Bosque productor (S.E.E)	0,092	0,0026	0,092	0,0011

Las siglas E.V, S.E.E. y N son los nombres de las estrategias de restauración utilizadas en cada lote en proceso de restauración donde: EV= Enriquecimiento vegetal, S.E. E= Siembra de especie exótica y N= Nucleación.



Según la prueba de Shapiro-Wilk los datos presentan distribución normal. Por otra parte, en el análisis de varianza (ANOVA) Tukey, mostró homogeneidad de los datos el test de tuckey (Cuadro 8) evidenció una diferencia significativa en la compactación entre Ev, N y S.E.E con respecto a Ar. Esta diferencia entre se debe a que Ev, N y S.E.E han tenido intervenciones antrópicas y el Ar es un área conservada y con poca intervención. La compactación en el suelo conlleva a que se aumente la densidad aparente, la resistencia mecánica y destruye y debilita su estructuración. Los efectos que produce la compactación en las plantas es que provoca un menor desarrollo radical y por tanto un menor crecimiento de las plantas en su conjunto (Bello, 2008).

Por otra parte, cuando la compactación aumenta en el suelo impide que la humedad aumente, pues se pierde la capacidad de un buen drenaje o pérdida de la capacidad de infiltración de agua, lo cual origina erosión, escorrentías y degradación del suelo, esto afecta la fertilidad del suelo y en última instancia el desarrollo de las plantas (Solano, 2017). Finalmente, se debe tener en cuenta que no se logró evaluar la mejoría del suelo a través del tiempo debido a que en el momento de la implementación de la restauración en el año 2016 no se realizaron las pruebas de compactación y humedad del suelo en los lotes.

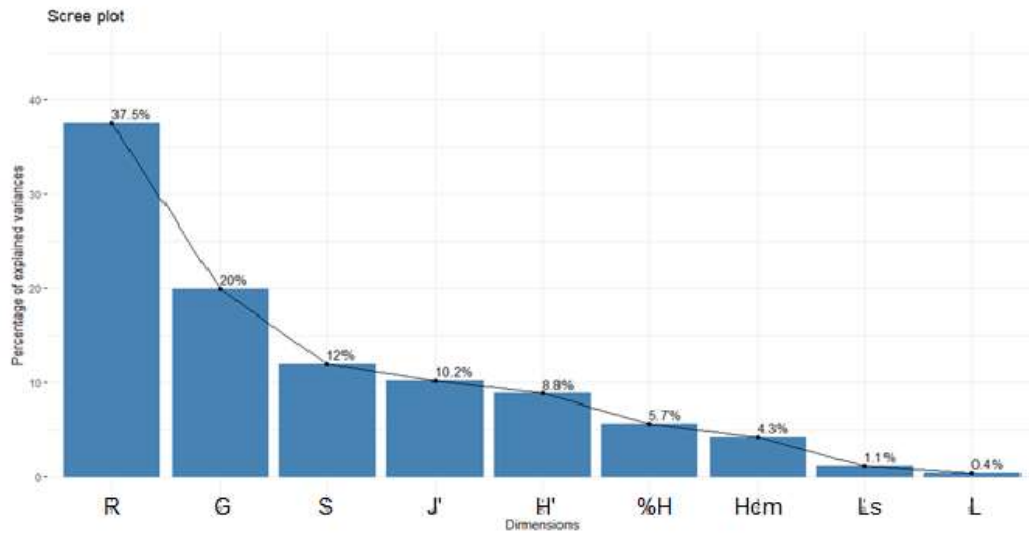
**3.2.3.5 Análisis estadístico.** Al realizar el análisis de componentes principales (ACP) de las 9 variables utilizadas para este estudio, se encontró que los cuatro primeros componentes principales (CP) explican el 79,67% de la variación (Cuadro 12).

Cuadro 12. Porcentaje de variación por componente principal

Componente principal	Valor propio	% de varianza	% de varianza acumulado
Regenerantes (R)	3,37	37,49	37,49
Gramíneas (G)	1,79	19,95	57,44
Riqueza (S)	1,08	12,00	69,45
Equitabilidad (J')	0,92	10,22	79,67
Diversidad (H')	0,79	8,83	88,5
%Hojarasca (H)	0,51	5,7	94,21

Lo cual significa que los datos son explicados mediante 4 componentes principales las cuales acumulan una variación del 79,67%, estos componentes son: regenerantes (R), gramíneas (G), riqueza (R) y Equitabilidad (J') como se puede observar de manera gráfica en la figura 18.

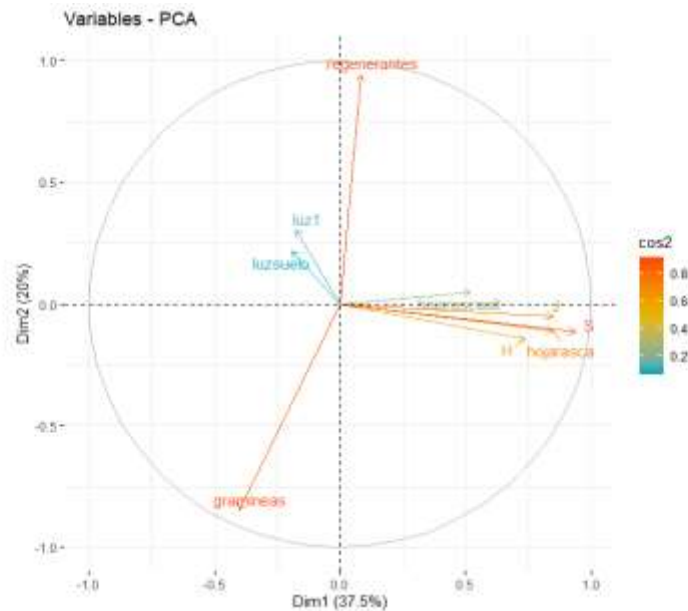
Figura 18. Scree plot de la variación en porcentaje de las 2 dimensiones seleccionadas por componentes principales



Según el análisis de las componentes principales (ACP), se puede demostrar que existen variables positivamente correlacionadas que se agrupan juntas, y que existen variables negativamente correlacionadas que están representadas en cuadrantes opuestas como es el caso de las gramíneas y regenerantes (figura 19).

Además de mostrar la distancia entre el punto de origen y su proximidad al eje de la circunferencia de correlación siendo éstas las variables que contribuyen de manera más significativa como lo son las gramíneas y regenerantes las cuales explican el 57% de varianza de los datos, en las dimensiones 1 y 2, seguido de la riqueza(s) y equitatividad(J) que en conjunto conforman el 79,67%, si incluimos la diversidad (H') obtendríamos el 87,9%.

Figura 19. Correlación (cos2), en las 2 dimensiones por componente principal



Las correlaciones de los componentes negativamente relacionados se pueden evidenciar en el anexo b, en donde se pudo observar que a mayor porcentaje de regenerantes menor número de gramíneas. según (Chazdon *et al.*, 2016; Rezende y Vieira, 2019) este patrón ecológico es inversamente proporcional debido a que la cobertura del suelo por gramíneas disminuye a medida que aumenta la cobertura del suelo por regenerantes.

El aumento de la cobertura vegetal por regenerantes es importante debido a que la regeneración natural es el proceso mediante el cual, a través del tiempo, se establece y modifica la composición y estructura de la vegetación en el ecosistema (Chazdon *et al.*, 2008). Además, el cambio de vegetación en el suelo permite evaluar si la regeneración natural realiza cambios en la composición florística y estructural del ecosistema restaurado (Gómez & Burley, 1991; Martins *et al.*, 2012).

Según el análisis de los componentes principales, expresados en la figura 13 precisamente en el cuadrante 2, se puede observar la correlación positiva que existe entre las variables de riqueza (S), diversidad (H') y equitatividad (J'), esto se debe según el autor (Medrano *et al.*, 2017) a que la riqueza de especies influye en la diversidad (H'), a mayor gradiente de especies mayor será la diversidad de un ecosistema, lo cual respalda (Marrugan, 1988) en estudios de diversidad y el indicador J' es proporcional a la diversidad en este caso las componentes principales muestran la abundancia equitativa de las especies por lote restaurado (Pielou, 1975).

**3.2.3.6 Análisis por resultado calificador para los lotes evaluados.** Según el protocolo de la MESMIS, se evidencia que los lotes seleccionados para el estudio tienen diferencias significativas entre ellos (Cuadro 13). En este Cuadro se encuentran los resultados del área de referencia el cual se escogió como escenario positivo para punto

de comparación y referencia de lo que deben ser en un futuro los puntos restaurados (Galetti *et al.*, 2017).

Cuadro 13. Valores obtenidos para los indicadores de los atributos de estabilidad, resiliencia y confiabilidad de los lotes de restauración evaluados

Parámetros	Indicadores	A.R	E.V	N	B.P
		Densidad de individuos			
Estabilidad y resiliencia	N° Individuos (IND/Ge)	3	2	1	1
	(H')	3	1	1	1
	(S)	3	3	2	2
	(J')	3	3	2	2
		3	2	2	2
Diversidad funcional	D(GE)	3	1	1	1
	AB(m <sup>2</sup> )	3	0	0	0
	F (eco)	3	1	1	1
Desenvolvimiento	altura individuos(HI)	2 (punto óptimo)	1	1	1
			Control y manejo		
Confiabilidad	%(L)	3	0	1	1
	(GI)	3	1	1	1
	(M)	3	0	0	0
Protección del suelo y ciclaje de nutrientes	C(RG)	3	2	2	2
	%h	3	0	0	0
	H h(cm)	3	3	2	3

De 0 a 1 (grado crítico - malo, inexistente o distinto del escenario positivo), 2 (grado aceptable) y 3 (grado deseado de sostenibilidad, similar al escenario positivo). Adaptada de (Galetti *et al.*, 2017; Piña-Rodriguez *et al.*, 2015). Este indicador permite concluir si las

estrategias utilizadas en el proyecto en proceso de restauración están siendo o no efectivas hasta el momento de la evaluación.

