



**PROPUESTA PARA LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DEL BOSQUE RIBEREÑO
DEL RÍO CAUCA- SECTOR BARRIO ORTIGAL, POPAYÁN**

YESICA MARCELA NARVÁEZ MUÑOZ

UNIVERSIDAD DEL CAUCA

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN

DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

POPAYÁN, 2022

**PROPUESTA PARA LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DEL BOSQUE RIBEREÑO
DEL RÍO CAUCA- SECTOR BARRIO ORTIGAL, POPAYÁN**

Trabajo de grado modalidad pasantía para optar al título de:

BIÓLOGA

Directora:

LILIANA RECAMAN

Codirector:

DIEGO JESÚS MACÍAS PINTO

UNIVERSIDAD DEL CAUCA

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN

DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

POPAYÁN, 2022

Tabla De Contenido

Resumen	Pág.
1. Introducción.....	9
2. Historia de la organización.....	11.
3. Visión y misión de la fundación.....	11.
3.1. Visión.....	11.
3.2. Misión.....	12.
4. Planteamiento del problema.....	12
5. Justificación.....	14
6. Objetivo.....	16
6.1. Objetivo general.....	16
6.2. Objetivos específicos.....	16
7. Marco Teórico.....	16
7.1. Conceptos.....	16
7.2. Pasos para la restauración ecológica.....	18
7.3. Mecanismos para la restauración.....	21
8. Antecedentes.....	22
8.1. Antecedente global,.....	22
8.2. Antecedente nacional.....	23
8.3. Antecedente regional.....	24

Tabla De Contenido

	Pág.
8.4 Antecedentes locales.....	25
9. Marco metodológico.....	26
9.1. Área de estudio.....	26
9.2. Zonificación ambiental.....	27
9.3. Análisis y caracterización del componente vegetal.....	27
9.4. Análisis del suelo.....	28
9.5. Participación de la comunidad.....	29
10. Marco legal de la fundación procuenca del río piedras.....	29
11. Diagnostico.....	30
11.1. Zonificación.....	30.
11.2. Especies vegetales encontradas en el área de estudio.....	31.
11.3. Selección de especies vegetales.....	39
11.4. Arreglo florístico.....	41
11.5. Problemática social en el área de estudio.....	44
11.6. Potencial productivo del suelo.....,	46
12. Análisis.....	47
12.1..Especies vegetales.....	47
12.2. Análisis del potencial productivo del suelo.....	50

Tabla De Contenido

	Pág.
12.3 Análisis de la restauración ecológica.....	53
13. Plan de acción o intervención.....	54
13.1 Propuesta de restauración del bosque ribereño.....	54
13.2. Actividades de acondicionamiento para la plantación.....	56
14. Conclusiones.....	59
15. Recomendaciones.....	60
16. Bibliografía.....	60

Listado De Figuras

	Pág.
Figura 1. Mapa de ubicación de la zona a restaurar en el barrio Ortigal.....	27
Figura 2. Mapa de zonificación de la zona a restaurar en el barrio Ortigal.....	31
Figura 3. Composición Florística en la zona de estudio a restaurar.....	36
Figura 4. Familias de las especies vegetales encontradas en la zona de estudio.....	36
Figura 5. Áreas de cobertura en el lote del barrio Ortigal.....	43
Figura 6. Porcentaje de las coberturas del lote del barrio Ortigal.....	44
Figura 7. Problemáticas sociales en el área de estudio.....	45
Figura 8. Interpretación de la composición química del suelo.....	47
Figura 9. Área determinada para la propuesta de restauración ecológica.....	54
Figura 10. Mosaico del proyecto de restauración ecológica en el área de estudio.....	56

Listado de tablas

	Pág.
Tabla 1. Cobertura vegetal encontrada en la zona del bosque ribereño.....	32
Tabla 2. Características de las especies vegetales del área de estudio.....	33
Tabla 3. Características de las plantas encontradas en el vivero de la fundación.	36
Tabla 4. Especies vegetales seleccionadas para el proyecto de restauración.....	37
Tabla 5. Descripción de la zona a restaurar.....	40
Tabla 6. Composición química del suelo del área de estudio. Fuente: AGROSAVIA.....	43

Nota de aceptación

Liliana Recaman (Directora)

Diego Jesus Macias Pinto (Codirector)

(Jurado)

(Jurado)

Popayán, ____ de ____ de 2022.

Agradecimientos

Agradezco a Dios por la vida.

A la Universidad del Cauca, al Acueducto y Alcantarillado de Popayán, a la Fundación Río las Piedras y su directora la doctora Liliana Recaman por haberme permitido desarrollar mi proyecto conjuntamente con su equipo de trabajo.

A mi familia por todo su apoyo incondicional que me ha brindado siempre, en cada momento de mi vida.

Al profesor y codirector Diego Jesús Macías Pinto por brindarme todo el conocimiento necesario para desarrollar este proyecto.

A la líder social Rosario Bolaños por todo su acompañamiento y sus recomendaciones ayudando en la finalización satisfactoria de este proyecto.

Resumen

Se realizó una propuesta de restauración ecológica del bosque ribereño del río Cauca ubicado en la parte baja del barrio el Ortigal de Popayán con el fin de recuperar el ecosistema antropizado y proporcionar las condiciones originales del sitio, dándole especial importancia a la utilización de especies vegetales nativas. Para ello, se realizó un análisis de las especies vegetales encontradas en el área de estudio (23 especies que pertenecían a 17 familias botánicas) así como también del vivero de la fundación (12 especies), donde se seleccionaron 26 especies más adecuadas para restaurar la zona afectada, entre las que se destacan el caucho sabanero (*Ficus soatensis*), Aliso (*Alnus acuminata*), Nacedero (*Thrichantera gigantea*) y Guadua (*Guadua angustifolia*), entre otras, considerada como las más adecuadas de acuerdo a las características propias el lugar y de la misma especie. Además de ello, se determinó el potencial productivo del suelo en el área donde se obtuvo que el suelo en cuestión era ácido, con un alto contenido de materia orgánica, factores a tener en cuenta para la siembra de especies vegetales. Finalmente se planificó el modelo de intervención para restaurar el bosque ribereño con la participación de toda la comunidad a través de una propuesta de restauración ecológica del bosque ribereño del río Cauca, en el sector del barrio el Ortigal de la ciudad de Popayán.

Palabras clave: Comunidad, especie, nativo, potencial productivo, suelo.

Abstract

A proposal was made for the ecological restoration of the riverside forest of the Cauca River located in the lower part of the Popayan Ortigal neighborhood in order to restore the maximum original conditions of the site, giving special importance to the use of native plant species. For this, an analysis of the plant species found in the study area (23 species that belonged to 17 botanical families) was carried out, as well as the foundation's nursery (12 species), where 26 most suitable species were selected to restore the affected area, among which the sabanero rubber (*Ficus soatensis*), Alder (*Alnus acuminata*), Nacedero (*Thrichantera gigantea*) and Guadua (*Guadua angustifolia*) stand out, among others, considered the most suitable according to the characteristics of the place and of the same species. In addition to this, the productive potential of the soil was determined in the area from which it was obtained that the soil in question was acidic, with a high content of organic matter, factors to be taken into account for planting plant species. Finally, the intervention model was planned to restore the riparian forest with the participation of the entire community through a proposal for the ecological restoration of the riparian forest of the Cauca River, in the El Ortigal neighborhood sector of the city of Popayán.

Keywords: community, native, productive potential, soil

1. Introducción

En el mundo contemporáneo, las actividades antrópicas han llegado a un punto de no retorno convirtiéndose en una problemática de toda la humanidad; al generarse transformaciones negativas e irreversibles de los ecosistemas (Vargas, 2011). Los estados se han visto obligados a actuar directamente a través de distintas ONG esforzándose para establecer medidas que detengan o mitiguen en parte el deterioro medioambiental que han generado la agricultura, la ganadería, la minería, el crecimiento urbano desahogado de la mayoría de ciudades, la extracción de combustibles fósiles, entre otras tantas actividades.

Se sabe que la recuperación natural de la mayoría de ecosistemas con afectaciones a su estructura puede tomar desde décadas hasta cientos de años según el grado de deterioro en el que se encuentren; es de destacar la creciente presión social para cambiar el rumbo actual de destrucción e intervenir y acelerar estos procesos de restauración ecológica particularmente en entornos urbanos donde las áreas degradadas son más visibles (Achicanoy & Sánchez, 2018). Por esto se ha llegado a requerir de proyectos de restauración activa, donde a través de la acción humana se puedan agilizar y conducir correctamente este tipo de procesos para que los ecosistemas tengan eficientes procesos de recuperación y puedan superar los factores tensionantes que les impiden una restauración pasiva o natural.

El propósito de este estudio fue plantear una propuesta de restauración ecológica en el que se incorpora la participación de la comunidad aledaña al sitio con el fin de que ésta se comprometa en todas las etapas del proceso, desde su planeación, ejecución hasta su consecución, procurando mantenerlo en el tiempo y volverlo un testimonio de restauración que se pueda replicar en otras partes de la ciudad. El proyecto de restauración contó con varias etapas, entre las que se encuentran los estudios previos de recolección de plantas y suelo para su posterior análisis, socialización del

proyecto con la comunidad, selección de plantas para siembra en la zona a restaurar, teniendo en cuenta que las características de la flora a plantar fuesen similares o muy parecida a la originaria, por último, la implementación de medidas que logran que la restauración se mantuviera en el tiempo.

2. Historia de la organización

La Fundación Procuencia Río Piedras es una entidad autónoma de carácter mixto y de mejoras públicas de servicio social, sin ánimo de lucro. Su jurisdicción comprende las cuencas de abastecimiento del acueducto y alcantarillado de Popayán, como lo es el río Piedras, Molino, Pisojé, Palacé, Cauca y micro cuencas del sector urbano. Fue creada desde noviembre de 1990 y está conformada por Alcaldía de Popayán, piscifactoría el divisó, Universidad del Cauca, Gobernación del Cauca, Smurfit cartón de Colombia, unidad de Parques nacionales, comité departamental de cafeteros, Fundación universitaria de Popayán, Cedelca, CRC, empresa de acueducto y alcantarillado de Popayán S.A. (Acueducto y alcantarillado de Popayán, 2021)

Promueve proyectos de prevención ambiental donde integra la participación entre las comunidades y su entorno natural. Es un referente en la articulación, gestión e intervención directa como el desarrollo de los procesos de planificación ambiental en áreas pequeñas con beneficios para las familias en producción y conservación, la protección de las fuentes de abastecimiento y de los corredores verdes de las micro cuencas urbanas, educación ambiental para el uso eficiente del agua y la gestión del riesgo de desastres, investigación con apoyo institucional (Acueducto y alcantarillado de Popayán, 2021).

3. Visión y misión de la Fundación Procuencia Río las Piedras

3.1. Visión: Ser un instrumento eficaz de coordinación interinstitucional de enlace y articulación con la comunidad para emprender acciones conjuntas en proyectos destinados a la conservación de las cuencas hidrográficas ya sea de manera directa o como organismo de gestión, en el contexto del desarrollo humano sostenible. (Acueducto y alcantarillado de Popayán, 2021)

3.2. Misión: Propiciar la integración de los factores sociales biofísicos, técnicos ambientales y económicos que garanticen sostenibilidad a la oferta y conservación hídrica de las principales cuencas abastecedoras de agua del municipio de Popayán y de las micro cuencas urbanas que requieran rehabilitación ambiental (Acueducto y alcantarillado de Popayán, 2021).

4. Planteamiento Del Problema

Los bosques albergan la mayor parte de la biodiversidad terrestre del Planeta. Por consiguiente, la conservación de la biodiversidad del mundo depende completamente de la forma en que interactuamos con los bosques del mundo y los utilizamos (FAO y PNUMA, 2020). Nuestro país cuenta con una gran variedad de ecosistemas, gracias a su privilegiada ubicación geográfica, como bosques tropicales, humedales, bosques secos, páramos, entre otros; sin embargo, las actividades antrópicas han generado afectaciones negativas en todos los ecosistemas de este país, todo esto ha dado lugar a modificaciones en la estructura y composición del paisaje, aunado al desplazamiento de especies vegetales y animales por la pérdida de su hábitat en grandes áreas de la geografía nacional, lo cual ha generado daños irreparables.

De acuerdo con el artículo 3 del Decreto 1449 de 1977 “son consideradas áreas forestales protectoras los 100 m alrededor de los nacimientos de fuentes de agua y una franja de al menos 30 m a partir de la cota máxima de inundación de los cauces de los ríos, quebradas y arroyos, sean

permanentes o no y alrededor de los lagos o depósitos de agua”. Sin embargo, este precepto legal no se cumple convirtiendo a diferentes fuentes de agua en botaderos de basura y focos de contaminación.