En estabilidad y resiliencia el lote que posee resultados similares al ecosistema de referencia fue el lote de Enriquecimiento vegetal en S y H, esto indica que en estos parámetros el lote restaurado está cumpliendo con las estrategias de estabilidad, los dos lotes restantes están en grado aceptable con una calificación de 2, estos lotes pueden mejorar y alcanzar un punto óptimo con el transcurso del tiempo (Rodríguez *et al.*, 2009).

En diversidad funcional, en los parámetros 1 y 2 los tres lotes monitoreados presentaron un punto crítico según la calificación de la Mesmis, estos resultados pueden presentarse debido a que el desarrollo de los individuos plantados es lento, a que las especies no se adaptan por completo al lote que se eligió para realizar el proceso de restauración, además de que existen factores externos que no se pueden controlar un ejemplo de estos son las largas temporadas de sequía, otro factor influyente es la falta de manejo y control de plagas en el ecosistema (Aguilar y Ramírez, 2015; Ferreira, 2006).

Desarrollo. En este indicador se evaluó por la altura de los individuos plantados ver Anexo a y Anexo b, el crecimiento de los individuos en el los lotes corredor biológico y los caballos, es más bajo que en el bosque productor, sin embargo los tres lotes se clasificaron con el índice de 1, lo que indica que se encuentran en estado crítico; para el bosque productor los individuos plantados son la especie *p. oocarpa*, la cual tiene un crecimiento más rápido y posee mayor adaptabilidad (Sanchez *et al*, 2014).

Los indicadores 4 y 5, en los tres lotes presentaron un estado crítico en porcentaje de hojarasca en el suelo con un índice calificador de 0, en estos casos la restauración es joven para que sus individuos presenten un alto porcentaje de hojarasca. según (Celentano *et al*, 2011) los porcentajes de hojarasca en el suelo son importantes para el aporte de nutrientes en el suelo y para permitir el desarrollo de sus individuos.

ICFE, el índice de consolidación de la funcionalidad ecológica muestra que los resultados para los tres lotes fue bajo Anexo b respecto al ICFE, del área de referencia , en este caso este valor indica que el ecosistema evaluado hasta el momento no es resiliente y no tiene una buena funcionalidad (Galetti *et al*, 2017).

#### 4. CONCLUSIONES

La mortalidad de las diferentes especies establecidas en el proyecto para procesos de restauración fue alta en los tres lotes, sin embargo, en los lotes corredor biológico y los caballos la mortalidad supero el 50%, lo que afecta directamente el proceso de restauración. Este parámetro al igual que los otros evaluados según los criterios de la MESMIS indica que las estrategias de restauración utilizadas en estos lotes no están siendo lo suficiente mente efectivas hasta el momento del estudio, o no son las indicadas para este caso.

La mortalidad de la especie en el lote bosque productor fue menor que en el resto de lotes, esto podría ser debido a que la especie establecida es *P. oocarpa*, y esta especie posee mayor adaptabilidad a los distintos sitios incluyendo lotes en estado de degradación.

El protocolo de monitoreo de la MESMIS, permitió evaluar de manera completa el proceso de desarrollo de la restauración y según los resultados realizar planificaciones de manejo que impulsen estos proyectos a mejorar sus procesos.

La incorporación de las políticas de la SMA 2008 y SMA 2014 asociadas al protocolo MESMIS, permitieron establecer parámetros calificativos como: óptimos, medios y bajos según las estrategias que se implementaron en el proyecto de restauración del área en proceso de restauración del departamento del Cauca.

Se puede evidenciar que las estrategias de restauración utilizadas para el proyecto no están actuando de manera efectiva sobre la recuperación del ecosistema, hasta el momento de la evaluación, sin embargo, la evaluación cuenta con parámetros efectivos como la regeneración la cual se asoció de manera efectiva en los lotes restaurados debido a la cercanía de fragmentos de bosque.

Ninguno de los lotes restaurados hasta el momento de evaluación, según el índice de consolidación de la funcionalidad, ha sido eficiente en la restauración, todos los lotes presentan deficiencia en distintos parámetros de funcionalidad. Se espera que este índice mejore a medida que transcurra el tiempo y mejoren los procesos de restauración en cada lote evaluado.

Los lotes restaurados para poder mejorar el índice de consolidación de la funcionalidad, deben ser sometidos a técnicas de manejo y prácticas silviculturales para encaminarlos nuevamente hacia un estado de restauración.

La regeneración reclutada por el proyecto de restauración presento un alto número de individuos, y un mayor número de especies que las que se establecieron en el proyecto, dando un alto valor a los índices de diversidad y Equitabilidad al ecosistema, estos resultados indican que este parámetro favorece la recuperación del ecosistema por lo cual se debe seguir monitoreando este parámetro en los tres lotes, debido a que la regeneración permite recuperar la estructura original, y gran parte de la flora y fauna perdida.

De acuerdo con el estudio de compactación y humedad a pesar del tiempo transcurrido desde el inicio de la restauración la compactación sigue siendo alta y la humedad relativamente baja, por lo que se define que estas variables si son influyentes en los procesos de desarrollo de los individuos.

## 5. RECOMENDACIONES

Se recomienda hacer monitoreos de compactación y humedad en áreas restauradas y áreas de referencia, los cuales pueden ser incluidas como parámetros de evaluación del suelo en los monitoreos.

Realizar la evaluación por lotes en los que se establezcan las necesidades de las especies establecidas como: control de plagas, fertilización y densidad de siembra por especie, que asegure un mayor número de individuos sobrevivientes por lote en proceso de restauración.

Se recomienda realizar manejo de herbáceas invasoras y de hormiga arriera en los tres lotes evaluados, debido a que los controles de estos factores permiten disminuir la mortalidad de los individuos plantados en los proyectos de restauración.

Realizar aislamiento de los tres lotes evaluados por cercado, para evitar alteraciones antrópicas que interfieren en el proceso de desarrollo de los individuos plantados.

Incluir en los procesos de monitoreo, el seguimiento a las comunidades, para evidenciar el acercamiento de las comunidades con los proyectos de restauración.

Se deben establecer políticas públicas ambientales, que incluyan pautas para la restauración en Colombia y que estas políticas incluyan en los procesos de restauración los protocolos adaptativos de monitoreo con indicadores que permitan verificar si estos proyectos reflejan avances positivos o negativos.

Establecer criterios y procedimientos para la recuperación y uso sostenible de los ecosistemas restaurados, que incluyan el monitoreo de especies nativas del departamento del Cauca Colombia, que dichos criterios estén respaldados por políticas ambientales que se ejerzan en todo el país.

Realizar actividades de control y manejo a proyectos de restauración que permitan el desarrollo óptimo de estos procesos sobre el ecosistema.

Realizar prácticas silviculturales como: control de hormigas, control de malezas y realizar el aislamiento de los lotes en proceso de restauración por medio de cercado, para evitar que factores externos influyan en el desarrollo de los individuos plantados en los tres lotes.



Se recomienda seguir evaluando la regeneración reclutada por el proyecto, para verificar si se puede cumplir con la recuperación de áreas degradadas con la estrategia de restauración denominada regeneración pasiva en el departamento del Cauca y Colombia.

#### **BIBLIOGRAFÍA**

ACOSTA, V.H.; ARAUJO, P.A. e ITURRE, M.C. Caracteres estructurales de las masas. Cátedra de Sociología vegetal y Fitogeografía forestal. Facultad de Ciencias Forestales , Universidad Nacional de Santiago del Estero. Argentina: 2006, pág. 9-19. ISBN 978-987-1676-34-7.

AGUILA GARAVITO, M. y RAMÍREZ, W. Monitoreo a procesos de restauración ecológica aplicado a ecosistemas terrestres. En A. G. Aguila y Ramírez. Bogota, Colombia: Editorial Alexander von Humboldt.2015. ISBN : 978-958-8889-30-6.

ALENCAR DE ANDRADE, F.A. Análise da eficiência de protocolo de indicadores de funcionalidade ecológica como ferramenta para o monitoramento de áreas de restauração em floresta estacional semi-decidual. Tesis Posgrado en Agroecología y Desarrollo rural PPGADR-Ar. Universidad Federal de Sao Carlos. Brasil: 2017.

ALMEIDA COLMANETTI, M.A y BARBOSA, L.M. Fitossociologia e estrutura do estrato arbóreo de um reflorestamento com espécies nativas em Mogi-Guaçu, SP, Brasil. En: Hoehnea, 2013, vol. 40, no. 3, pág. 419-435.

ALVIS GORDO, J.F. Análisis estructural de un bosque natural localizado en la zona rural del municipio de Popayán. En: Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 2009, vol. 7, no. 1, pág. 118.