En Popayán el crecimiento urbano ha sido influenciado por diversos factores como la violencia, desastres naturales, conflictos armados, apertura económica, entre otros (Mera, 2016). Provocando la creación de una cantidad inconmensurable de barrios y trajo consigo la pérdida de grandes áreas de bosques y humedales y por consiguiente de muchas especies vegetales y animales, mayor contaminación medioambiental, afectación de ríos y quebradas, etc. Sumado a lo anterior, bajo el programa de cien mil viviendas gratuitas del gobierno nacional, entre los años 2013-2014 en Popayán se desarrolló un proyecto urbanístico para la población desplazada y con menos recursos de diferentes lugares del departamento, de dónde nace entre otros el barrio El Ortigal. Empero, en la realización del proyecto no se tuvieron en cuenta algunos aspectos como el hecho de que el lugar ya había sido destinado para la creación de una planta de tratamiento de aguas residuales PTAR (Solarte, 2017), razón por la cual se originaron enfrentamientos entre la comunidad y la Fundación Río las Piedras por el desarrollo de ambos proyectos.

Después del proyecto de vivienda el área tuvo una reducción de tamaño significativa quedando hacia la parte baja del barrio, un remanente de bosque ribereño que colinda hacia el norte con el río Cauca y al occidente con la quebrada Pubus que se ha visto afectado por diferentes actividades antrópicas que amenazan la permanencia de las especies vegetales y animales del sitio.

Como compensación por todo el daño que se genere en la construcción de la PTAR la fundación pretende dejar este remanente de bosque ribereño como área de amortiguación de la PTAR.

Por lo anterior, la pregunta de investigación de este trabajo fue la siguiente: ¿Qué estrategia de restauración ecológica puede ser implementada en el área de amortiguación en el sector del barrio El Ortigal, Popayán?

5. Justificación

Es evidente que en Colombia el decreto 1449 no se ha tenido en cuenta, es por ello que se pueden encontrar muy cerca de los ríos y quebradas casas y edificios que afectan notablemente los ecosistemas, una problemática que no es ajena a Popayán. En la ciudad es muy normal observar diferentes tipos de construcciones interrumpiendo el curso normal de las fuentes hídricas, disminuyendo cada vez más los remanentes de bosque, además de las especies vegetales y animales y aumentando los niveles de contaminación.

Existe un remanente de bosque ribereño ubicado en el barrio el Ortigal que necesita el desarrollo de un proyecto que vaya encaminado a la recuperación de la biota para que se restablezca las funciones normales del ecosistema y se recuperen los servicios ecosistémico; el mencionado remanente viene sufriendo perturbaciones antrópicas que amenazan la permanencia de las pocas especies nativas presentes en el área.

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible adopta la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos, además del Manual para la Asignación de Compensaciones por Pérdida de Biodiversidad (Ministerio de ambiente, 2015), por lo cual la Empresa de Acueducto y alcantarillado de Popayán propuso como una zona de amortiguación al área que quedó tras la construcción del barrio El Ortigal, donde se compense la afectación ambiental que se genere con la construcción de la PTAR, y se reconozca la importancia de la vegetación ribereña en este sitio, ya que forma un ecotono entre ecosistemas terrestres y acuáticos (Granados et al. 2006) y desempeña funciones como mantener la humedad,

dar firmeza al sustrato y servir como hábitat de muchas especies (Camacho et al. 2006), permitiendo el reciclaje de nutrientes y que las fuentes hídricas mantengan su homeostasis y puedan brindar los servicios ecosistémicos necesarios para la subsistencia de todos los seres vivos.

Sin embargo, este lugar tiene población habitándolo lo cual ha conllevado a destinar espacios naturales para agricultura y apacentamiento de diferentes semovientes, siendo éstas actividades las que transforman cada vez más la estructura y composición de las especies vegetales, afectando directamente la biodiversidad del ecosistema y haciendo que el efecto borde tenga consecuencias en él y que, además, se interrumpa la restauración pasiva que pueda surgir como producto de la polinización de aquellas plantas que aún quedan en el lugar.

Para minimizar estos problemas la propuesta de restauración puede ser una pequeña contribución medioambiental que permita devolverle las condiciones más cercanas a las prístinas de aquel lugar, donde además se trabaje de la mano con la comunidad reconociendo la importancia de estos espacios en el desarrollo de la comunidad, para que los factores tensionantes se troquen en factores de solución de los problemas medioambientales existentes, y garantizar el mayor porcentaje de desarrollo y permanencia del proyecto a través del tiempo.

6. Objetivos

6.1 Objetivo general

- Realizar una propuesta de restauración ecológica del bosque ribereño del río Cauca-barrio El Ortigal, Popayán.

6.2 Objetivos específicos:

- Caracterización del componente vegetal del área de estudio.
- Determinar el potencial productivo del suelo en el área.
- Planificar el modelo de intervención para restaurar el bosque ribereño con la participación de toda la comunidad.

7. Marco Teórico y antecedentes

7.1. Conceptos

Restauración ecológica: La sociedad para la restauración ecológica (SER), en el 2004 define la restauración ecológica como “el proceso de alterar intencionalmente un sitio para acelerar la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido” (McDonald, Gann, Jonson, & Dixon, 2016). Es decir, realizar un esfuerzo práctico y asistido para recuperar las dinámicas naturales, de acuerdo a su estructura, función y composición de especies, donde se logre restablecer gran parte del ecosistema nativo.

Bosque ribereño: Son formaciones forestales encontradas a lo largo de cursos de agua, cuya función es proteger a los ríos, lo que influye en la calidad del agua, en el mantenimiento del ciclo hidrológico en las cuencas hidrográficas y evita el proceso de erosión de las márgenes y el crecimiento del lecho de los ríos (Rodríguez. et al 2018).

Barreras para la restauración: De acuerdo a Vargas. O, 2011, Como barreras para la restauración ecológica del lugar se pueden considerar dos tipos: ecológicas y socioeconómicas. Las de tipo ecológico se relacionan con factores bióticos y abióticos resultantes del régimen de disturbios natural y antrópico, las cuales influyen en los diferentes mecanismos de regeneración y

colonización de las especies, es decir, los procesos necesarios para que ocurra dispersión de semillas, establecimiento de plántulas, persistencia de individuos y poblaciones de plantas. Las de tipo socioeconómico son todos los factores políticos, económicos y sociales que pueden limitar los procesos de recuperación del lugar, principalmente los que tienen que ver con el cambio en el uso de la tierra. Superar estas barreras es indispensable para que un ecosistema sea autosostenible.

Especie nativa: Se refiere a aquellas especies que son originarias de un sitio determinado, que hacen parte de la biota natural del área y que se encuentran adaptadas a las condiciones del lugar (Acero & Cortés, 2014).

Rasgos funcionales: aquellas características morfológicas, fisiológicas y fenológicas que influyen en el fitness o éxito biológico a nivel de especie, pero que se evalúan y cuantifican a nivel de individuo (De la Riva et Al, 2014)

7.2. Pasos en la restauración ecológica

De acuerdo a Vargas (2011), se deben tener en cuenta los siguientes 13 pasos en los proyectos de restauración ecológica, los cuales son importantes para ayudar a esclarecer las causales de deterioro, la extensión, severidad y recurrencias de los disturbios, así como los alcances y posibilidades de eliminación o reducción de los mismos.

Definir el ecosistema de referencia: Como ecosistema de referencia se tiene la vegetación encontrada en la vereda Cajete a través de un estudio titulado "Potencialidades para la restauración ecológica en la vereda Cajete, municipio de Popayán, Cauca" a cargo del estudiante Víctor Mondragón, la cual se encuentra cercana al área de estudio.

Evaluar el estado actual del ecosistema: En el estado actual del ecosistema se puede analizar prácticas como la ganadería extensiva evidenciada en la presencia de grandes zonas de pastos, además, se encuentra un área reducida de bosque ribereño y pequeñas zonas de cultivos

muy cercanas al río Cauca pertenecientes a los habitantes del barrio El Ortigal, que generan impactos en la vegetación, fauna, suelo y en el río Cauca.

Definir las escalas y niveles de organización: Como parte de la protección de la cuenca del río Cauca se puede considerar a nivel espacial, y dentro de esta la restauración ecológica que se podría implementar en el área sería a un nivel regional considerando los parches de bosque ribereño presentes.

Establecer las escalas y jerarquías de disturbios: Se tiene en cuenta los disturbios antrópicos relacionados con la ganadería, agricultura, pastoreo y el asentamiento humano. Como lo son: la deforestación, quemas, construcción de casas, introducción de caballos, cerdos, vacas y otros semovientes y los cultivos de pan coger, siendo los más frecuentes.

Consolidar la participación comunitaria: Conociendo que los disturbios antrópicos son los principales factores influyentes en la pérdida de los servicios ambientales proporcionados al bosque ribereño, es importante que las comunidades aledañas al sitio participen activamente en la siembra, y el cuidado de las especies para garantizar la consolidación del proyecto de restauración ecológica en el ecosistema y su continuidad en el tiempo.

Evaluar el potencial de regeneración: Se pueden identificar algunas especies vegetales en estado de crecimiento en la zona de pastos enmalezados del área de estudio, lo cual es un indicador de que en el área en cuestión es posible que se generen procesos de regeneración natural como resultado de la dispersión de semillas y las condiciones físico-químicas del terreno. Sin embargo, es claro que no todas las especies pueden llegar a restaurarse, como también es probable que algunas especies pudieran extinguirse en el área, caso en el que se requiere de estudios más detallados para el restablecimiento de la cobertura vegetal original.

Establecer los factores tensionantes a diferentes escalas: Los factores tensionantes identificados también corresponden a barreras socioculturales que han limitado el acceso a la zona; la invasión de este sector para actividades como la siembra de cultivos de pan coger, y la introducción de semovientes provocando la compactación del suelo y el sepultamiento de semillas, proceso que se está intensificando como resultado de la interrupción en la sucesión vegetal que se está dando en este lugar.

Seleccionar especies adecuadas: Para la selección de las especies idóneas es necesario el conocimiento de las características propias de las especies vegetales que se encuentran actualmente en el área, así como el estado de sucesión en el que actúan, para determinar la viabilidad en su utilización. Además, es importante darles crédito a los estudios anteriores realizados en lugares similares ya que pueden servir de referencia e indicar que especies son idóneas para la recuperación del área a restaurar.

Propagar y manejar las especies: De acuerdo a estudios preliminares que se realicen de las especies vegetales y de las condiciones del área de estudio, se pueden proponer algunas especies como por ejemplo especies pioneras, adecuadas para el proceso de restauración porque favorecen la recuperación del suelo para que nuevas plantas se establezcan, así como la propagación de las especies vegetales a través de viveros y modelos adecuados de siembra que permitan tener una similitud con el bosque de referencia.

Seleccionar los sitios: Se considera la protección de los cauces principales y sus afluentes correspondientes al río Cauca y la quebrada Pubus.

Diseñar estrategias para superar las barreras: Entre algunas estrategias que se pueden implementar en el área de estudio pueden considerarse las siguientes:

- Talleres de información y concienciación dirigidos a la comunidad.
- Creación de viveros de plantas nativas para su posterior siembra.
- Regeneración natural.
- Restauración activa con especies nativas

Monitorear el proceso de restauración: Con el fin de garantizar el éxito de la restauración, se debe incluir un programa de monitoreo, que incluya el seguimiento y la evaluación a lo largo del tiempo de recuperación del lugar.

Consolidar el proceso de restauración: Esta etapa surge como resultado del proceso de monitoreo constante que se debe hacer en el área de estudio, el cual debe demostrar la adaptación, crecimiento y desarrollo de las especies involucradas que evidencien la ejecución del proyecto definitivo y su viabilidad, de tal manera que del mismo se pueda tomar experiencias para nuevos proyectos restaurativos.

7.3. Mecanismos para la restauración

El esquema de planeación del paisaje rural para la conservación propone el desarrollo de cinco fases principales para conservación de la biodiversidad (Lozano, 2009).

Fase 0: Reconocimiento del territorio rural; pasado y presente.

Fase 1: Caracterización de la diversidad biológica en el paisaje rural, identificación de elementos del paisaje rural con valor de conservación, identificación de viabilidad socioeconómica en el paisaje

Fase 2: Diseño de las herramientas de manejo del paisaje (HMP), diseño de los mecanismos facilitadores para la implementación de las herramientas de manejo del paisaje.

Fase 3: Planificación predial de la zona y establecimiento de acuerdos sobre cambios en el uso del suelo con las comunidades cercanas, el establecimiento de los viveros para la producción de plantas nativas para la restauración.

Fase 4: Seguimiento y evaluación a las estrategias del proyecto.

Este esquema se tendrá en cuenta para implementarlo en el análisis del lugar por restaurar, siendo una guía importante en la obtención de la propuesta de restauración ecológica del sector.