\_\_\_\_\_ ; CAMPO IMBACHI, J.E y PEREZ SOLARTE, R.S. Caracterización florística de tres bosques en el corregimiento San Juan de Villalobos, municipio de Santa Rosa departamento del Cauca. En Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agrarias. Popayán: 2014, pág. 46-47.

ARMENTERAS, D. y RODRÍGUEZ E., N. Forest deforestation dynamics and drivers in Latin America: a review since 1990. En: Colombia Forestal, 2014, vol. 17, no. 2, pág. 233-246.

ARONSON, J; CLEWELL, A; BLIGNAUT. J y SUE, M. Ecological restoration: A new frontier for nature conservation and economics. En: Journal for Nature Conservation, 2006, vol. 8. ISBN 978-1-59726-169-2.

ÁVILA RODRÍGUEZ, L.A. Control de gramíneas exóticas en zonas de páramo alterado a través de matrices de leguminosas arbustivas y herbáceas para la conformación de núcleos de regeneración. Tesis Maestría en Ciencias Biología, Universidad Nacional Colombia- Facultad de Ciencias. Departamento de Biología. Bogotá-Colombia: 2014.

BEDOYA BLANDÓN, A.M. y PACHÓN SUÀREZ, D.Y. Propuesta para la inclusión de la restauración ecológica en la estrategia REDD+ en Colombia, estudio de caso: Jurisdicción CORPOCHIVOR. Tesis Maestría en Gestión Ambiental. Facultad de Estudios Ambientales y Rurales. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá: 2014.

BELLO FUENTES, A.J. La degradación de suelos en el municipio de Calpulalpan, estado de Tlaxcala y su impacto en el medio ambiente. Tesis Maestría en Ciencias con Especialidad en Medio Ambiente y Desarrollo Integrado. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo CIIEMAD. México: 2008.

BENAYAS, J.; NEWTON, A.; DÍAZ, A. y BULLOCK, J. Enhancement of biodiversity and ecosystem services by ecological restoration: a meta-analysis. En: Science, 2009, vol. 325, no. 5944, pág. 1121.

BOHÓRQUEZ, D.C. Determinación del potencial de restauración ecológica en el Parque Nacional Enrique Olaya Herrera, II Etapa. En: Colombia Forestal, 2013, vol. 16, no. 2, pág. 200-2015. ISBN: 0120-0739.

BRANCALION, P.; GORNE VIANI, R.A; RIBEIRO RODRIGUES, R y GANDOLFI, S. Avaliação e monitoramento de áreas em processo de restauração. En: Restauração Ecológica de Ecossistemas Degradados, 2013, vol. 1, no. 1, pág. 262-293.

BRASIL. SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO. Resolução SMA no 189. Fixa a orientação para o reflorestamento heterogêneo de áreas degradadas e dá providências correlatas. Diário Oficial do Estado de São Paulo. SMA: 20, diciembre, 2008.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Resolução SMA no 32. Fixa a orientação para o reflorestamento heterogêneo de áreas degradadas e dá providências correlatas. Diário Oficial do Estado de São Paulo – SMA, 5, abril, 2014.

BRUNNER, R. y CLARK, T. Practice-based Approach to Ecosystem Management. En: Conservation Biology, 1997, vol.11, pág. 48-58. ISBN: 1523-1739.

CABEZAS G., M.; PEÑA B., F.; JANIER D., C. y MORENO, A.F. Dosel de tres especies forestales y su relación dosel árboles y adaptación a suelos degradados por erosión. En: La Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica, 2008, vol. 11, no. 2, pág. 175-185.

CAMARGO, O.A. y ALLEONI, L.R. Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas. Piracicaba, Degaspari, 1997. p.132.

CAMPO KURMEN, J.M. Estructura, riqueza y composición de plantas arborescentes en un bosque de Niebla. En: Acta Biológica Colombiana, 2010, vol. 15, no. 2, pág. 247-261.

CASTRO, J.; ZAMORA, R.; HÓDAR J.A. y GÓMEZ, J.M. Use of shrubs as nurse plants: a new technique for restoration in mediterranean mountains. En: Restoration Ecology, 2002, vol. 10, pág. 297-305.

CELENTANO, D.; ZAHAWI, R.; FINEGAN, B.; CASANOVES, F.; OSTERTAG, R.; COLE, R. & HOLL, K. Restauración ecológica de bosques tropicales en Costa Rica: efecto de varios modelos en la producción, acumulación y descomposición de hojarasca. En: Revista de biología tropical, 2011, vol. 53, no. 3, pág. 1323-1336. ISBN 10.15517/rbt.v0i0.3402.

CHAZDON, R.L; BRANCALION, P.; LAESTADIUS, L.; BENNETT CURRY, A.; BUCKINGHAM, K.; KUMAR, C.; MOLL ROCEK, J.; GUIMARÃES VIEIRA, I.M y WILSON, S.J. ¿Cuándo es un bosque un bosque? Conceptos y definiciones forestales en la era de la restauración forestal y paisajística. 9, marzo, 2016, pág. 1-23.

\_\_\_\_\_ ; VILCHEZ ALVARADO, R. y MILLA QUESADA, V. Dinámica de la regeneración en cuatro bosques secundarios tropicales de la región Huetar Norte, Costa Rica. Su valor para la conservación o uso comercial. En: Recursos Naturales y Ambiente, 2008, vol. 3, no. 55, pág.118-128.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Estrategias Integrales de Control a la Deforestación y Gestión de los Bosques. Bogotá: 2017, pág. 15-22.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Estrategias Integrales de Control a la Deforestación y Gestión de los Bosques. Bogotá: 2017, pág. 15-22.

COUNCIL FOREST. Pautas de restauracion ecológica para cumplir con estándares FSC en Chile. 2014. ISBN 7500795.

DÍAZ MARTÍN, R.; VELASCO LINARES, P. y VARGAS, O. Los parches de especies pioneras colonizadoras de potreros y su papel en la reintroducción de plantas leñosas del bosque alto andino. En: Estrategias para la restauración ecológica del bosque alto andino. 2a. ed., Capítulo 10. Universidad Nacional de Colombia. 2008.

DÍAZ TRIANA, J.E.; VARGAS RÍOS, O.; REYES BEJARANO, S.P. y GÓMEZ RUIZ, P.A. Guías técnicas para la restauración ecológica de los ecosistemas de Colombia. Universidad Nacional de Colombia- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá: 2014.

DUARTE, N.; CUESTA, F.; TERÀN, A.; PINTO, E.; ARCOS, I. & SOLANO, A. Protocolo para monitoreo de áreas de restauración ecológica en los bosques montanos de la cordillera occidental del Ecuador. CONDESAN. K. Musalem Editores, Versión 1, 2017, pág. 1-92.

ESPEELMAN, E.; ASTIER, M. y GALVÁN, Y. Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque Dinámico y multidimensional. En: Sistematización y análisis de las experiencias metodológicas del macro MESMIS. Capítulo II. 1a. ed. Mundi-Prensa México. México D.F.: 2007, vol. 1. ISBN:978-84-612-5641-9.

ESTRADA, C.E. Densidad de la regeneración natural en bosques de coníferas de la UCODEFO no. 4 de San Dimas, en C. E. Márquez. Evaluación de la regeneración natural en bosques de pino de la UCODEFO no. 4 de Durango, México. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, Nuevo León, México: 1997, pág. 1-116.

EVANS, K.A y GUARIGUATA, M.R. Éxito desde la base, El monitoreo participativo y la restauración de bosques. En: CIFOR, Centro para la Investigación Forestal Internacional. Occasional paper, 2016, vol. 167, pág. 1-56. ISBN 978-602-387-050-9.

FAO. Restauración de Bosques y Paisajes. En: UNASYLVA Revista internacional sobre bosques y actividades e industrias forestales, 2015, vol. 66, no. 3. ISSN 0251-1584.

FERREIRA JÚNIOR, E.V.; SOARES, T.S.; FERNANDES DA COSTA, V.; MORAES, S. y SILVA. Composição, diversidade e similaridade florística de uma floresta tropical semidecídua submontana em Marcelândia – MT. En: Acta Amazónica, 2008, vol. 38, no. 4.

GARCIA ROMERO, H. Deforestación en Colombia: Retos y perspectivas. En: Science Direct, 2014, pág. 10-11.

GARCÍA SOLÓRZANO, C.; DAZA GARCÉS, M. y SUÁREZ ORDOÑEZ, C. Estructura, composición y diversidad florística de dos bosques naturales ubicados en el municipio de

Buenos Aires, departamento del Cauca. En: Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 2009. P.58.

\_\_\_\_\_; MARÍN PALADINES, H., MORIONES RUIZ, D., MUÑOZ MUÑOZ, M. y VALENCIA AGUILAR, C. Estructura, composición y diversidad de los bosques naturales de Smurfit Kappa Cartón de Colombia: Popayán y Cajibío. En: Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 2011.

GARCIA, H. Deforestación en Colombia: Retos y perspectivas. En: Science Direct, 2014, pág. 10-11.

GÓMEZ POMBA, A. y BURLEY, F. The management of natural tropical forest. En: Gómez-Pompa, A., Whitmore, T.C. y Handley, M. Rain Forest Regeneration and Management. UNESCO. Paris, Francia: 1991, pág. 3-18.

GÓMEZ RUIZ, P.A y VARGAS RÍOS, J.O. Rasgos de historia de vida de especies pioneras en la Reserva Natural. En: Acta Biológica Colombiana, 2006, pág.11.