8. Antecedentes

8.1 Antecedentes globales

Benech, Castelar, Servetti & Soust (2018). En su trabajo 'Estrategia nacional de bosque', comentan que los bosques nativos vienen sufriendo un deterioro cualitativo y cuantitativo, relacionado con el cambio en el uso de la tierra especialmente por la agricultura. También hablan sobre la ley forestal creada en 1987 que contienen las disposiciones que regulan bosques, parques y terrenos forestales existentes dentro del territorio nacional y finalmente determinan las necesidades que aún hacen falta fortalecer como la alianza con el sector privado, la articulación y coordinación con otras instituciones en el ámbito del control, establecer vínculos con entidades de investigación y académicas fortaleciendo el conocimiento en bosque nativo, su manejo, ecosistemas y servicios ambientales, lograr financiamiento adecuado para la implementación de la estrategia, y fortalecer el sistema de información y monitoreo sobre el estado del bosque nativo.

Kutschker, Papazian, Martínez & Ibáñez (2019). En su trabajo "Calidad de los bosques ribereños y perspectivas de restauración en un río de la Patagonia Andina, Argentina" Hicieron un estudio sobre la composición del bosque ribereño, donde encontraron fragmentos ubicados en los primeros y los últimos tramos del río Carrileufu, y en el resto poca vegetación relacionada directamente con la urbanización y pastura, indicando poca intensidad de flora haciendo necesarios

proyectos de restauración para su conectividad y postulan que las distintas prácticas forestales para la siembra pueden resultar en modificaciones serias

8.2 Antecedente Nacional

Giraldo, Chará, Chará, & Ramírez (2020), en su trabajo “Restauración de corredores ribereños en paisajes ganaderos de la zona andina colombiana: efectos tempranos en el ambiente acuático”, resaltan la restauración de los bosques ribereños como una medida fundamental para la recuperación de ambientes acuáticos afectados por actividades ganaderas. Realizaron un seguimiento durante tres años a cuatro arroyos ubicados en la cuenca del río La Vieja. En cada arroyo se tomaron muestras de agua para análisis fisicoquímico y bacteriológico, registraron aspectos de calidad de hábitat y recolectaron macroinvertebrados. Durante los años de evaluación hubo una disminución significativa en los valores de DBO, se presentaron cambios leves en la composición del sustrato y los patrones de flujo y aumentaron los valores del índice de calidad de hábitat (ICH). La exclusión de la ganadería del área ribereña y el inicio de procesos de restauración de la vegetación ribereña tuvo un efecto positivo en los parámetros de calidad de agua, del hábitat y en la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, lo que constituye una alternativa valiosa para recuperar ambientes acuáticos en paisajes ganaderos.

Posada & Arroyave (2015) en su trabajo “análisis de la calidad del retiro ribereño para el diseño de estrategias de restauración ecológica en el río la miel, caldas, Colombia” utilizaron el índice de Calidad del Bosque de Ribera que se basa en cuatro aspectos principales: el grado, la estructura y la calidad de cobertura vegetal natural de la zona ribereña y el grado de alteración del canal fluvial. En la primera, consideraron que la calidad del ecosistema ribereño disminuye a medida que se pierde la vegetación nativa y la conectividad con los ecosistemas adyacentes. En la segunda sección evaluaron la estructura de la cobertura vegetal, mediante el análisis de similitud

entre la cobertura vegetal existente y la vegetación que debería estar presente de manera natural en la zona ribereña. En la tercera sección evaluaron la calidad de la cobertura vegetal, haciendo referencia específicamente a su naturalidad y complejidad. La cuarta sección califica el grado de alteración del canal fluvial, teniendo en cuenta no sólo las modificaciones en el lecho de la corriente, sino también, las alteraciones en las riberas. Evaluaron los márgenes del río observando que en las pendientes altas es limitado el establecimiento de otras formas de uso del suelo diferente a la cobertura boscosa. Se caracterizó la vegetación natural de la zona y con base en estos resultados se propusieron cinco estrategias de restauración ecológica: franja de protección de orillas, arreglos agrosilvopastoriles, asistencia a la regeneración natural, enriquecimiento de rastrojos y conservación de bosques.

8.3 Antecedente Regional

La Asociación de usuarios de aguas superficiales y subterráneas de la cuenca del río desbaratado "Asodes" (2013). En su trabajo titulado "Restauración ambiental en áreas de recarga hídrica en la cuenca del río Desbaratado: subcuencas Juanambú y la Tigrera. Municipios de Florida y Miranda departamentos del Valle y Cauca." En este Implementaron estrategias de restauración agroforestal donde realizaron repoblamiento con especies nativas en 20 Has de zonas de protección de fuentes de agua desprovistas de cobertura vegetal para ayudar en la recuperación de ecosistemas naturales en veredas, protegiendo 14 KM de zonas productoras de agua, que abastecen acueductos rurales, mejorando la capacidad reguladora y la calidad del recurso hídrico de las subcuencas Juanambu y la Tigrera de la cuenca del río Desbaratado. Por otro lado, implementaron y tecnificaron sistemas sostenibles específicamente para la cadena productiva del cultivo de plátano, uso de cercas vivas para proteger 20 nacimientos de agua, se hizo capacitación a comunidades

Cárdenas, Baptiste, Ramírez & Aguilar (2015). En su trabajo ‘las plantas invasoras en los procesos de sucesión y restauración Ecológica: experiencias en Quindío y Valle del Cauca, Colombia’, hicieron una revisión de trabajos relacionados con especies invasoras, potencialmente invasoras y especies nativas en procesos de restauración ecológica en los departamentos de Quindío y Valle del Cauca, se basaron en caracterizaciones detalladas de las comunidades, y consideraron que las especies pioneras intermedias favorecen el establecimiento de especies nativas, disminuyendo las posibilidades de llegada o permanencia de invasoras. Se evaluaron el impacto de las especies invasoras en los humedales y las madre viejas del valle. Se encontró que, en La laguna de Sonso, alberga un número aún no conocido de especies invasoras (peces, mamíferos, aves, crustáceos y plantas), que en muchas ocasiones se propician por cambios y transformaciones asociadas al mejoramiento de los sistemas productivos.

8.4 Antecedente Local

Pinzón (2018), en su trabajo titulado ‘Comparación de parcelas experimentales de restauración ecológica en un área potrerizada de la subcuenca río las Piedras, Popayán – Cauca’, realizó una comparación basada en la siembra y en el establecimiento de especies vegetales tras la implementación de núcleos de vegetación en dos parcelas experimentales de restauración ecológica en un área de potrero en la finca Arrayanales ubicada en la subcuenca Río las Piedras, en la que utilizó dos tipos de sustrato (abono orgánico aboniza y capote de monte). Encontrando que *Delostoma integrifolium* y *Smallanthus pyramidalis*, fueron las especies que presentaron mayor crecimiento y menor tasa de mortalidad, además de que las mayores mortalidades de individuos se encontraron en los bloques donde se presentó encharcamiento de agua y donde la pendiente era muy pronunciada, concluyendo además que el aumento en la diversidad de especies vegetales se debió a la remoción del suelo.

Mondragón (2015), en su trabajo “Potencialidades para la restauración ecológica en la vereda Cajete, municipio de Popayán, Cauca” realizó una descripción biofísica y socioambiental, relacionados con la determinación del componente vegetal y faunístico hallando una gran cantidad y variedad de especies, siendo indispensables para proyectos de restauración ecológica. También se clasificaron a las actividades antrópicas como determinantes e importantes para cualquier iniciativa de mejorar el ecosistema, situación que es necesario corregir, para así poder establecer estrategias de restauración ecológica que nos permitan obtener mejores resultados. Se consideró como estrategias la implementación de cercas vivas, propagación de dinamizadoras, sistema silvopastoril, aprovechar los recursos como el estiércol, y la protección de variedades locales de semillas.

9. Marco Metodológico

9.1 Área de Estudio:

El estudio se llevó a cabo en un área ubicada al sur occidente de la ciudad, en la parte baja del barrio el Ortigal, donde convergen el río Cauca y la quebrada Pubus.



Figura 1. Mapa de ubicación de la zona a restaurar en el barrio Ortigal. Fuente: Google earth.

El área de estudio se observa influenciada fuertemente por factores tensionantes que impiden la restauración pasiva y que dan pie a implementar acciones o proyectos ambientales como la restauración activa.

9.2 Zonificación ambiental:

Se realizó una comparación y un análisis del lugar, teniendo en cuenta los datos que la Fundación “Rio las Piedras” pudo suministrar, y los que se registraron en el estudio, en cuanto a la zonificación de la zona por restaurar. Se determinó así los factores influyentes en la modificación y transformación de la biodiversidad, generadas por la alteración de la cobertura vegetal y el cambio en el uso del suelo a que ha sido expuesta.

9.3 Análisis y caracterización del componente vegetal:

En el componente vegetal se realizó un inventario rápido del área a restaurar siguiendo la metodología de colecta y procesamiento del material para herborización de Villareal et Al (2004). La determinación de las especies se realizó utilizando claves especializadas y por comparación con ejemplares de herbario CAUP de la Universidad del Cauca. Posteriormente, el material vegetal recolectado fue depositado en la colección de referencia del mismo.

La medición de rasgos funcionales de las plantas permite conocer la respuesta del fenotipo de los organismos frente a las condiciones de su entorno, por ésta razón es una herramienta para dilucidar el rol ecológico de las especies en el ecosistema (Bonilla, 2018), dato importante para tener en cuenta en la selección de las especies vegetales para el proyecto, donde aporten en la restauración ecológica del lugar.

De acuerdo a Vargas. O (2011), del listado de especies vegetales y sus trayectorias sucesionales registradas en el potencial de regeneración, se seleccionaron las especies más importantes bajo una escala de atributos o rasgos que pueden ser útiles en los sitios que se van a

restaurar. Se realizó una matriz de criterio que permitirá obtener un mayor éxito en la selección de las especies en la restauración ecológica.

Algunas especies forestales y sistemas de siembra, permiten que bajo las plantaciones forestales se fomente la regeneración natural, esto está influenciado por la cercanía y la calidad de las fuentes de propágulos (Aguilar et Al 2015). Para los arreglos florísticos de reintroducción de especies vegetales nativas en el área de estudio, se tendrá en cuenta la funcionalidad y servicios ecosistémicos de las especies vegetales, con el fin de facilitar los procesos de recuperación del ecosistema.

9.4 Análisis del suelo.

Se tomaron muestras de suelo siguiendo la metodología de Cock et Al (2010), para enviar al laboratorio de análisis de suelo de AGROSAVIA con el fin de obtener la caracterización del suelo determinando su estructura y composición para establecer el potencial productivo de este y que permita valorar el grado de explotación agrícola, ganadera y forestal a la que ha estado sometido el terreno (Pinchao, 2013).

9.5 Participación de la comunidad.

Para fomentar las acciones participativas de la comunidad en el proyecto de restauración en el área de estudio se realizó un taller de información y concienciación a través de cuestionarios y charlas en donde se buscó que las personas sean capaces de valorar en su justa medida todo el aporte que pueden generar con acciones transformadoras de su realidad. Todo esto para poder lograr un cambio en el comportamiento de la comunidad afectada la cual será de vital importancia para la consecución del proyecto.

10. Marco legal de la Fundación Pro Cuenca Río Piedras

Ley 99 de 1993, artículo 5: se definen las funciones del ministerio de ambiente y desarrollo sostenible y le confiere la obligación de formular políticas nacionales en relación al medio ambiente y los recursos naturales renovables. Además fija las pautas generales para el ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas ubicadas en el área de jurisdicción.

El Decreto 1729 de 2002 reglamenta el carácter de especial protección de las zonas de páramos, subparamos, nacimientos de agua y zonas de recarga de acuíferos, por ser considerados de especial importancia ecológica para la conservación, preservación y recuperación de los recursos naturales renovables.

Decreto 1640 de 2012 Se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos. Asigna a las CAR'S y a las comisiones conjuntas la responsabilidad de elaborar planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas (POMCAS) para atender las necesidades de prevención, protección, restauración y conservación de los recursos naturales.

11. Diagnóstico

11.1 Zonificación ambiental

El área de estudio se encuentra dividida en franjas de acuerdo a la composición y ubicación de la cobertura vegetal (figura 2). Por lo tanto, se puede observar una zona de bosque ribereño ubicado en mayor proporción hacia el occidente del predio, como parte del borde del fragmento. En la parte norte del área la mayor composición corresponde al bosque fragmentado, por actividades de agricultura que han modificado esta parte, entre los cultivos se puede encontrar café, caña, lulo, maíz, yuca y plátano. Hacia la parte oriental se observa que el suelo presenta

características de alta humedad, relacionadas con la existencia de dos nacimientos de agua hacia el lado nororiental, que depositan sus aguas al río Cauca y que se encuentran rodeados por cultivos. Hacia el interior del fragmento se pueden observar características muy diferentes al borde, donde predominan diferentes tipos de pastos. Hacia el sur, actualmente se encuentra establecida una familia la cual ha invadido una parte del sector para la construcción de una vivienda y para una huerta, situación que debe ser estudiada y solucionada antes de implementar el proyecto de restauración ecológica.

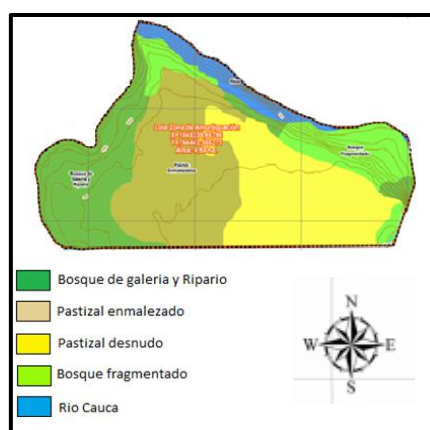


Figura 2. Mapa de zonificación de la zona a restaurar en el barrio Ortigal. (Modificado de Fundación Río las Piedras, 2019).

11.2 Especies vegetales encontradas en el área de estudio

La cobertura vegetal de la zona se encuentra ocupada predominantemente por presencia de pastos, entre los que destaca el pasto varilla (*Panicum virgatum*), el cual es introducido y se considera que es muy versátil y adaptable, logrando crecer y multiplicarse en varias condiciones climatológicas y, diferentes tipos de suelo.

Hacia el occidente de la zona de estudio, se observa un área limitada que contiene una variedad de especies de tipo herbácea, árboles y arbustos, con una función importante dentro del ecosistema. La mayoría de las plantas que se encuentran en los bordes del área, fueron sembradas

por la misma comunidad y por la fundación, tratando de alguna manera de ayudar en la recuperación de la cobertura vegetal; sin embargo, de acuerdo al estudio la siembra no ha tenido en cuenta aspectos importantes como origen y función de las plantas para una verdadera restauración. La composición vegetal en el lado occidental de la zona (tabla 1) muestra una mayor proporción de árboles y arbustos los cuales tienen una función ecológica útil para el ecosistema. Además, se observa la presencia de especies exóticas como acacia japonesa.

Teniendo como base el ecosistema de referencia (vereda Cajete) y las especies vegetales encontradas en el área de estudio se puede constatar que hay un alto porcentaje (74%) de especies nativas del lugar, sin embargo, las actividades antrópicas que aún persisten pueden disminuir significativamente la biota natural del ecosistema.

Tabla 1. Cobertura vegetal encontrada en la zona del bosque ribereño en el área de estudio.

Nombre científico	Familia	Hábito	Altura (mts)	Color de flor
<i>Acacia melanoxylon</i> (Acacia japonesa)	<i>Fabaceae</i>	Árbol	6	Ausencia
<i>Eucaliptus sp</i> (Eucalipto)	<i>Myrtaceae</i>	Árbol	14	Ausencia
<i>Tithonia diversifolia</i> (Botón de oro)	<i>Asteraceae</i>	Arbusto	2	Amarilla
<i>Aciotis sp</i>	<i>Melastomataceae</i>	Herbácea	1	Blanca
<i>Psidium guajaba</i> (Guayaba)	<i>Myrtaceae</i>	Árbol	8	Blanca
<i>Miconia sp</i>	<i>Melastomataceae</i>	Árbol	6	Ausencia
<i>Myrcia popayenensis</i> (Arrayan)	<i>Myrtaceae</i>	Árbol	12	Ausencia
<i>Nectandra acutifolia</i> (Jigua)	<i>Lauraceae</i>	Árbol	8	Ausencia
<i>Myrsine guianensis</i> (Cucharero)	<i>Primulaceae</i>	Árbol	5	Ausencia
<i>Piper aduncun</i> (Cordoncillo)	<i>Piperaceae</i>	Arbusto	7	Ausencia
<i>Rubus urticifolius</i> (Mora)	<i>Rosaceae</i>	Arbusto	4	Blanca
<i>Ficus luschnathiana</i> (Higueron)	<i>Moraceae</i>	Árbol	15	Ausencia

<i>Heliconia sp</i> (Platanillo)	<i>Heliconiaceae</i>	Herbácea	7	Ausencia
<i>Anthuriae sp</i> (Anturio)	<i>Araceae</i>	Herbácea	2	Ausencia
<i>Syzygium jambos</i> (Pomarroso)	<i>Myrtaceae</i>	Árbol	15	Ausencia
<i>Jacaranda mimosifolia</i> (Gualanday)	<i>Bignoniaceae</i>	Árbol	15	Ausencia
<i>Inga spectabilis</i> (Guamo)	<i>Fabaceae</i>	Árbol	15	Ausencia
<i>Quercus humboldtii</i> (Roble)	<i>Fagaceae</i>	Árbol	15	Ausencia
<i>Persea americana</i> (Aguacate)	<i>Lauraceae</i>	Árbol	4	Ausencia
<i>Salvia sp</i> (Liberal)	<i>Lamiaceae</i>	Árbol	4	Fucsia
<i>Duranta sp</i> (Duranta)	<i>Verbenaceae</i>	Árbol	2	Ausencia
<i>Cecropia angustifolia</i> (Yarumo)	<i>Urticaceae</i>	Árbol	12	Ausencia
<i>Ochroma pyramidale</i> (Balso)	<i>Malvaceae</i>	Árbol	14	Ausencia

En la tabla 2 se encuentran las características de las especies vegetales encontradas en la zona de estudio, las cuales se han clasificado de acuerdo a unos criterios que permiten analizar la funcionalidad dentro del ecosistema, para ser o no tenidas en cuenta en la restauración ecológica del lugar.

Tabla 2. Características de las especies vegetales del área de estudio.

Especie	Características de las especies vegetales										
	N	A	PC	FN	CR	RS	TS	F	M	DA	SH
Acacia Japonesa.				X	X	X	X			X	
Eucalipto					X				X		
Botón de oro						X		X		X	
Myconia	X					X					
Guayaba, L.	X						X				
Aciotis	X					X					

Arrayan						X			X		
Jigua o laurel	X	X									X
Cucharo	X				X		X		X	X	
Cordoncillo	X		X		X						
Mora	X						X				
Higueron											
Platanillo	X		X								
Anturio	X						X				X
Pomarroso							X				X
Gualanday	X										
Guamo	X			X			X				
Roble									X		
Aguacate											
Liberal										X	
Duranta	X										
Yarumo	X				X		X				
Balso	X								X		

Nota: N: nativo, A: amenazado, PC: protección de cuencas, FN: Fijador de nitrógeno, CR: crecimiento rápido, RS: recuperador de suelos, TS: tolera diferentes suelos, F: forrajera, M: maderable, DA: distribución amplia, SH: preferencia de suelos húmedos.

En la figura 3 se representan las características de las especies vegetales que se encuentran en la zona por restaurar, del total 23 especies vegetales, la mayor proporción corresponde a la presencia de especies nativas de Colombia con un total de 14 especies, siendo importantes para la recuperación del ecosistema. Se encontró 1 especie en la categoría de amenazada, 3 especies que ayudan en protección de la cuenca, 2 especies fijadoras de nitrógeno, 5 especies de crecimiento rápido, 4 especies importantes en la recuperación de suelos, 8 especies que tienen la capacidad de tolerar diferentes tipos de suelos, 1 especie forrajera, 5 especies, 4 especies de distribución amplia y 3 especies de preferencia de suelos húmedos.

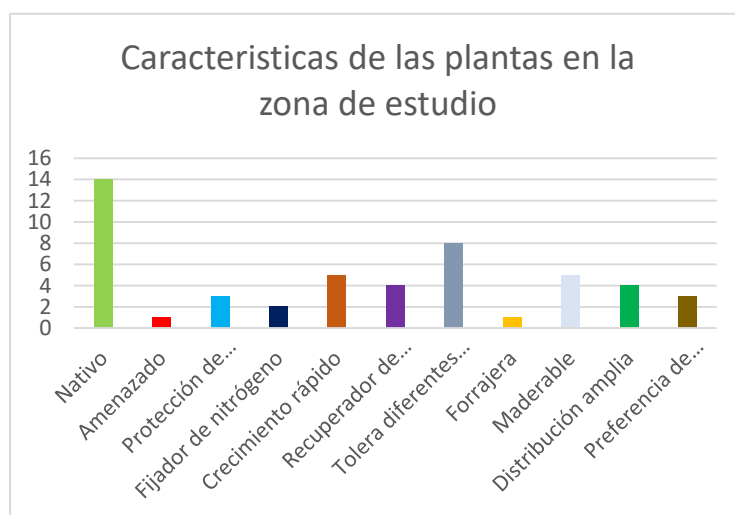


Figura 3. Características de las Vegetales en la zona de estudio a restaurar.

La figura 4 representa las familias botánicas (17) a las que pertenecen las especies vegetales (23) en la zona de estudio, donde la familia Myrtaceae tiene el mayor número de especies.

Nota: Introducida (I) Forrajera (F), crecimiento rápido (CR), maderable (M), ornamental (O), adapta clima (AD), alta reproducción (RE), peligro de extinción (PE), conservación hídrica (CH), crecimiento lento (CL), recuperación de suelos (RS), alimento (A), fijador de nitrógeno (FN), tóxica (T), suelos húmedos (SH).

11.3 Selección De Especies Vegetales

De acuerdo a la literatura y a las especies vegetales encontradas tanto en la zona de estudio como en el vivero, se seleccionaron 26 especies vegetales (tabla 4) que cumplen con características importantes para el proceso de restauración ecológica del sitio como la protección de cuencas hidrográficas, nativas, alimento y que ayuden en la recuperación del suelo.

Tabla 4. *Especies vegetales seleccionadas para el proyecto de restauración en el área de estudio*

Nombre Común	Nombre científico	Función
Caucho Sabanero	<i>Ficus soatensis</i>	Protector de cuencas
Aliso	<i>Alnus acuminata</i>	Protector de cuencas
Nacedero	<i>Thrichantera gigantea</i>	Protector de cuencas
Guadua	<i>Guadua angustifolia</i>	Protector de cuencas
Palma zancona	<i>Syagrus sancona</i>	Alimento
Pino romeron	<i>Decussocarpus rospigliossi</i>	Recuperador de suelos
Tibar	<i>Escallonia paniculata</i>	Protector de cuencas
Duraznillo velitas	<i>Abatia parviflora</i>	Protector de cuencas
Ceiba	<i>Ceiba pentandra</i>	Hábitat para fauna
Guamo	<i>Inga spectabilis</i>	Alimento

Carbonero	<i>Calliandra pitteri</i>	<i>Fácil de adaptarse</i>
Guayacán rosado	<i>Talbebuia rosea</i>	<i>Recuperador de suelos</i>
Arrayan blanco	<i>Myrcianthes leucoxila</i>	<i>Alimento</i>
Platanillo	<i>Heliconia bihai</i>	<i>Alimento</i>
Jigua o Laurel de río	<i>Nectandra acutifolia</i>	<i>Especie pionera</i>
Cucharo	<i>Myrsine guianensis</i>	<i>Fácil de adaptarse</i>
Cordoncillo	<i>Piper aduncun</i>	<i>Fácil de adaptarse</i>
Yarumo	<i>Cecropia peltata</i>	<i>Alimento</i>
Hayuelo	<i>Dodonaea viscosa</i>	<i>Fácil de adaptarse</i>
Balso	<i>Ochroma</i>	<i>Alimento</i>
Siete Cueros	<i>Tibouchina lepidota</i>	<i>Protector de cuencas</i>
Pino Colombiano	<i>Podocarpus oleifolius</i>	<i>Barrera rompeviento</i>
Mayo	<i>Meriania speciosa</i>	<i>Alimento</i>
Guayaba	<i>Psidium guajaba</i>	<i>Alimento</i>
Chachafruto	<i>Erythrina edulis</i>	<i>Recuperador de suelos</i>
Arrayan	<i>Myrcia popayanensis</i>	<i>Recuperador de suelos</i>

11.4 Arreglo Florístico

-Las actividades de siembra de plantas vegetales se deben realizar estableciendo plantaciones más o menos heterogéneas, con vegetación nativa donde cada una cumpla funciones específicas como movilidad-refugio-nicho, alimento, etc.

-Considerando que naturalmente en el bosque, las plantas que se encuentran establecidas no se rigen por normas en cuanto a su distancia entre ellas. De acuerdo a ello, se considera que la

siembra debe ser realizada de manera aleatoria, donde se logre el mayor aprovechamiento del espacio.