GONZALEZ V., N.; OCHOA G., S.; POZO, C.; GORDON F., B.; RANGEL R., L.J.; ARRIAGA W., S.L.; PONCE M., A. y KAMPICHLER, C. Indicadores ecológicos de hábitat y biodiversidad en un paisaje neotropical: perspectiva multitaxonómica. En: Biología Tropical, 2011, vol. 59, no. 3, pág.1-19.

GRUPO TAR. Naturalización de Balsas y Entornos Mineros. Universidad de Sevilla. España: 2014.

HAMMER, Oyvind. Past: paleontological statistics software pack-age for education and data analysis. En: Paleontología electrónica, 2001, pág. 1-9.

HOLL, K. y CAIRNS, J. Monitoreo y Evaluación. En: Handbook of Ecological Restoration. Martin Perrow & Anthony Davy Eds. Cambridge University Press, 2002, vol.1, pág. 411-32. Doi: 10.1017 / CBO9780511549984.023

HOLLAND, A.M.; RUTLEDGE, B.; JACK, S. y STOBBER, J. The Longleaf pine forest: Long-term monitoring and restoration of a management dependent ecosystem. En: Journal For Nature Conservation, 2018, vol. 47, no. 35. ISBN Org/10.1016/j.jnc.2018.11.006.

HUSCH, B.; BEERS, T.W. y KERSHAW, J.A. Forest Mensuration. 3a. ed. Krieger Publishing Company. USA:1993.

KESLER RÍOS, M. y KATTAN, G. Frutas de Melastomataceae: fenología en el bosque andino y papel como recurso alimenticio para las aves. En: *Journal of Tropical Ecology*, 2012, vol. 28, no. 1, pág. 11-21.

KULL, T.; GRUBER, B.; HENLE, K.; SCHMELLER, D.; TALI, K.; KALEVI, K.; SAMMUL, M. y LANNO, K. Necessity and reality of monitoring threatened European vascular plants, En: *Biodiversity and Conservation*, 2008, vol. 11, pág. 3383-3402. ISSN: 10531-008-9432-2.

LANARY, M. y COUTINHO, R. Biodiversidad y funcionamiento del ecosistema: Síntesis de un paradigma y su expansión en ambientes marinos. En: *Oecologia Australis*, 2010, vol. 14, no. 4, pág. 975-1003.

LE, S. FactoMineR: análisis factorial y minería de datos con R. *Diario de software estadístico*. 2010.

LOUMAN, B. Medición y Cálculo de Áreas en el Bosque. *Inventarios forestales en bosques latifoliados en América Central*. Vol. III. Lorena Orozco & Cecilia Brumer Eds. Catie. Turrialba, Costa Rica: 2002, pág. 60-71. ISBN: 9977-57-384-0.

MAGLIANESI SANDOZ, M.A. Restauración ecológica: perspectiva histórica e implicaciones éticas de una disciplina en crecimiento. En: *Biocenosis*, 2011, vol. 25, no. 2.

MAGURRAN, A. *Ecological Diversity and its Measurement*. Princeton University. Princeton, NJ: 1988, pág. 179.

MAGURRAN, A.E. *Diversidad Ecológica y su medición*. VEDRÁ Eds. Princeton University, 1998, vol. 1.

MALLMAN, I.T. & SCHMITT, J.L. Riqueza e composição florística da comunidade de samambaias na mata ciliar do rio cadeia, rio grande do sul, Brasil. En: *Ciência Florestal*, 2014, vol. 24, no. 1, pág. 97-109.

MANLY, B.F. *Análisis multivariado. Métodos estadísticos multivariados*. S.L. Carrnona, Trad, 2008, vol. 3, pág. 43. ISBN 978-85-7780-1855.

MARIMON, B.; MEWS, H.A; RODRIGUES PINTO, J.R y SILVERIO, D.V. Dinâmica estrutural da comunidade lenhosa em Floresta Estacional Semidecidual na transição Cerrado-Floresta Amazônica, Mato Grosso, Brasil. En: *Acta Botanica Brasilica*, 2011, vol. 25, no. 4. ISBN 0102-3306.

MARTINS ROMERO, C.; LEITE, L.L; HARIDASAN, M. Capim-gordura (*Melinis minutiflora* P. Beauv.), uma gramínea exótica que compromete a recuperação de áreas degradadas em unidades de conservação. En: Revista Árvore, 2004, vol. 28, no. 5, pág. 739-747.

MARTINS, S.V.; RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S. y CALEGARI, L. Ecologia de Florestas Tropicais do Brasil. Sucessão Ecológica: Fundamentos e Aplicações na Restauração de Ecossistemas Florestais. Martins, S. V. Eds. Viçosa, Brasil: 2012, pág. 21-52.

MASERA, O.; ASTIER, M.; LÓPEZ, S.; GALVÁN, Y.; ORTIZ, T.; GARCÍA, L.; GARCÍA, R.; GONZALES, C. y ESPEELMAN, E. Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque Dinámico y multidimensional. Capítulo I: La experiencia del Marco MESMIS. Proyecto de evaluación y sustentabilidad MESMIS. Vol. 1. México D.F.: 2007. ISBN:978-84-612-5641-9.  
MASERA, O.; ASTIER, M. y LÓPEZ RIDAURA, S. Sustentabilidad y Manejo de Recursos Naturales. El marco de evaluación MESMIS. Vol. 1. Editorial Mundi-Prensa. Mexico: 1999.

MEDRANO, M.J.; HERNÁNDEZ, F.J.; CORRAL RIVAS, S. y NÀJERA LUNA, J.A. Tree diversity at different altitude levels in the El Salto, Durango region. En: Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 2017, vol. 8, no. 40, pág. 57-68.

MELI, P. Restauración ecológica de bosques tropicales. Veinte años de investigación académica. En: Interciencia, 2003, vol. 28, no. 10. ISBN 581-589.

MELO GALVAO, A.C. La cobertura del dosel y estructural indicador de desarrollo restauración de la reforestación de los bosques de ribera en el valle medio del Paranapanema. En: Revista Árbol, 2007, vol. 31, no. 2, pág. 321-328.

\_\_\_\_\_ ; MACEDO REIS, C. y RESENDE, R.U. Guía para monitoramento de reflorestamentos para restauração . En: Circular Técnica 1. São Paulo: SMA-SP. Enero. 2010.

\_\_\_\_\_ y DURIGAN, G. Evolução estrutural de reflorestamentos de restauração de matas ciliares no Médio Vale do Paranapanema. En: Scientia Forestalis, 2007, vol. 73, pág. 101-111.

MIYAWAKI, A. Creative Ecology: Restoration of Native Forests by Native Trees. En: Plant Biotechnology, 1999, vol. 16, no.1, p. 15-25.

MOLARES, S. y ROVERE, A.E. Restauración en la reserva de la biósfera andino-norpatagónica: propuesta ecológica y etnobotánica. En: ScienceDirect, 2014, pág. 5-8.

MONTES, F. Informe principal forestales mundiales 2010. FAO. 2010. ISBN 1020-462.

MONTESINOS, M.J. Pino (*Pinus oocarpa* Schiede). En: Revista Forestal Centroamericana, 1995, vol. 1, no. 12.

MORENO, C.E. Metodos para medir la Biodiversidad. P.I. Desarrollo Eds. Manual y Tesis SEA. 2001, vol. 1.

NAVARRO, C.M; PÉREZ RAMOS, I.M. & MARAÑÓN, T. Aporte de hojarasca al suelo en un bosque mediterráneo. Instituto de Recursos Naturales y Agro biología de Sevilla, CSIC. En: Revista Comunicaciones Almoraima, 2004, vol. 31, no. 4, pág. 119-129.

NIKLISSON, M.A. Comparison of three age determination methods for suppressed Norway spruce: implications for age structure analysis. En: Forest Ecology and Management, 2002. ISBN 161:279-288.

NOGUEIRA SCORIZA, R.; FERNANDES CORREIRA, M.E. y RIBEIRO DE SILVA, E.M. ¿O estoque de serrapilheira é eficiente como indicador ambiental em fragmentos florestais de encosta? En: Revista Brasileira de Ciencias Agrarias, 2017, vol. 12, no. 1, pág. 79-85.

NORDEN, N. Del porqué la regeneración natural es tan importante para la coexistencia de especies en los bosques tropicales. En: Colombia Forestal, 2014, vol. 17, no. 2, pág. 247 - 261. ISBN 10.14483.

OLOSCAGUA VARGAS, D.; MERCADO GÓMEZ, J. y SANCHEZ MONTAÑO, L.R. Análisis de la vegetación sucesional en un fragmento de bosque seco tropical. En: Colombia Forestal, 2016, vol. 19, no. 1, pág. 23-40.

ORTIZ, E. y CORREA, F. Estadística básica para inventarios forestales. Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central. Volumen: III. Lorena Orozco & Cecilia Brumer Eds. Catie. Turrialba, Costa Rica: 2002, pág. 87-90. ISBN: 9977-57-384-0.

OSPINA MONTEALEGRE, R. y GÓMEZ GIRÓN, N.A. Estudio florístico de dos sitios localizados en el sector el Cóndor del Parque Nacional Munchique, municipio de el Tambo, departamento del Cauca, Colombia. En: Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 2008. P. 48.

\_\_\_\_\_; SARRIA MOSQUERA, A.P. y ROVIS VELÁSQUEZ, J.A. Caracterización florística y estructural del bosque natural de la Reserva Arrayanales, en la vereda



Quintana, municipio de Popayán. En: Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 2013. P. 42.