- Hacia el norte del área se debe dejar una franja de protección de la cuenca del río Cauca de 10 metros desde la orilla del río hacia el interior del predio, en donde se siembren especies vegetales como: Nacedero (*Thrichantera gigantea*), Guadua (*Guadua angustifolia*), Caucho sabanero (*Ficus soatensis*), platanillo (*Heliconia bihai*), tibar (*Escallonia paniculata*), duraznillo velitas (*Abatia parviflora*), Arrayan blanco (*Myrcianthes leucoxila*), Palma zancona (*Syagrus sancona*), pino romeron (*Decussocarpus rospigliosis*), Cordoncillo (*Piper aduncun*), debido a que se pueden utilizar para la protección de las cuencas. .

-Hacia el área de pastos de 2,59 ha se deben sembrar especies que ayuden en la recuperación del suelo y que puedan adaptarse a las condiciones ambientales, entre estas especies están: Aliso (*Alnus acuminata*), Ceiba (*Ceiba pentandra*), guamo (*Inga spectabilis*), Carbonero (*Calliandra pitteri*), Pino romeron (*Decussocarpus rospigliossi*), Guayacan rosado (*Tabebuia rosea*), cucharo (*Myrsine guianensis*), Hayuelo (*Dodonaea viscosa*), siete cueros (*Tibouchina lepidota*), pino colombiano (*Podocarpus oleifolius*), yarumo (*Cecropia peltata*), mayo (*Meriania speciosa*), Balso (*Ochroma*), Siete Cueros (*Tibouchina lepidota*), Pino Colombiano (*Podocarpus oleifolius*), Mayo (*Meriania speciosa*), Guayaba (*Psidium guajaba*), Chachafruto (*Erythrina edulis*) y el arrayan (*Myrcia popayanensis*).

- Considerando las características del sistema radicular, la altura máxima y follaje entre árboles y arbustos, se considera que la distancia más adecuada para la siembra de las especies vegetales debe ser de 10 m entre árboles, de 3,5 entre arbustos.

En la “tabla 5” se describen las características físicas del suelo teniendo en cuenta la presencia de las diferentes especies vegetales. De acuerdo a ello se realiza una división, donde se

puede observar que el mayor porcentaje pertenece a las dos zonas de pasto con el 57%, correspondiente a 2,6 ha aproximadamente, le sigue el bosque ribereño con 23% equivalente a 1,06 ha, el bosque fragmentado con el 14% correspondientes 0,64 ha y por último la zona que corresponde al río Cauca del 6% con 0,27 ha.

Tabla 5. Descripción de la zona a restaurar.

Coberturas Corine Land Cover	Uso del Suelo	Área (ha).	Área ha.	%	Longitud	Latitud
Bosque Ripario	Protección	4,56	1,06	23	1048278,08	764457,602
Bosque Fragmentado	Agrícola y Extracción Madera	4,56	0,64	14	1048394,51	764474,328
Pastos Enmalezados	Ganadería	4,56	1,31	29	1048285,48	764451,113
Pastos Limpios	Ganadería	4,56	1,28	28	1048395,9	764432,698
Ríos	Protección proporción	4,56	0,27	6	1048352,32	764521,703

Nota: Características físicas y de uso del suelo del lote por restaurar. (Fundación Río las Piedras, 2019).

En la figura 5 se observa la gráfica de las divisiones de cada una de las áreas, medidas en hectáreas, en las que fue dividida el área total. En la figura 6 se observan los porcentajes de la cobertura vegetal de acuerdo a las características que presenta el área de estudio. El área que ocupa una parte del río Cauca es de 6%, los pastos constituyen la mayor con 57%, el bosque fragmentado con el 14%, y el bosque de galería con el 23%.

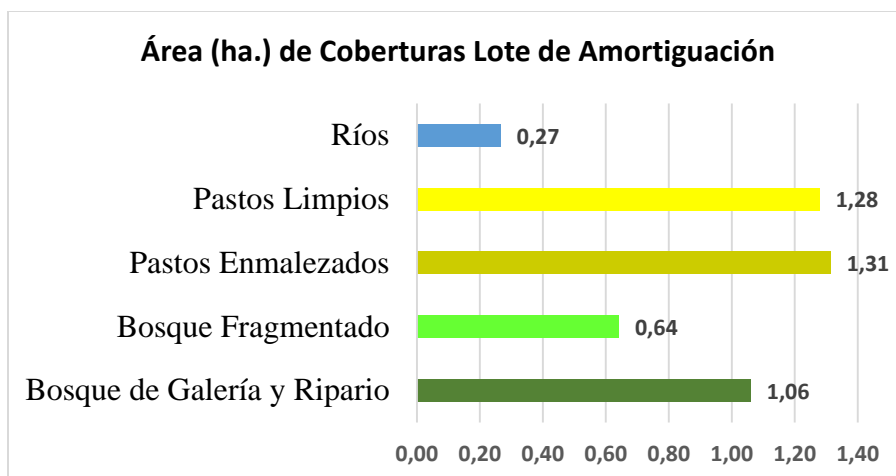


Figura 5. Áreas de cobertura en el lote del barrio Ortigal. (Fundación Río las Piedras, 2019).

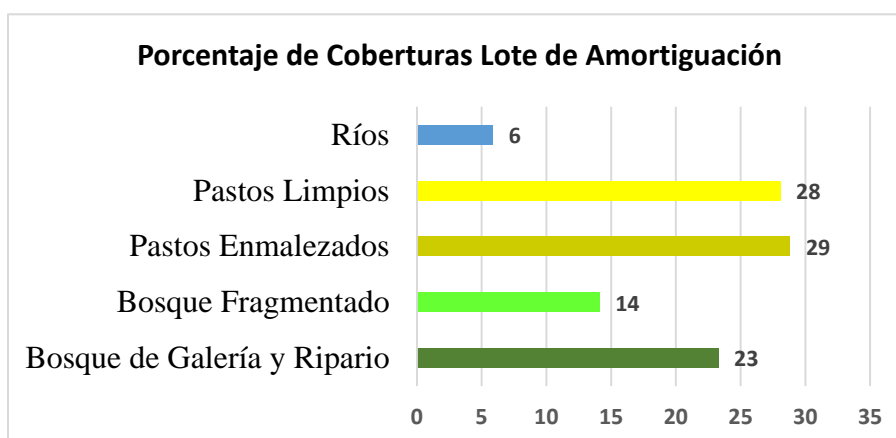


Figura 6. Porcentaje de las coberturas del lote del barrio Ortigal. (Fundación Río las Piedras, 2019).

11.5. Problemática social en el área de estudio.

En la figura 7 se pueden observar los factores tensionantes frente al área de estudio, que moldean la estructura y composición de la cobertura vegetal, cambiando las funciones de los organismos que interactúan en el ecosistema y los cuales requieren de una solución urgente para minimizar y controlar los efectos negativos. En la zona de cultivos (a), se encuentra café, yuca, caña y lulo, establecidos en una pendiente del lugar hacia la parte norte y nororiente del área, donde

además está la presencia de dos nacimientos de agua que desembocan sus aguas en el río Cauca, nacimientos que se encuentran rodeados por estos cultivos. De acuerdo a las características del lugar como zona de amortiguación del río Cauca y la quebrada Pubus, estos cultivos no deben estar establecidos aquí, ya que no cumplen la misma función del de protección de la cuenca. La zona de pastos (b) ocupa la mayor parte del sitio producto de la tala indiscriminada de los árboles, además, se observa contaminación a través depósito de basuras. En la zona de pastoreo (c) se puede apreciar la presencia de caballos que interrumpen la colonización y el establecimiento de las especies vegetales, favoreciendo la dominancia y la naturalización de pastos. La zona de asentamiento humano (d) corresponde a la invasión de una familia en la parte sur del área, para la construcción de una casa y una huerta, espacio de posesión que cada vez se agranda más, poniendo en mayor peligro el área en general.

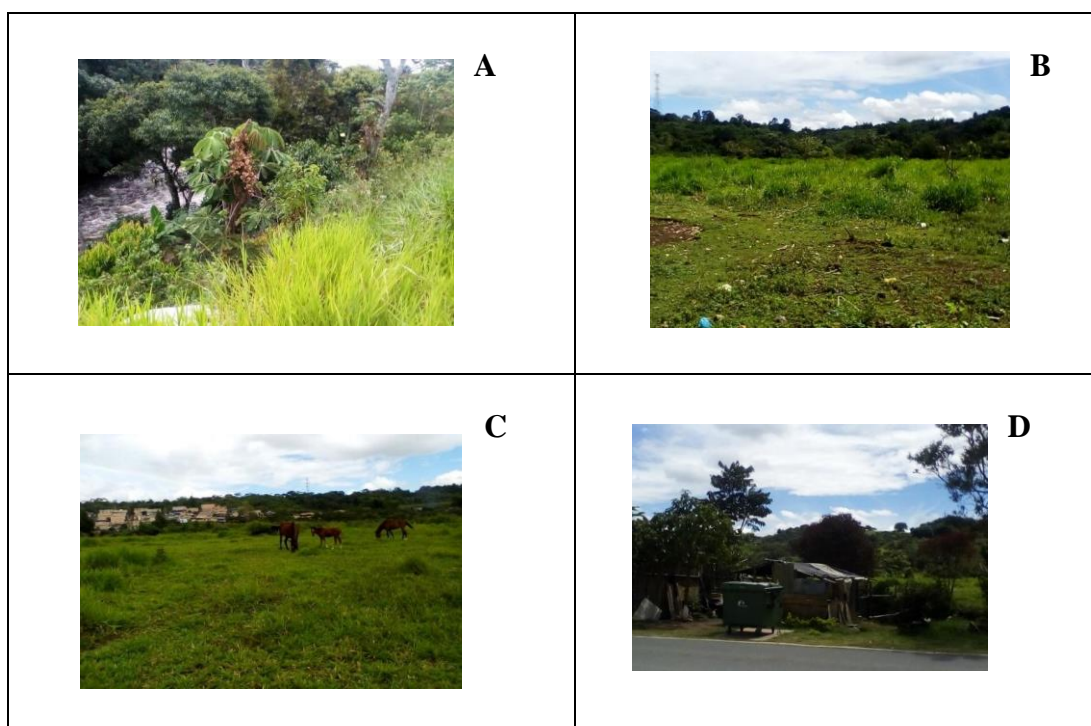


Figura 7. Problemáticas sociales en el área de estudio

Nota: A Zona de cultivos; B Zona de pastos; C Pastoreo; D Asentamiento humano.

11.6. Potencial productivo del suelo.

En la tabla 6 se encuentra la composición química del suelo, en la que se observan las condiciones en las que se encuentra el sitio, que son muy determinantes al momento de iniciar la siembra de las plantas en el área por restaurar. Se observa un valor de pH bajo (5,29) el cual es indicativo de acidez, un CE de 0,21 indicando que no es un suelo salino, alto contenido de materia orgánica, y un alto contenido de nutrientes como aluminio, potasio, hierro, cobre, magnesio y zinc.

Tabla 6. *Composición química del suelo del área de estudio.* Fuente: AGROSAVIA.

DETERMINACIÓN ANALÍTICA	UNIDAD	MÉTODO	VALOR	INTERPRETACION
pH (1:2,5)	Unidades de pH	VC-R-004 Versión 03	5.29	Fuerte a extremadamente ácido
Conductividad eléctrica (CE) (1:5)	dS/m	NTC 5596:2008	0.21	No salino
Materia Orgánica (MO)	g/100g	Walkey & Black	7.23	Alto
Fosforo (P) Disponible (Bray II)	mg/kg	VC-R-007 Versión 2	8.66	Bajo
Azufre (S) disponible	mg/kg	Fosfato monobasico de calcio	5.85	Bajo
Capacidad Interc Catiónico Efect (CICE)	cmol(+)/kg	Cálculo	6.18	Baja
Boro (B) Disponible	mg/kg	Fosfato monobasico de calcio	0.20	Medio
Acidez (Al+H)	cmol(+)/kg	KCl	1.44	No Indica
Aluminio (Al) Intercambiable	cmol(+)/kg	KCl	1.03	Con restricción
Calcio (Ca) disponible	cmol(+)/kg	ID-R-072 Versión 5	2.62	Bajo
Magnesio (Mg) Disponible	cmol(+)/kg	ID-R-072 Versión 5	1.36	Bajo
Potasio (K) Disponible	cmol(+)/kg	ID-R-072 Versión 5	0.69	Alto
Sodio (Na) Disponible	cmol(+)/kg	ID-R-072 Versión 5	<0.14	Normal
Hierro (Fe) olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526:2007	253.95	Alto
Cobre (Cu) olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526:2007	3.75	Alto
Manganeso (Mn) olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526:2007	29.93	Alto
Zinc (Zn) olsen Disponible	mg/kg	NTC 5526:2007	3.83	Alto
		gravimetría		
Saturación de Calcio	%	Cálculo	42	Medio
Saturación de Magnesio	%	Cálculo	22	Medio
Saturación de Potasio	%	Cálculo	11	Alto
Saturación de Sodio	%	Cálculo	1	Normal
Saturación de Aluminio	%	Cálculo	17	Restrictivo

En la figura 8 se observa la interpretación de los componentes químicos del suelo en la que se resalta el alto contenido de materia orgánica (MO) y de nutrientes como potasio (K), hierro (Fe), cobre (Cu), magnesio (Mn) y zinc (Zn).

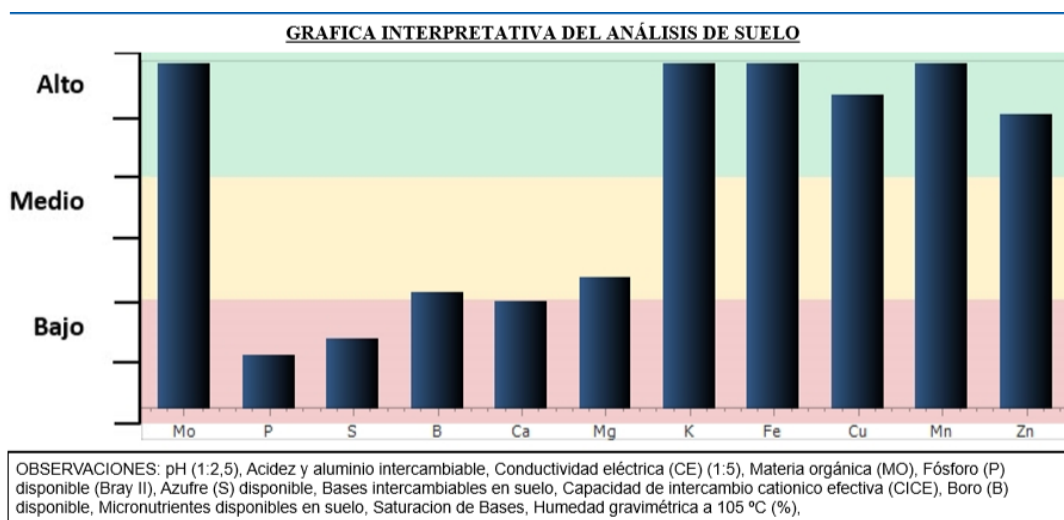


Figura 8. Interpretación de la composición química del suelo. Fuente: AGROSAVIA.

12. Análisis

12.1. Especies vegetales

Se encontró la familia Myrtaceae con el mayor número de especies en el área. Esto obedece a que en la flora nativa colombiana esta familia vegetal es reconocida por su presencia en todas las formaciones vegetales (herbáceas, arbustos y árboles), y en todo el gradiente altitudinal del país (Parra, 2011).

Debido a su altitud (1700 msnm), Popayán alberga en sus calles especies típicas de las arborizaciones de ciudades de clima cálido, como los guayacanes de flor amarilla y rosada (*Tabebuia chrysanta* y *Tabebuia Rosea*), o el yarumo (*Cecropia Sp*) y especies típicas de las arborizaciones de ciudades de clima frío, como el pino romerón (*Decussocarpus rospigliosii*), el sauce (*Salix humboldtiana*) y el mayo (*Meriania speciosa*) (Vargas & Molina, 2008). De acuerdo a las especies vegetales encontradas en el área de estudio, existe un alto número de especies nativas de Colombia (14 sp), lo que significa que, a pesar de ser un área con influencia de actividades

antrópicas, aún conserva especies nativas que sirven como referente para el proyecto de restauración.

En condiciones naturales, las plantas están expuestas a condiciones ambientales cambiantes que determinan respuestas complejas que influyen en el crecimiento y desarrollo. Las respuestas vegetales se manifiestan a nivel celular, tisular u orgánico y afectan los procesos bioquímicos, fisiológicos y del desarrollo. Son caracteres de variación continua controlados por un importante número de genes, cuya expresión es inducida bajo condiciones de estrés abiótico, los cuales codifican proteínas funcionales y proteínas reguladoras específicas. Conllevando a que las plantas se adapten al cambio (Rodríguez, 2006). Las características de las plantas que más sobresalieron tanto en el vivero como en la zona de estudio fueron: capacidad de tolerar diferentes tipos de suelos, crecimiento rápido, distribución amplia y recuperación de suelos, siendo muy adecuadas para tener en cuenta como parte de la vegetación de la zona verde.

El fósforo (P) es un macronutriente esencial necesario para el crecimiento y desarrollo de las plantas, pero la mayor parte del suelo del mundo tiene un contenido limitado de este importante nutriente para las plantas. Las plantas pueden utilizar P principalmente en forma de fosfato inorgánico soluble (P_i) pero están sujetas a estrés abiótico de limitación de P cuando no hay suficiente fosfato soluble disponible en el suelo. El fósforo forma complejos insolubles con Ca y Mg en suelos alcalinos y Al y Fe en suelos ácidos que lo hacen inaccesible para las raíces de las plantas. (Benavidez, 2002)

Para la selección de las plantas, se tuvieron en cuenta algunas características importantes como su origen, es decir se escogieron plantas nativas, además se tuvo en cuenta la adaptabilidad a las condiciones del sitio, la disponibilidad de semillas o plantas, la recuperación y protección de la fuente hídrica, reduciendo la susceptibilidad del ecosistema a diferentes riesgos como las

inundaciones. A través de este análisis, se escogieron 26 especies (tabla 7), teniendo en cuenta que se trata de realizar acciones encaminadas principalmente a la protección de la cuenca del río Cauca, y de la quebrada Pubus, devolviéndole la cobertura vegetal asociada a éste y que cumple con funciones indispensables para el medio ambiente, donde se permita la conectividad entre parches cercanos.

Para la siembra de los árboles cerca al cauce se pueden considerar especies vegetales como: El roble (*Quercus humboldtii*) que es polinizado por el viento y tiene gran importancia ecológica ya que puede formar rodales monoespecíficos extensos (Kattan, 2003); El aliso (*Alnus acuminata*), siendo una especie pionera importante en áreas de derrumbe o donde los desbordes de los ríos dejan expuestos el suelo, es polinizado por el viento y forma rodales monoespecífico, (Kattan, 2003). Además es utilizado como protector de cuencas y cuerpos de agua; El caucho sabanero (*Ficus soatensis*) es utilizado como barrera física, visual, contra ruido y viento, y como protector de cuencas y cuerpos de agua. Además ayuda en el control de erosión y le da estabilidad a los taludes, ejerce un papel importante en el enriquecimiento del suelo y es un excelente regulador climático y de temperatura (Kattan, 2003); El nacedero (*Thrichantera gigantea*), es utilizado como cerca viva y como protector de nacimientos.; La guadua (*Guadua angustifolia*) es utilizada en la protección de cuencas y riberas de ríos y quebradas (Moreno & Cendales, 2018); El Tibar (*Escallonia paniculata*), ayuda a la conservación de cuencas hidrográficas, es fácil de adaptarse y crece rápido (Melo, Rodríguez & Rojas, 2012); El siete cueros (*Tibouchina lepidota*) es utilizado como barrera física, visual, contra ruido y viento. Ayuda en el control de erosión, estabilidad de taludes y enriquecimiento del suelo. Es un regulador climático y de temperatura y es utilizado en la protección de cuencas y cuerpos de agua (Fundación red de árboles, 2021)

Para la siembra de árboles en la zona cubierta de pasto se pueden considerar a el Hayuelo (*Dodonaea viscosa*), que tolera diversas condiciones ambientales y puede adaptarse a otros pisos altitudinales, además, ayuda en la regeneración de suelo (Melo, Rodríguez & Rojas, 2012); El chachafruto (*Erythrina edulis*), utilizado en la recuperación del suelo y sirve como alimento de animales (Espitia, Martínez & Martínez, 2018); El balso (*Ochroma pyramidale*) es nativo, crece rápido y sirve como alimento (catálogo virtual de flora del valle de Aburrá por UEIA, 2014). El pino colombiano (*Podocarpus oleifolius*), es nativo y es utilizado como barrera rompevientos (catálogo virtual de flora del valle de Aburrá por UEIA, 2014). El mayo (*Meriana speciosa*) es utilizado como alimento para fauna (catálogo árboles urbanos en Colombia, 2018). El cordoncillo (*Piper aduncum*) se puede encontrar en varias estructuras boscosas (Dousseau et Al 2014).

12.2. Análisis del potencial productivo del suelo:

El potencial productivo del suelo se refiere a la capacidad que tiene el suelo para sustentar el crecimiento de las plantas y optimizar el rendimiento de los cultivos (Delgado, 2019). Determinando una relación directa entre el suelo y las especies vegetales ya que si el territorio contiene las condiciones adecuadas para la siembra, habrá mayor porcentaje de éxito en el establecimiento de las plantas.

Las propiedades químicas del suelo están íntimamente relacionadas con la fertilidad del suelo por cuanto a partir de las propiedades químicas se define el grado de acidez o alcalinidad de éste, la presencia de aluminio intercambiable, la concentración de fósforo, calcio, magnesio, potasio, sodio y los elementos menores, comprometidos en la nutrición de las plantas. Además, son utilizadas para averiguar las deficiencias o excesos de algunos nutrientes para ser corregidos antes de establecer un cultivo (López & Estrada, 2015). Por ello es muy importante conocer las

características del suelo y determinar así, cuáles son los métodos a seguir de acuerdo a las especies vegetales que se requieran para el proyecto de restauración.

El pH determina el grado de absorción de iones H^+ por las partículas del suelo e indica si el suelo es alcalino o ácido, influyendo en la absorción de nutrientes y el crecimiento de las plantas (López & Estrada, 2015). El pH del área de estudio está en 5.29, lo que indica que el suelo es ácido y que solo aquellas especies vegetales que pueden tolerar este valor van a poder establecerse, ya que el suelo ácido tiende a frenar el crecimiento de las plantas porque estas no pueden absorber los nutrientes de forma eficaz.

La CIC representa la cantidad de cationes que la superficie total puede retener (Ca^{++} , K^+ , Na^+ , etc), y la disponibilidad y cantidad potencial de nutrientes para la planta (López & Estrada, 2015). La CIC en el área de estudio es de 6.18 lo cual es alta y es indicativo de suelos ricos en materia orgánica. Esto es importante porque significa que varias plantas van a tener más probabilidad de establecerse.

La CE, es la capacidad de la solución acuosa del suelo para transportar corriente eléctrica y puede servir como un indicador de la salinidad del suelo. En el área de estudio la CE: 0.21 lo que indica que el suelo no es salino, siendo un aspecto bueno para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Las plantas necesitan elementos y minerales que se clasifican en macro (N, P, K, S, Mg y Ca) y micronutrientes (Zn, Fe, Mn, Cl, Cu, B y Mo) los primeros se requieren en grandes cantidades y los últimos en muy pequeñas cantidades. Algunos de estos elementos se vuelven tóxicos cuando sobrepasan cierta concentración (Barrera, Cruz & Melgarejo, 2007). En el área de estudio se encontró bajo contenido de los macronutrientes y alto contenido de micronutrientes, situación que influye en el desarrollo de las especies vegetales. En general, en suelos de pH ácido

estarán más disponibles los micronutrientes para la planta. Por el contrario, la poca disponibilidad de los macronutrientes en el lugar, requiere de la implementación de fertilización a través de productos orgánicos, considerando las características y sobre todo la función de las bacterias y hongos en el suelo.

El efecto inicial del estrés por aluminio es la inhibición del crecimiento de las raíces, además la acumulación de aluminio es un indicador de que la sensibilidad al Al tiene lugar en el ápice de la raíz; Los mecanismos de resistencia al Aluminio se limitan principalmente al ápice de la raíz; y se induce la formación de callosa en las células apicales de las raíces. La cual tiene como consecuencia una reducción en la toma de agua y de nutrientes. Algunas posibilidades de mejora del estrés por aluminio son: aplicación de materia orgánica al suelo, colonización de raíces con micorrizas, aplicación de ácidos orgánicos a la solución nutritiva. El Al^{3+} interfiere con la toma, el transporte y la utilización de los elementos nutritivos (Casierra & Aguilar, 2007).

Las principales fuentes de materia orgánica pueden ser estiércol de ganadería, compost de origen vegetal, humus de lombriz, abonos verdes y restos vegetales que puedan enterrarse.