PARRA O., C. Sinopsis de la familia Myrtaceae y clave para la identificación. En: Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 2014, vol. 267, no. 77, pág. 261-278.

PENSANDO F., J.A; SANCHEZ V., L.R; PINEDA, M.R y DIAZ F., F. Plantaciones forestales vs. regeneración natural in situ: el caso de los pinos y la rehabilitación en el parque nacional cofre de perote. En: Botanical Sciences, 2014, vol. 92, no. 4, pág. 617-622.

PÉREZ-RAMOS, I.M. y MARAÑÓN, T. Patrones de emergencia y supervivencia de plántulas de especies leñosas en un bosque manejado. Congreso de la Asociación Española de Ecología Terrestre (7: Barcelona, julio, 2-4, 2003, pág. 464-477).

PFEFFER, M.D. Regression based age estimates of yellow pine saplings, Jefferson National Forest, Virginia. Tesis Licenciatura. Universidad de Tennessee. Knoxville: 2005.

PIELOU, E.C. Ecological diversity. John Wiley & Sons Eds., 1975.

PIMENTA, J.A.; BOPP ROSSI, L.; DOMINGUES TOREZAN, J.M.; CAVALHEIRO, A.L. y BIANCHINI, E. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de um reflorestamento e de uma floresta estacional semidecidual no sul do Brasil. En: Acta Botanica Brasilica, 2011, vol. 25, no.1.

PIÑA RODRÍGUES, F.; SANTANA DE SILVA, J.M; PIOTROWSKI, I.; ROSA LOPES, G.; GALETTI, G.; SILVEIRA FRANCO, F. y RODRIGUES ALVARES, S.M. Protocolo de monitoramento da funcionalidade ecológica de áreas de ecológica de áreas de restauração. 2015. ISBN 10.13140/RG.2.1.2324.1681

\_\_\_\_\_; FONSECA y BLANCO. Proposta de protocolo de monitoramento de áreas degradadas e sistemas agroflorestais. Informe Técnico UFSCAR. Sorocaba Brasil: 2012.

POSADA, J.M; SIERRA GIRALDO, J.A; SANIN, D. y COCA, L.F. Catálogo comentado de las especies de Melastomataceae de un bosque húmedo a orillas del Río Cauca. En: Boletín Científico Museo de Historia Natural, 2016, vol. 20, no. 1, pág. 1-10.

RANIERI R., P.; GERVAIO P., M. y TAVARES DE M., L.F. Aporte de nutrientes e decomposição da serapilheira em três fragmentos florestais periodicamente inundados na ilha da marambaia, RJ. En: Ciência Florestal, 2009, vol. 19, no. 2, pág.139-148.

RESENDE, R.U. y MACEDO REIS, C. Circular técnica Projeto Mata Ciliar. En: MELO, A.C. Guia para Monitoramento de Reflorestamentos para Restauração. Vol. 1. Brasil: 2010.

REZENDE, G.M. y VIEIRA, D. Restauración de bosques en el sur de la Amazonia: la preparación del suelo desencadena la regeneración natural. EN: Ecología y Gestión Forestal, 2019, vol. 433, pág. 93-104.

RODRIGUES, R.; BRANCALION, P. y GANDOLFI, S. Restauração florestal. Conshelo. Editorial. Sao Paulo, Brasil: 1999. ISBN:978-85-7975-019-9.

RODRIGUES, R.; LIMA, R.; GANDOLFI, S. y NAVE, A. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. En: Biological Conservation, 2009, vol. 142, no. 2, pág. 1242–1251.

RONDONI TANUS, M.; PASTORE, M.; SIMAO BIANCHINI, R. y CABRAL GOMEZ, E.P. Estrutura e composicao de um trecho de Mata Atlantica no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, Sao Paulo. Brasil. En: Hoehnea, 2012, vol. 39, pág. 157-168.

ROTA AGULERA, M.J y SALCEDO GARCÍA, L.H. Análisis de estructura de la propiedad en el municipio de Cajibío Cauca. INCODER. En: Centro de estudios interculturales, 2013, vol. 2, no. 1, pág. 1-67.

RUALES ESPAÑA, F. y MANRIQUE PERDOMO, C. Use of Principal Component Analysis for building up a production-type index for Romosinuano (*Bos taurus*) cattle. En: Ciencias pecuarias, 2007, vol. 20, no. 3, pág. 124-128.

SALGADO, E.V. Patrones de lluvia y la contribución de la basura en el bosque tropical seco de la Caatinga. En: Revista Ciencia Agronómica, 2015, vol. 46, no. 2. ISSN 299-309.

SÁNCHEZ MELO, Adriano. ¿O que ganhamos confundindo riqueza de espécies e equabilidade em um índice de diversidade? U.F. UFRGS Eds. En: Biota Neotropica, 2008, vol. 8, no. 3.

SÁNCHEZ SÁNCHEZ, O.; ISLEBE, G. A y VALDEZ HERNÁNDEZ, M. Flora arbórea y caracterización de gremios ecológicos en distintos estados. En: Foresta Veracruzana, 2007, vol. 9, no. 2, pág.17-26.

SANQUETA, C.; WATZLAWICK, C.; FERNANDES y SIQUEIRA. Inventarios Florestais: Planejamento Execucao. Carlos Roberto Sanqueta Editor. Livrarias Curitiba, Brasil: 2009, vol. 3.

SANTOS CALDERON, J.M. y JIMENEZ, T. Acuerdo final para la terminación del conflicto y la construcción de una paz estable y duradera. Bogotá, Colombia: 2016.

SAPORETTI, A.W.; MEIRA NETO, J.A. y ALMADO, R. Fitossociologia de cerrado sensu stricto no municipio de Abaeté, MG. *Árvore*. 2003, pág. 413-419.

SOLANO, J.M. Establecimiento de parcelas de escorrentía para la estimación de la erosión hídrica generada por la actividad ganadera de la microcuenca del río Santa Rosa, Guanacaste. San Carlos: Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica: 2017.

SORANDO, R.; COMÌN, F.A. y MORENO, S. La restauración ecológica de los Ojos de Monreal. En: *Xiloca*, 2007, vol. 35, no. 1, pág. 127-152. ISBN: 0214-1175.

SOTOMAYOR, A.; HELMKE, E. y GARCÍA, E. Manejo y mantención de plantaciones de *Pinus radiata* y *Eucalyptus sp.* INFOR. Gobierno de Chile: 2002.

TEIN, M.; GANN, G.D; JONSON, J. y DIXON, K. Estándares internacionales para la práctica de la restauración ecológica, incluyendo principios y conceptos clave. Society for Ecological Restoration SER. 1a. ed. Diciembre, 2016.

TUBINI, R. Comparación entre regeneración de especies nativas en plantíos abandonados de *Eucalyptus saligna* Smith y en fragmento de bosque ombrófilo denso en São Bernardo do Campo. En: *Ecología de Agro ecosistemas*, 2006. ISBN D.91.2006.tde-12.072.006-153.217.

VALLADARES, F.; BALAGUER, L.; MOLA, I.; ESCUDERO, A. y ALFAYA, V. Restauración ecológica de áreas afectadas por infraestructuras de transporte. Bases científicas para soluciones técnicas. Fundación Biodiversidad. Madrid, España: 2011, vol. 1, pág. 3-164.

VARGAS RÍOS, O. Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque alto andino. Universidad Nacional de Colombia. Convenio Interinstitucional Acueducto de Bogotá. Jardín Botánico. Secretaría Distrital de Ambiente. En: *Research Gate*, 2007, vol. 1, no. 1, pág. 1-194. ISBN: 978-958-701-908-7.

\_\_\_\_\_. La restauración ecológica en la práctica. Simposio Nacional de Experiencias en Restauración Ecológica (2: Universidad Nacional de Colombia). En: Virtual Pro, 2011, vol. 1, no. 1. pág. 1-636. ISBN 978-958-719-741-9.

\_\_\_\_\_. Restauración ecológica: Biodiversidad y conservación. En: Acta biológica colombiana, 2011, vol. 16, no. 2. ISSN: 0120-548X.

\_\_\_\_\_; DIAZ TRIANA, J.E.; REYES BEJARANO, S.P. y GOMEZ RUIZ, P.A. Guías técnicas para la restauración ecológica de los ecosistemas de Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial - Universidad Nacional de Colombia. 2012.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_. Guía técnica para la restauración ecológica de los ecosistemas. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá: 2010.

VARGAS, E.D. Plan de manejo de la hormiga arriera en el municipio de Campohermoso Boyacá. Alcaldía Municipal de Campohermoso Boyacá. Colombia: 2018.

VARGAS, W. Una breve descripción de la vegetación, con especial énfasis en las pioneras intermedias de los bosques. En: Colombia Forestal, 2015, vol. 18, no. 1. pág. 47-70.

VÁSQUEZ VALDERRAMA, M. y SOLORZA BEJARANO, J. Agrupación funcional de especies vegetales para la restauración ecológica de ecosistemas de montaña. En: Colombia Forestal, 2018, vol. 21, no. 1, pág. 5-17.

VIANI, R. Monitoramento da restauracao florestal. Universidad e Federal de São Carlos (UFSCAR). Brasil: 2015.