12.3. Análisis de la restauración ecológica

Los bosques naturales localizados en áreas cercanas a centros urbanos y áreas de futura expansión urbana, son considerados como ecosistemas de importancia ambiental y ecológica, en razón a los innumerables beneficios que prestan a los habitantes de ciudades y pueblos (Alvis, 2009). Es importante tener en cuenta que el área de estudio está haciendo parte de un barrio de la ciudad, el cual se encuentra fuertemente influenciado por actividades antrópicas que requieren de un manejo adecuado y en donde la participación comunitaria es muy importante en aras de garantizar la continuidad a largo plazo del proyecto de restauración ecológica y afianzar en la comunidad su compromiso con el mejoramiento y conservación de las condiciones ambientales.

De acuerdo al ministerio de ambiente en relación al acotamiento de las rondas hídricas, establecido en el decreto 2245 de 2010, se considera una limitación de la línea física paralela en el cauce de los ríos de 30 m de ancho. Es decir, que esta es la distancia mínima que se debe dejar en toda la margen del río como zona de protección constituida bajo criterios morfológicos, hidrológicos y ecosistémicos. Para el caso de Popayán se puede apreciar que no se cumple, considerando que muchas casas se han construido a distancias menores a la establecida en el decreto, trayendo consigo problemas de contaminación, pérdidas de especies vegetales, entre otros. Debido a ello y considerando que los nacimientos de agua son zonas de protección, que se encuentran en el área de estudio y que todo esto tiene su origen en las prácticas antrópicas es importante que las personas sean más conscientes de sus actuaciones y desarrollen acciones como participar en el proyecto de restauración ecológica y siembren especies vegetales que ayudan a mantener y conservar los ojos de agua por su aporte hídrico constante al río.

Las actividades de acondicionamiento para la plantación son pasos importantes a tener en cuenta, puesto que es necesario directrices o caminos que aclaren las formas de actuar en el proyecto de restauración. Con el fin de garantizar la mayor probabilidad de éxito.

13. Plan de Acción o Intervención.

13.1 Propuesta De Restauración Ecológica Del Bosque Ribereño Con Participación Comunitaria

Para este proyecto de restauración ecológica es importante contar con el apoyo y participación de la comunidad para que el proyecto se pueda consolidar y mantener en el tiempo, ya que las personas deben ser responsables en la siembra, cuidado y mantenimiento de las especies vegetales. Por ello se ha pensado en una estrategia de apadrinar un número de 5 árboles por cada persona que esté interesada en participar.

En la figura 9 se puede observar una división del área total en la que se hace a un lado el área con vegetación existente, considerando para la siembra de especies vegetales en el proyecto de la restauración ecológica solo las áreas de cultivos agrícolas y el área de pastos, logrando conseguir un área total de 3,03 ha.

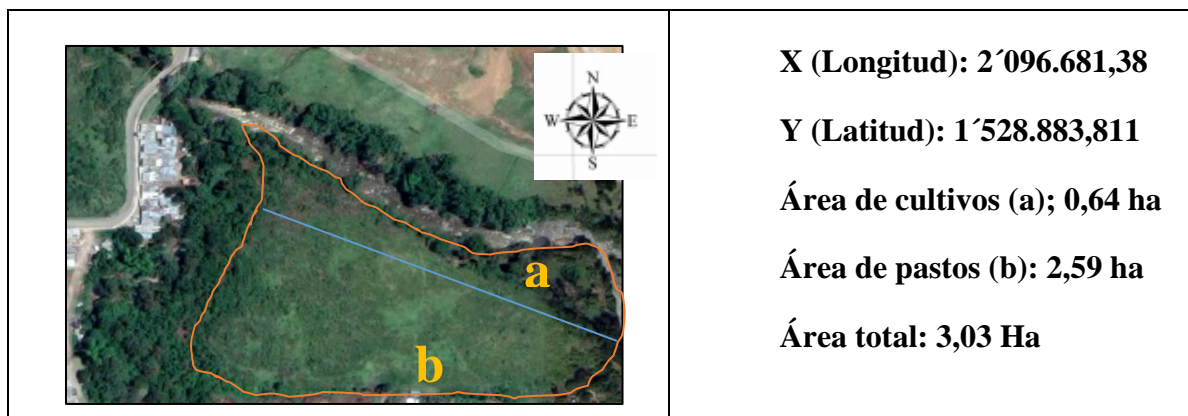


Figura 9: Área determinada para la propuesta de restauración ecológica.

Nota: a área de cultivos; b zona de pastos.

En la figura 10 se observa el mosaico del proyecto de restauración, en el que se puede apreciar la división del área total (Figura 9) en 2 zonas; Se considera una zona de protección por la presencia de 2 nacimientos de agua ubicados hacia la parte nor-oriental. Esta zona tiene una distancia de norte a sur de 10 ms, en la que se abarca desde la margen más baja del río hasta la pendiente, donde se deben sembrar especies vegetales que ayudan a la recuperación y mantenimiento del caudal del río. La zona verde corresponde al área en el que se deben sembrar especies vegetales que ayudan a la recuperación de las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, así como también a recuperar parte de la fauna que está asociada y que además permita una conexión entre los parches de vegetación más cercanos, logrando restablecer el equilibrio perdido por el mal uso.

La distribución y siembra de las plantas están definidas en el arreglo florístico, así como el abono orgánico. Se espera prioridad a los nacimientos de agua en la zona de protección donde se siembran plantas que ayuden a su conservación. Las especies implementadas en el proyecto deben ser nativas y deben ayudar a devolverle la mayor parte de las condiciones propias del lugar.

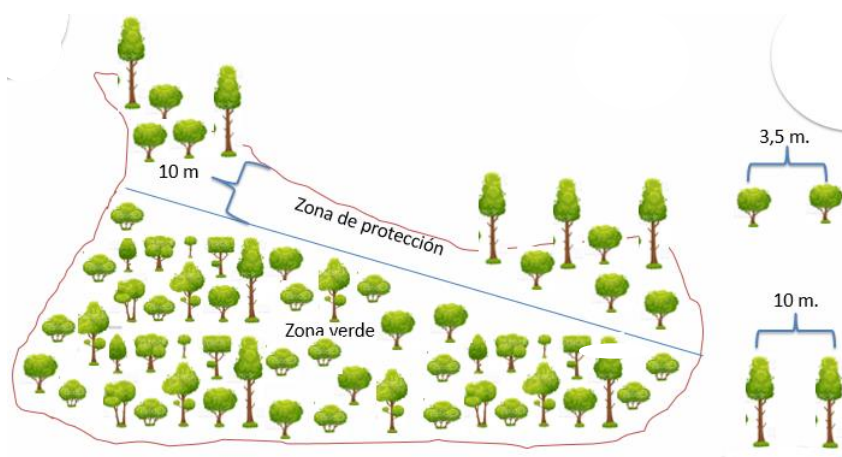


Figura 10. Mosaico del proyecto de restauración en el área de estudio

13.2 Actividades De Acondicionamiento Para La Plantación

Como actividades preparatorias para la siembra de los árboles y su cuidado posterior, se deben desarrollar las siguientes labores:

- Cercos alrededor del área de estudio

Teniendo en cuenta que en el área se encuentran factores tensionantes que han impedido la restauración pasiva y que así mismo puede verse afectado el desarrollo y la continuidad de proyecto de restauración, es muy importante que desde la alcaldía se tomen medidas para controlar la entrada al lugar y se reubique a la familia que está invadiendo el terreno.

- Limpieza y adecuación del cauce

Se debe realizar una limpieza del cauce manualmente. Retirando todos aquellos elementos extraños a la quebrada Pubus y al río Cauca y que puedan generar represamiento o contaminación del agua, tales como escombros, barro, madera, basuras, etc. Además, se debe recolectar y desalojar manualmente o con rastrillo plantas invasoras del cauce como la especie ojo de poeta, para poder mantener controlada su propagación excesiva.

- Limpieza y adecuación de las zonas de siembra.

Para las zonas de siembra se debe eliminar todo tipo de residuos que se encuentren esparcidos, tales como escombros, basuras, leña. Así mismo se deben implementar actividades de eliminación del pasto braquiaria que puede afectar el establecimiento de las especies vegetales.

- Recolección y desalojo de los residuos generados.

Los residuos vegetales obtenidos en la limpieza deben ser retirados y llevados a una empresa certificada para su posterior manejo.

-Método y distancia de siembra.

El método de siembra es de manera aleatoria, donde se garantice mayor cobertura y mejor desarrollo de la plantación.

La distancia de siembra será de 10 m. entre árboles de alto porte y de 3,5 m. entre arbustos.

- Ahoyado.

Se harán hoyos de dimensiones entre 50-80 cm de diámetro y 50-80 cm de profundidad, de acuerdo al tipo de suelo presente en el área.

- Distribución sustrato (tierra negra enriquecida).

Siendo esta zona de suelos orgánicos, en su mayor parte, para la siembra de los árboles solamente en ciertos sectores se adicionará un sustrato de tierra negra enriquecida con cascarilla de arroz. Si es necesario, a la tierra excavada se le agrega cascarilla de arroz, para mejorar su textura y su capacidad de retención de humedad.

La distribución del sustrato nuevo se hará en carretilla o en lonas, de acuerdo a las condiciones del terreno en cada sector. Al lado de cada hoyo, se dejará el volumen suficiente de tierra para realizar la siembra del espécimen.

- Distribución y siembra de árboles.

Se distribuirá por toda el área de siembra cumpliendo con las especificaciones contempladas en el arreglo florístico diseñado y la selección de especies vegetales anteriormente, luego se procederá a la siembra de todos los individuos.

- Tutorado de las plantas.

Para garantizar el buen desarrollo del material vegetal, a cada individuo se le instalará un tutor de madera, con dimensiones de 2,5 m. de altura por 1,5 a 2,11 cm. de grosor, que le ayude a protegerse de la fuerza del viento y direccione su crecimiento en los primeros años de vida.

- Riego.

El aporte continuo de agua a los árboles se debe garantizar, por todas las personas encargadas. Para ello, se deberá hacer el riego día por medio, de acuerdo a los requerimientos de cada especie.

- Fertilización, Control fitosanitario y Resiembra.

Se debe realizar un mantenimiento integral del material vegetal, es decir, desarrollar las labores de fertilización y control fitosanitario a los 60 días después de la siembra, para asegurar el establecimiento definitivo de la plantación. En caso de presentarse mortalidad del material vegetal, se debe realizar resiembra.

14. Conclusiones

- Dadas las características de los bosques ribereños, es necesario comprender a cabalidad su desarrollo, el medio en que estos se encuentran insertos y su relación con el medio ambiente circundante.
- El análisis de suelo arrojó que es rico en nutrientes y de una acidez moderada no siendo necesaria la restauración del suelo por lo cual se hace viable la restauración ecológica pudiéndose reintroducir todas las especies nativas según su capacidad de carga ecológica permita.
- Para materializar la restauración ecológica del área se hace necesaria la concertación con su población circundante, la cual debe de ser educada para contribuir al logro de la restauración lo cual representa uno de los retos más complejos de este proceso, por el nivel educativo de aquellas gentes y de sus usos

y costumbres que no siempre van en consonancia con la conservación medioambiental.

- La legislación en Colombia para la protección de bosques ribereños no se cumple, generando una disminución cada vez más en su estructura, composición, funcionalidad y conexión.

15. Recomendaciones

- Tener un acercamiento con la comunidad del barrio en donde a través de charlas se enseñe las problemáticas ambientales causadas por las actividades antrópicas y a su vez, la gente pueda aportar con su experiencia y conocimiento.
- La alcaldía de Popayán a través de la autoridad competente debe estar más pendiente de las situaciones que se presentan en el barrio el Ortigal para controlar las actividades que vayan en contra de la restauración ecológica y que impidan que esta se desarrolle de una manera adecuada.
- Involucrar a la comunidad en el proyecto de restauración para que este se consolide y se prolongue en el tiempo y se convierta en un modelo para desarrollar otros proyectos similares en diferentes zonas de la ciudad, el departamento y el país.
- Podría considerarse la idea de utilizar agroecosistemas en donde a través de la diversificación de cultivos se incrementa la biodiversidad, todo esto para enfrentar la problemática de que muchas zonas donde se desarrollan proyectos de restauración existe presencia humana, la cual es difícil o imposible de trasladar.