\_\_\_\_\_; BARRETO, T.; FARAH, F.; RODRIGUES, R. y BRANCALION, P. Monitoring Young Tropical Forest Restoration Sites: ¿How Much to Measure? En: Tropical Conservation Science, 2018, vol. 11, no. 9, pág. 1-17. ISSN 1940082918780916.

VIGNOTE, S.V.; VILLASANTE, A.; MARTÍNEZ ROJAS, I. Silvicultura y calidad de madera. Biblioteca virtual Universidad Politécnica de Madrid, 2013, vol. 20, no. 2, pág. 1-20. doi:<http://oa.upm.es/21580/>.

VILLALBA MALAVER, J.C; CAMILO GÓMEZ, S.E y SALAMANCA ANAYA, M.T. Caracterización del bosque natural en los agro ecosistemas de producción cafetera en el Altiplano de Popayán, departamento del Cauca. En Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias. 2015. P. 49.

\_\_\_\_\_; MOLINA SALAZAR, A y SANTIAGO VELASCO, Y. Caracterización de la composición, estructura y diversidad de la vegetación en el Parque Nacional Natural Puracé, San Sebastián- Cauca. En Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 2011. P. 41.

VIVAS MANZANO, L.H.; VIVAS, B.; FAJARDO, O.I.; ZAMORA LEON, H.L.; FERNANDEZ OLAVE, S.; VARGAS FERNANDEZ, E.M. y RIVAS DE MOSQUERA, R.P. Plan de desarrollo territorial del municipio de Cajibío. Cauca: 2016.

WHITE, P. y WALKER, J. Approximating Nature's Variation: Selecting and Using Reference Information in Restoration Ecology. En: Restoration Ecology, 1997, vol. 5, no. 4.

YEPES, A. y VILLA, J.A. Sucesión vegetal luego de un proceso de restauración ecológica en un fragmento de bosque seco tropical (La Pintada, Antioquia). En: Revista Lasallista de Investigación, 2010, vol. 7, no. 2. pág. 1-11.

ZAMORA, R.; GARCÍA FAYOS, P. y GÓMEZ APARICIO, L. Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante. Las interacciones planta-planta y planta-animal en el contexto de la sucesión ecológica. F. Valladares, F. Eds. Ministerio de Medio Ambiente, EGRAF, S.A. Madrid: 2004, pág. 371-393.

## ANEXOS

### ANEXO A. Protocolo de evaluación de la funcionalidad ecológica de áreas de restauración empleado en base a los atributos de estabilidad, resiliencia y confiabilidad del sistema basado en el método MESMIS incorporando índices calificativos propuestos por la SMA 2008 y SMA 20014, de Brasil. Adaptado a las necesidades del proyecto de restauración realizado en el año 2016.

clasificación por lote de estudio						
INDICADOR	parametro	descripción	resultado positivo de clasificación y referencia	bosque productor (SEE)	Corredor Biológico (EV)	Lote los Caballos (N)
<b>Estabilidad y Resiliencia</b>	<b>Densidad de individuos</b>	Número de individuos vivos en el sistema por hectarea restaurada	Un escenario considerado ideal es aquel que atiende a cuantificar los siguientes índices de mortalidad; modificado de: (Piña et al, 2015).	Ideal = 3 Nº individuos = 225 =3 112 < Nº individuos < 225 = 2 56 < Nº individuos ≤ 112 = 1 Nº individuos ≤ 56 = 0	Ideal = 3 Nº individuos = 482 =3 241 < Nº individuos ≤ 482 = 2 120 < Nº individuos ≤ 241 = 1 Nº individuos ≤ 60 = 0	Ideal = 3 Nº individuos = 360 =3 180 < Nº individuos < 360 = 2 90 < Nº individuos ≤ 180 = 1 Nº individuos ≤ 45 = 0
	<b>Número de individuos por grupo sucesional</b>	Porcentaje de distribución de los individuos en cada grupo sucesional (Pioneras y No Pioneras)	Los parámetros de clasificación, los define la SMA 2014.	NP ≥ 40 % y P ≤ 60 % = 3 NP = P = 2 NP < 40 % y P > 60 % = 1	NP ≥ 40 % y P ≤ 60 % = 3 NP = P = 2 NP < 40 % y P > 60 % = 1	NP ≥ 40 % y P ≤ 60 % = 3 NP = P = 2 NP < 40 % y P > 60 % = 1
	<b>Riqueza de especies arbóreas</b>	Número total de las especies reclutadas por el sistema	Considerándose la presencia no mínima de 30 especies, para clasificarse como escenario ideal (Piña et al, 2015).	S > 30 = 3 10 < S ≤ 30 = 2 S ≤ 10 = 1	S > 30 = 3 10 < S ≤ 30 = 2 S ≤ 10 = 1	S > 30 = 3 10 < S ≤ 30 = 2 S ≤ 10 = 1
	<b>Diversidad de especies arbóreas</b>	Es uno de los indicadores más utilizados para determinar la diversidad de las especies arbóreas de un determinado lugar (Marrugan, 1988)	Diversidad encontrada en fragmentos de referencia: "Estudios florísticos realizados en bosques naturales (Montano bajo) en el Departamento del Cauca" H'=3,38 Bits.ind	Si H' > 3,0=alto=3 Si 1 < H' ≤ 3,0=medio=2 Si H' ≤ 1=bajo=1	Si H' > 3,0=alto=3 Si 1 < H' ≤ 3,0=medio=2 Si H' ≤ 1=bajo=1	Si H' > 3,0=alto=3 Si 1 < H' ≤ 3,0=medio=2 Si H' ≤ 1=bajo=1
	<b>Equitabilidad</b>	Mide la proporción de la diversidad observada, con relación a la máxima diversidad observada. Su valor va de 0 a 1, de manera que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Pielou, 1975)	Resulta similar en áreas de flora secundaria encontradas en fragmentos de referencia: "Estudios florísticos realizados en bosques naturales (Montano bajo) en el Departamento del Cauca". J'=0,9	J' ≥ 1=3 0,5 < J' ≤ 0,99=2 J' ≤ 0,5=1	J' ≥ 1=3 0,5 < J' ≤ 0,99=2 J' ≤ 0,5=1	J' ≥ 1=3 0,5 < J' ≤ 0,99=2 J' ≤ 0,5=1

Diversidad Funcional	Diversidad de los estados de sucesión	Relación de especies pioneras (P) y no pioneras (NP), en el ecosistema	Mayor numero de especies no pioneras (NP) presentes en el sistema.	$P \geq NP=3$ $P=NP=2$ $P > NP=1$	$P \geq NP=3$ $P=NP=2$ $P > NP=1$	$P \geq NP=3$ $P=NP=2$ $P > NP=1$
	IMA	Incremento medio anual de los individuos arbóreos (m) IMA	Indeseable: refleja el crecimiento lento de los individuos o (constantes de IMA<0,5m). Regular: valores considerados medios de crecimiento para (IMA de 0,5 a 1,0 m). Deseable: valores considerados compatibles con plantones de restauración (IMA >1,5m) (Melo y Durigan, 2007)	$IMA > 2,0=3$ $1 < IMA < 2,0=2$ $0,5 < IMA < 1,0=1$ $IMA < 0,5=0$	$IMA > 2,0=3$ $1 < IMA < 2,0=2$ $0,5 < IMA < 1,0=1$ $IMA < 0,5=0$	$IMA > 2,0=3$ $1 < IMA < 2,0=2$ $0,5 < IMA < 1,0=1$ $IMA < 0,5=0$
	Área basal media por ha (m2)	Área basal media -AB(m2)	Similar a AR=8,31 m2	$AB > AR=3$ $AB = AR=2$ $AB < AR=1$	$AB > AR=3$ $AB = AR=2$ $AB < AR=1$	$AB > AR=3$ $AB = AR=2$ $AB < AR=1$
	Diversidad de las Funciones Ecológicas	Cantidad de las funciones ecológicas que actúan en el sistema	Alta diversidad de funciones ecológicas que actual en el sistema; los parametros utilizados para el calculo de (F) son los de la	$F \geq 4 = 3$ $1 < F < 4 = 2$ $F = 1 (\text{Mínimo}) = 1$	$F \geq 4 = 3$ $1 < F < 4 = 2$ $F = 1 (\text{Mínimo}) = 1$	$F \geq 4 = 3$ $1 < F < 4 = 2$ $F = 1 (\text{Mínimo}) = 1$
Desenvolvimiento	Alta medio de los individuos	con una cinta métrica se toma la altura de cada individuo, desde la base hasta la terminación de la rama más apical; los individuos con alturas superiores a 3 m se les estima la altura con la ayuda de una vara graduada a 1,5 m, o utilizando un zunto. (viani, 2015)	Para estados tempranos de la restauración es decir no mayores a los 3 años, la intensidad arbórea se puede clasificar en 2 grupos, que se clasifican de la siguiente manera. (Viani2015) Clase 1: ≤ a 50cm de altura, con diametro < a 15 cm. Clase 1=indicador calificativo =1 Clase 2: altura>50 cm,D ≥ 15 cm. Clase 2=indicador calificativo =2	Clase 1: ≤ a 50cm, con diametro < a 15 cm. Clase 1=1 Clase 2: altura>50 cm,D ≥ 15 cm. Clase 2=2	Clase 1: ≤ a 50cm, con diametro < a 15 cm. Clase 1=1 Clase 2: altura>50 cm,D ≥ 15 cm. Clase 2=2	Clase 1: ≤ a 50cm, con diametro < a 15 cm. Clase 1=1 Clase 2: altura>50 cm,D ≥ 15 cm. Clase 2=2

Confiabilidad, control y manejo	Incidenia de luz	Porcentaje de luz incidente en el suelo	La incidencia de luz en el suelo es un indicador del cierre de las copas, las cuales generan una menor incidencia de luz en el suelo, dificultando el establecimiento de gramíneas invasoras. (Melo et al, 2010)	$0\% \leq L < 25\% = 3$ $25\% < L \leq 50\% = 2$ $50\% < L \leq 75\% = 1$ $75\% < L \leq 100\% = 0$	$0\% \leq L < 25\% = 3$ $25\% < L \leq 50\% = 2$ $50\% < L \leq 75\% = 1$ $75\% < L \leq 100\% = 1$	$0\% \leq L < 25\% = 3$ $25\% < L \leq 50\% = 2$ $50\% < L \leq 75\% = 1$ $75\% < L \leq 100\% = 2$
	Presencia de especies invasoras (G)	Porcentaje de cobertura del suelo por gramíneas invasoras	Un sistema capaz de recuperar sus procesos ecológicos posee una baja cobertura del suelo por gramíneas y especies invasoras, estas especies compiten por agua y nutrientes perjudicando el desarrollo de las especies restauradas y regenerantes (Martins et al, 2004)	$F \geq 4=3$ $1 < F < 4 = 2$ $F = 1 (\text{Mínimo}) = 1$	$F \geq 4=3$ $1 < F < 4 = 2$ $F = 1 (\text{Mínimo}) = 1$	$F \geq 4=3$ $1 < F < 4 = 2$ $F = 1 (\text{Mínimo}) = 1$

	Manejo	Presencia de prácticas de manejo conducidas periódicamente en las áreas restauradas	Las prácticas de manejo controladas dentro de una resolución deben ser realizadas como mínimo 1 año después de la plantación de los individuos de la restauración , según la SMA 2008 y SMA 2014.	Presencia de técnicas de manejo =3 Ausencia de técnicas de manejo =0	Presencia de técnicas de manejo =3 Ausencia de técnicas de manejo =0	Presencia de técnicas de manejo =3 Ausencia de técnicas de manejo =0
--	--------	---	---	---	---	---

Protección del Suelo y Ciclo de Nutrientes	Cobertura del suelo con regenerantes (%RG)	Presencia de individuos regenerantes (Reclutadas), por el áreas restaurada	La presencia de individuos regenerantes incluyendo herbáceas no colonizadoras, indican que un área restaurada posee condiciones que permiten la formación de nuevos estratos vegetativos dentro del ecosistema	75%<RG≤100%=3 50%<RG≤75%=2 25%<RG≤50%=1 0%<RG≤25%=2	75%<RG≤100%=3 50%<RG≤75%=2 25%<RG≤50%=1 0%<RG≤25%=2	75%<RG≤100%=3 50%<RG≤75%=2 25%<RG≤50%=1 0%<RG≤25%=2
	Porcentaje de hojarasca (% ph)	Porcentaje de hojarasca en el suelo del área evaluada	se espera que el área restaurada, presenta valores similares de % por encima de los encontrados del área de referencia AR=100%(área de referencia)	75%<PH≤100%=3 50%<PH≤75%=2 25%<PH≤50%=1 0%<PH≤25%=2	75%<PH≤100%=3 50%<PH≤75%=2 25%<PH≤50%=1 0%<PH≤25%=2	75%<PH≤100%=3 50%<PH≤75%=2 25%<PH≤50%=1 0%<PH≤25%=2
	Hojarasca en el suelo (H)	Altura de hojarasca en (cm) del area evalluada	se espera que el área restaurada, presenta valores similares de % por encima de los encontrados del área de referencia AR=9cm(área de referencia)	75%<H≤100%=3 50%<H≤75%=2 25%<H≤50%=1 0%<H≤25%=2	75%<H≤100%=3 50%<H≤75%=2 25%<H≤50%=1 0%<H≤25%=2	75%<H≤100%=3 50%<H≤75%=2 25%<H≤50%=1 0%<H≤25%=2

De 0 a 1 (grado crítico - malo, inexistente o distinto del escenario positivo), 2 (grado aceptable) y 3 (grado deseado de sostenibilidad, similar al escenario positivo). Adaptada de (Galetti *et al.*, 2017 y Piña-Rodriguez *et al.*, 2015)



## ANEXO B. Resultados por indicador y parámetro de los tres lotes evaluados en el monitoreo

Indicador	parámetro	Bosque productor (S.E.E)	Corredor Biológico (E.V)	Lote los Caballos (N)
estabilidad y resiliencia	Densidad de individuos	Supervivencia = 88 mortalidad = 167 Indicador = 1	Supervivencia = 165 Mortalidad = 163 Indicador = 2	Supervivencia = 124 Mortalidad = 225 Indicador = 1
	Número de individuos por grupo sucesional	Pioneras = 21 No pioneras = 2 Indicador = 1	Pioneras = 29 No Pioneras = 10 Indicador = 1	Pioneras = 20 No pioneras = 1 Indicador = 1
	Diversidad de especies arbóreas	H' = 2,7 Indicador = 2	H' = 3,06 Indicador = 3	H' = 2,54 Indicador = 2
	Riqueza de especies	S = 23 Indicador = 2	S = 39 Indicador = 3	S = 21 Indicador = 2
	Equitabilidad	J' = 0,86 Indicador = 2	J' = 0,84 Indicador = 2	J' = 0,82 Indicador = 2
Diversidad funcional	Diversidad de los estados de sucesión	Pioneras = 90,90% No pioneras = 9,10% Indicador = 1	Pioneras = 29 No pioneras = 9 Indicador = 1	Pioneras = 95,23 % No pioneras = 4,76% Indicador = 1
	IMA	Ima = 0,14cm Indicador = 0	Ima = 0,0406cm Indicador = 0	Ima = 0,039cm Indicador = 0
	Área basal media – AB (m <sup>2</sup> )	ABm <sup>2</sup> = 0,002 Indicador = 0	ABm <sup>2</sup> = 0,00024 Indicador = 0	ABm <sup>2</sup> = 0,00005 Indicador = 0
	Diversidad de las funciones ecológicas (F)	F = 1, Indicador = 2	F = 1,3 Indicador = 2	f = 1,2 indicador = 2
confiabilidad y manejo	Incidencia de luz (L)	L = 74 % Indicador = 1	L = 77,8 % Indicador = 0	L = 53,8 % Indicador = 1
	Presencia de especies invasoras (GI)	GI = 38 % Indicador = 1	GI = 36% Indicador = 1	GI = 37% Indicador = 1
	Manejo (M)	M = 0 Indicador = 0	M = 0,166 Indicador = 0	M = 0,5 Indicador = 0
Protección del suelo y ciclaje de nutrientes	Cobertura del suelo con regenerantes (RG)	RG = 59% Indicador = 2	RG = 51% Indicador = 2	RG = 60% Indicador = 2
	% de hojarasca (%h)	Ph = 2 % Indicador = 0	Ph = 12 % Indicador = 0	Ph = 3 % Indicador = 0
	Hojarasca altura cm	H = 84,3 % Indicador = 3	H = 76,66 % Indicador = 3	H = 64 % Indicador = 2
Desenvolvimiento	Altura media de los individuos arbóreos	Altura ≤ a 0,50cm, con diámetro < a 15 cm Indicador = 1	Altura ≤ a 0,50cm, con diámetro < a 15 cm Indicador = 1	Altura ≤ a 0,50cm, con diámetro < a 15 cm Indicador = 1
el índice de consolidación de la funcionalidad ecológica	(ICFE)	1,07	1,4	1,3

De 0 a 1 (grado crítico - malo, inexistente o distinto del escenario positivo), 2 (grado aceptable) y 3 (grado deseado de sostenibilidad, similar al escenario positivo). Adaptada de (Galetti *et al.*, 2017 y Piña-Rodrigues *et al.*, 2015).

**ANEXO C. Especies reclutadas (Regenerantes) del lote Bosque productor restaurado bajo la estrategia siembra de especie exótica (S.E.E) clasificadas en pioneras y no pioneras**

Número	Especie	Familia	Pionera	No pionera
1	<i>Alchornea latifolia</i> Sw.	EUFORBIACEAE	x	
2	<i>Austroeupatorium inulifolium</i> (R.M.King y H.Rob.)	ASTERACEAE	x	
3	<i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz y Pavón)	ASTERACEAE	x	
4	<i>Baccharis pedunculata</i> (Mill)	ASTERACEAE	x	
5	<i>Clidemia hirta</i> (L)	MELASTOMATAACEAE	x	
6	<i>ladenbergia magnifolia</i> (Ruiz y Pav)	RUBIACEAE	x	
7	<i>lacistema aggregatum</i> PJ Bergius)	LACISTEMATAACEAE	x	
8	<i>Miconia aeruginosa</i> ( Naudin)	MELASTOMATAACEAE	x	
9	<i>Miconia albicans</i> (Sw)	MELASTOMATAACEAE	x	
10	<i>Miconia caudata</i> (Bonpl.) DC.	MELASTOMATAACEAE	x	
11	<i>Miconia glaberrima</i> (Schltdl)	MELASTOMATAACEAE	x	
12	<i>Monochaetum lineatum</i> (D. Don)	MELASTOMATAACEAE	x	
13	<i>Myrcia popayanensis</i> (Hieron)	MYRTACEAE		x
14	<i>Myrsine coriácea</i> (Sw)	MYRSINACEAE	x	
15	<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.)	MYRSINACEAE	x	
16	<i>Nectandra acutifolia</i> (R y P)	LAURACEAE		x
17	<i>Piper aduncum</i> (L)	PIPERACEAE	x	
18	<i>Psidium guajava</i> (L)	MYRTACEAE	x	
19	<i>Psidium guineense</i> (Sw)	MYRTACEAE	x	
20	<i>Saurauia scabra</i> (Kunth)	ACTINIDACEAE	x	
21	<i>Tibouchina longifolia</i> (Valh)	MELASTOMATAACEAE	x	
22	<i>Tibouchina lepidota</i> (Bonpl.)	MELASTOMATAACEAE	x	
23	<i>Vismia lauriformis</i> (Lam)	HYPERICACEAE	x	