16. Bibliografía

- Acero. A & Cortes. F (2014). *Propagación de especies nativas de la microcuenca del río La Vega, Tunja Boyacá, con potencial para la restauración ecológica*. Rev. Acad. Colomb. Cienc. Colombia.
- Achicanoy. J & Sánchez. J (2018). *Análisis y proyección de las coberturas vegetales mediante el uso de sensores remotos y Sistemas de Información Geográfica en la localidad de Suba, Bogotá, Colombia*. Revista UNAL. Recuperado de: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/68285/67007>.
- Acueducto y alcantarillado de Popayán (2021). *Fundación procuena río piedras*. Recuperado de: <https://aapsa.com.co/ambiental/fundacion-procuena-rio-las-piedras/>
- Aguilar. M, Ramírez. W & Peña. N (2015). *Programa para el fortalecimiento de capacidades regionales sobre restauración ecológica*. Bogotá, Colombia. Instituto de investigación Alexander con Humboldt. Colombia.
- Alvis. J (2009). *Análisis estructural de un bosque natural localizado en zona rural del municipio de Popayán*. Popayán, Colombia. Universidad del Cauca. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v7n1/v7n1a13.pdf>
- Asodes (2013). *Restauración ambiental en áreas de recarga hídrica en la cuenca del río desbaratado: subcuencas juanambu y la tigrera. Municipios de Florida y Miranda departamentos del Valle y Cauca*. Colombia. Recuperado de: <https://www.asocana.org/documentos/2882013-08573AED->

[00FF00,000A000,878787,C3C3C3,0F0F0F,B4B4B4,FF00FF,FFFFFF,2D2D2D,
B9B9B9,D2D2D2.pdf](http://bdigital.unal.edu.co/8545/14/07_Cap05.pdf)

- Barrera. J, Cruz. M & Melgarejo. L (2007). *Nutrición Mineral*. Bogotá, Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de: http://bdigital.unal.edu.co/8545/14/07_Cap05.pdf.
- Benavidez. A (2002). *Ecofisiología y bioquímica del estrés en plantas*. Universidad autónoma agraria Antonio narro. México. Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Adalberto-Benavides-Mendoza/publication/305346608_Ecofisiologia_y_bioquimica_del_estres_en_plantas/links/57893ca808ae59aa6675e204/Ecofisiologia-y-bioquimica-del-estres-en-plantas.pdf
- Benech. E, Castelar. A, Servetti. H & Soust. P (2018). *Estrategia nacional de bosque nativo*. Montevideo, Uruguay. Treadinco S.A.. Recuperado de: https://www.unique-landuse.de/images/publications/vereinheitlicht/Estrategia_Nacional_de_Bosque_Nativo.pdf
- Bonilla. N (2018): *Rasgos funcionales de la vegetación en el cerro Tacarcuna-Chocó, en el marco del proyecto Colombia BIO. v1.2. Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico John Von Neumann (IIAP). Dataset/Occurrence. Recuperado de: <https://doi.org/10.15472/rvqphw>*
- Camacho. R, Trejo. I & Bonfil. C (2006). *Estructura y composición de la vegetación ribereña de la Barranca del río Tembembe., Morelos, México*. Boletín de la Sociedad Botánica de México.

- Cárdenas. J, Baptiste. M, Ramírez. W & Aguilar. M (2015). *Herramienta para la gestión de áreas afectadas por invasiones biológicas en Colombia*. Instituto de investigación de recursos biológico Alexander von Humboldt. Colombia. Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Mauricio-Aguilar-Garavito/publication/305766334_Conceptos_de_restauracion_ecologica_aplicados_a_ecosistemas_afectados_por_especies_invasoras/links/579f902408aece1c72156601/Conceptos-de-restauracion-ecologica-aplicados-a-ecosistemas-afectados-por-especies-invasoras.pdf#page=132
- Casierra. F & Aguilar. O (2007). *Estrés por aluminio en plantas: reacciones en el suelo, síntomas en vegetales y posibilidades de corrección. una revisión*. Revista Colombiana de hortícolas. Recuperado de: https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias_horticolas/article/view/8701/7243
- Catalogo árboles urbanos en Colombia (2018). *Meriana speciosa*. Recuperado de: catalogoarbolesurbanos.eia.edu.co
- Catalogo virtual de flora del valle de Aburrá por UEIA (2014). *Balso*
- Catalogo virtual de flora del valle de Aburrá por UEIA (2014). *Pino colombiano*
- Cock. J, Álvarez. D & Estrada. M. (2010). *Guía práctica para la caracterización del suelo y del terreno*. Cali, Colombia. Corporación BIOTEC. Recuperado de: [https://www.aclimatecolombia.org/download/agricultura-por-sitio/rasta-2011-121116071713-phpapp02\(2\).pdf](https://www.aclimatecolombia.org/download/agricultura-por-sitio/rasta-2011-121116071713-phpapp02(2).pdf)
- Cuartas. Y & Castaño. E (2008). *Descripción botánica y fitoquímica del jazmín de noche (Cestrum nocturnum)*. Caldas- Colombia. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/bccm/v12n1/v12n1a01.pdf>

- De la Riva. E, Pérez. I, Navarro. C, Olmo. M, Marañón. T & Villa. R (2014). *Rangos funcionales en el género Quercus: estrategias adquisitivas frente a conservativas en el uso de los recursos*. Rev. Ecosistemas. Vol. 23. España.
- Delgado. M (2019). *Uso potencial y efectivo de la tierra agrícola en Colombia: resultados del censo nacional agropecuario*. Bogotá. Recuperado de: https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/4079/Repor_Septiembre_2019_Delgado.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Dousseau. S, De Souza. I, De Castro. E, De Alvarenga. A, Alves. E, Pereira. J, Da Silva. J & Bastos. V (2014). *Caracterización del limbo de Piper aduncum (piperaceae): Análisis estructurales histoquímicos y de sus aceites esenciales*. Gayana Botánica. Vol 71
- Espitia. A, Martínez. M & Martínez. J (2018). *Aprovechamiento del Chachafruto (Erythrina edulis) en la obtención de bebidas fermentadas y alimentos complementarios*. Universitaria Agustiniiana. Bogotá. Colombia.
- FAO y PNUMA 2020. *El estado de los bosques del mundo 2020. Los bosques, la biodiversidad y las personas*. Roma. Recuperado de: <https://doi.org/10.4060/ca8642es>
- Fundación Red de árboles (2021). *Siete cueros*. Biblioteca ambiental.
- Fundación Rio las Piedras (2019). *Informe de la cobertura PTAR*.
- Garmendia. L (2019). *Hibisco: baja de peso, rejuvenece, contra hipertensión, etc. Plantas medicinales*. Recuperado de: <https://www.plantas-medicinales.es/hibisco-baja-de-peso-rejuvenece-contra-hipertension-etc/>

- Giraldo. L, Chara. J, Clara. A & Ramírez. Y (2020). *Restauración de corredores ribereños en paisajes ganaderos de la zona andina colombiana: efectos tempranos en el ambiente acuático*. Rev. Acad. Colomb. Cienc. Colombia. Recuperado de: <https://raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/1063/2793>
- Gómez. D (2012). *Nuestro Arrayan*. Bogotá, Colombia. Tomado de: <http://bdigital.unal.edu.co/8685/3/dianacristinagomezruiz.20121.pdf>
- Granados. D, Hernández. M. & López. G (2006). *Ecología de las zonas ribereñas*. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente.
- Hernández. T (2013). *El pajuro o chachafruto (Erythrina edulis) una opción de seguridad y soberanía alimentaria, en los andes orientales sudamericanos*. INCADES. Recuperado de: <http://incades.org/wp-content/uploads/2016/05/pajuro-o-chachafruto-opcion-seguridad-y-soberania-alimentaria-andes-orientales-sudamericanos.pdf>
- Hess. H & Domínguez. J (2000). *Follaje de nacedero (Trichantea Gigantea) como suplemento en la alimentación de ovinos. Pasturas tropicales*. Recuperado de: http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/PAST2032.pdf
- Kattan. G (2003). *Bosques andinos y subandinos*.
- Kutschker. A, Papazian. G, Martínez. O & Ibañez. N (2019). *Calidad de los bosques ribereños y perspectivas de restauración en un río de la Patagonia Andina, Argentina*. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Sede Esquel. Chubut. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/340475713_Calidad_de_los_bosques_ri

berenos_y_perspectivas_de_restauracion_en_un_rio_de_la_Patagonia_Andina_Argentina

- Loizzoa. M, Tundis. R, Bonesi. M, Menichini. F, Mastellone. V, Avallone. L & Menichini. F (2012). *Radical scavenging, antioxidant and metal chelating activities of Annona cherimola Mill. (cherimoya) peel and pulp in relation to their total phenolic and total flavonoid contents*. Yucatán, Mexico. Elsevier Inc. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0889157511001967>
- López. M & Estrada. H (2015). *Propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo*. Departamento de Manejo y Conservación de Recursos Naturales Tropicales. Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. . Recuperado de: <http://www.ccba.uady.mx/bioagro/V8N1/BC%208.1%20Propiedades%20del%20suelo.pdf>
- Lozano. F (2009). *Herramientas de manejo para la conservación de biodiversidad en paisajes rurales*. Bogotá, Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR).
- McDonald. T, Gann. G, Jonson. J & Dixon. K (2016) *International standards for the practice of ecological restoration – including principles and key concepts*. Society for Ecological Restoration, Washington, D.C. Recuperado de: http://www.restauremoschile.cl/wp-content/uploads/2018/11/SER_Standards_Spanish_rev.pdf
- Melo. O, Rodríguez. N & Rojas. F (2012). *Patrones de arquitectura foliar asociados al crecimiento funcional de 5 especies leñosas nativas de la cordillera*

oriental, utilizados en restauración ecológica en la sábana de Bogotá. Colombia forestal. Vol 15.

- Minambiente (2015). *plan estratégico sectorial 2015-2018. sector de ambiente y desarrollo sostenible.* Recuperado de: http://www.minambiente.gov.co/images/planeacion-y-seguimiento/pdf/Plan_Estrategico_Institucional/PLAN_ESTRATEGICO_SECTORIAL_2015-2018.pdf.
- Mondragón. V (2015). *Potencialidades para la restauración ecológica en la vereda Cajete, municipio de Popayán, Cauca.*
- Moreno. J & Cendales. M (2018). *Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de la guadua angustifolia Kunth originaria de Armenia Quindío.* Universidad católica de Colombia. Bogotá
- Perea. R, Miguel. S & Gil. L (2014). *Interacciones planta-animal en la regeneración de Quercus pyrenaica: ecología y gestión. Madrid, España.* Revista científica de ecología y medio ambiente. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/264544404_Interacciones_planta-animal_en_la_regeneracion_de_Quercus_pyrenaica_ecologia_y_gestion
- Pinchao. J (2013). *estimación del potencial productivo del suelo (PPS) en un cultivo de maíz (Zea mays) afectado por salinidad en dos municipios del Valle del Cauca.* Universidad del Valle. Recuperado de: <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/7752/1/TESI2015S%20PPS%20y%20SALINIDAD.pdf>

- Posada. M & Arroyave. M (). *Análisis ñllñde la calidad del retiro ribereño para el diseño de estrategias de restauración ecológica en el río la miel, Caldas Colombia.* Rev.Eia.Esc.Ing.Antioq.envigado. Colombia. Recuperado de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372015000100011
- Rodríguez. J, Puig. A & Leyva. C (2018). “*Caracterización estructural del bosque de galería de la Estación Experimental Agroforestal de Guisa*”. Recuperado de: <http://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/view/311/>
- Rodríguez. L (2006). *Implicaciones fisiológicas de la osmorregulación en plantas.* Bogotá. Agronomía Colombiana. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v24n1/v24n1a04.pdf>.
- Sánchez. L, Amado. G, Criollo. P, Carvajal. T, Roa. J, Cuesta. A, Conde. A, Umaña. A, Bernal. L & Barreto. L (2009). *El aliso (Alnus acuminata H.B.K) como alternativa silvopastoril en el manejo sostenible de praderas en el trópico alto colombiano.* Colombia. Corpoica. Recuperado de: http://plantashumedal.weebly.com/uploads/2/0/1/5/20159271/aliso_en_sistemas_silvopastoriles.pdf
- Solarte. L (2017). *Por falta de planeación, problemas en construcción de PTAR en Popayán.* Rev las 2 orillas.
- Universidad EAFIT (2016). *Urapán Fraxinus Chinensis.* Recuperado de: <http://www.eafit.edu.co/institucional/campus-eafit/universidad-parque/arboles/Paginas/urapan.aspx>.

- Universidad EIA (2014). *Catálogo virtual de flora del Valle de aburrá*. Recuperado de: <https://catalogofloravalleaburra.eia.edu.co/species/13>
- Vargas. B & Molina. L, 2008. *Árboles para Popayan: especies que fortalecen la estructura ecológica principal*. Rev. nodo. Vol. 2. recuperado de: <file:///C:/Users/Estudiante/Downloads/Dialnet-ArbolesParaPopayan-3396647.pdf>
- Vargas. O (2011). *Restauración ecológica: Biodiversidad y Conservación*. Bogotá, Colombia. MActa Biológica Colombiana. recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/3190/319028008017.pdf>
- Villareal. H, Alvarez. M, Cordoba. S, Escobar. F, Fagua. G, Gast. F, Mendoza. H, Ospina. M & Umaña. A (2004). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. Bogotá, Colombia. Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt. Recuperado de: https://www.zin.ru/animalia/coleoptera/pdf/villareal_et_al_2004.pdf