**ANEXO D. Especies reclutadas (Regenerantes) del lote Corredor biológico restaurado bajo la estrategia Enriquecimiento vegetal (E.V) clasificadas en pioneras y no pioneras**

Número	Especie	Familia	Pionera	No pionera
1	<i>Alchornea latifolia</i> (Sw)	EUPHORBIACEAE	x	
2	<i>Alchornea coelophylla</i> (Sw)	EUPHORBIACEAE	x	
3	<i>Austroeupatorium inulifolium</i> (R.M.King y H.Rob.)	ASTERACEAE	x	
4	<i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz y Pavón)	ASTERACEAE	x	
5	<i>Baccharis pedunculata</i> (Mill)	ASTERACEAE	x	
6	<i>Banara guianensis</i> (Aubl)	SALICACEAE	x	
7	<i>Casearia sylvestris</i> (Tarciso Leão)	FLACOURTIACEAE	x	
8	<i>Cecropia peltata</i> (L)	URTICACEAE	x	
9	<i>Cestrum nocturnum</i> (L)	SOLANACEAE	x	
10	<i>Cinnamomum cinnamomifolia</i> (kunth)	LAURACEAE	x	
11	<i>Citrus limón</i> (L)	RUTACEAE	x	
12	<i>Clidemia hirta</i> (L)	MELASTOMATAACEAE	x	
13	<i>Clusia multiflora</i> (Kunth )	CLUSIACEAE	x	
14	<i>Erythroxylum popayanensis</i>	ERYTHROXYLACEAE		x
15	<i>Erythroxylum citrifolium</i> (A. St.-Hil.)	ERYTHROXYLACEAE		x
16	<i>Eucalyptus grandis</i> (W. Hill ex Maiden )	MYRTACEAE		x
17	<i>Inga edulis</i> (Mart.)	FABACEAE		x
18	<i>Lacistema aggregatum</i> (PJ Bergius)	LACISTEMATACEAE	x	
19	<i>Ladenbergia oblongifolia</i> (Mutis)	RUBIACEAE	x	
20	<i>Ladenbergia magnifolia</i> ( Ruiz y Pav)	RUBIACEAE	x	
21	<i>Mauria heterophylla</i> (Kunth)	ANACARDIACEAE		
22	<i>Miconia aeruginosa</i> (Naudin)	MELASTOMATAACEAE	x	x
23	<i>Miconia glaberrima</i> (Schltdl.)	MELASTOMATAACEAE	x	
24	<i>Miconia albicans</i> (Sw)	MELASTOMATAACEAE	x	
25	<i>Miconia notabilis</i> (Triana)	MELASTOMATAACEAE	x	
26	<i>Monochaetum lineatum</i> (D. Don)	MELASTOMATAACEAE	x	
27	<i>Myrcia popayanensis</i> (Hieron)	MELASTOMATAACEAE	x	
28	<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.)	MYRTACEAE		x
29	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw)	MYRSINACEAE	x	
30	<i>Nectandra acutifolia</i> (R y P)	MYRSINACEAE	x	
31	<i>Nectandra reticulata</i> (Ruiz y Pav)	LAURACEAE		x
32	<i>Palicourea thyrsiflora</i> (Ruiz & Pav.)	LAURACEAE		x
33	<i>Psidium guajava</i> (L)	RUBIACEAE	x	
34	<i>Psidium guineense</i> (Sw)	MYRTACEAE	x	
35	<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston	MYRTACEAE	x	
36	<i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.)	MYRTACEAE		x
37	<i>Toxicodendron striatum</i> (Ruiz y Pav.)	ASTERACEAE	x	
38	<i>Viburnum pichinchense</i> (Benth.)	ANACARDIACEAE		x
39	<i>Vismia lauriformis</i> (Lam)	HYPERICACEAE	x	

**ANEXO E. Especies reclutadas (Regenerantes) del lote Los Caballos restaurado bajo la estrategia Nucleación (N) clasificadas en pioneras y no pioneras**

Número	Especie	Familia	Pionera	No pionera
1	<i>Alchornea coelophylla</i> (Sw)	EUPHORBIACEAE	X	
2	<i>Alchornea latifolia</i> (Sw)	EUPHORBIACEAE	X	
3	<i>Austroeupatorium inulifolium</i> (R.M.King y H.Rob.)	ASTERACEAE	X	
4	<i>Baccharis pedunculata</i> (Mill)	ASTERACEAE	X	
5	<i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz y Pavón)	ASTERACEAE	X	
6	<i>Bejaria mathewsii</i> (Bejaria mathewsii)	ERICACEAE	X	
7	<i>Clidemia hirta</i> (L)	MELASTOMATACEAE	X	
8	<i>Erythroxylum popayanensis</i>	ERYTHROXYLACEAE		X
9	<i>Ladenbergia magnifolia</i> (Ruiz y Pav.)	RUBIACEAE	X	
10	<i>Miconia glaberrima</i> (Schltdl.)	MELASTOMATACEAE	X	
11	<i>Miconia aeruginosa</i> (Naudin)	MELASTOMATACEAE	X	
12	<i>Miconia caudata</i> (Bonpl.) DC.	MELASTOMATACEAE	X	
13	<i>Miconia notabilis</i> (Triana)	MELASTOMATACEAE	X	
14	<i>Monochaetum lineatum</i> (D. Don)	MELASTOMATACEAE	X	
15	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw)	MYRSINACEAE	X	
16	<i>Psidium guajava</i> (L)	MYRTACEAE	X	
17	<i>Psidium guineense</i> (Sw)	MYRTACEAE	X	
18	<i>Tibouchina lepidota</i> (Valh)	MELASTOMATACEAE	X	
19	<i>Tibouchina longifolia</i> (Valh)	MELASTOMATACEAE	X	
20	<i>Viburnum pichinchense</i> (Benth)	ADOXACEAE	X	
21	<i>Vismia lauriformis</i> (Lam)	HYPERICACEAE	X	

## **ANEXO F. Antecedentes del proyecto: inclusión del componente arbóreo a partir de las herramientas del manejo del paisaje con fines de restauración, en el municipio de Cajibío, Cauca**

Este proyecto se realizó a partir de la autogestión comunitaria del grupo de aviturismo del municipio de Cajibío Cauca, gestionando ante algunas instituciones financiación, insumos y acompañamiento técnico, además se planificaron las estrategias de aumento de la cobertura forestal, disminución de la pérdida de biodiversidad y conocimiento tradicional. La comunidad gestionó ante las instituciones: Cooperativa Agroforestal del Cauca, Smurfit Kappa Cartón de Colombia, Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC) y Universidad del Cauca, quienes donaron un total de: 3160 individuos. A partir de este material se hizo un listado de las especies y éstas se asignaron con base a las herramientas de manejo del paisaje (HMP) ya definidas por medio de un diálogo de saberes con comunidad.

En este proyecto se plantearon alternativas que permitan mantener, mejorar los sistemas productivos y proteger la biodiversidad, se trabajó en el diseño e implementación de las HMP, además se complementó con el modelo de siembra denominado “Nodrizas”, tomado de la Fundación Natura que lo viene laborando desde el año 2014 en el marco del Proyecto Piloto de Restauración de Bosque Seco Tropical (Villota 2016), el cual consiste en una estrategia de siembra que favorece la presencia de otras plántulas, mejorando el microclima para la existencia de estas. Según Martínez (2012), una planta nodriza ofrece protección contra la alta radiación y herbivoría, proporcionándole nutrientes y humedad a las plántulas que se encuentran en su entorno. Vale la pena decir que con la comunidad se trabajó con el gremio ecológico, en el cual se categorizaron las especies de acuerdo a la disponibilidad de luz, haciendo un listado de las especies heliófitas y esciófitas, organizándolas en los diseños de cada lote.

Para el establecimiento y manejo, se llevó a cabo la preparación del sitio con una limpieza del terreno y control de las especies invasoras, teniendo en cuenta que esta actividad de mantención es muy importante para una plantación, desde el establecimiento hasta el cierre de las copas; la presencia de especies invasoras puede causar desde un retraso importante en su crecimiento hasta la pérdida total de las plantas (Sotomayor, Helmke y García 2002), luego se realizó el trazado que consistió en la distribución de los árboles para una plantación, posteriormente se hizo el ahoyado y plateo.

Después de tener el terreno preparado se hizo la siembra en cada lote con las especies escogidas para cada diseño, en seguida se aplicó fertilizante que ayudó en el establecimiento, prendimiento y desarrollo, para un aumento de la productividad en la plantación (Sotomayor, Helmke y García, 2002).