



ISSN DIGITAL 2806 - 0504

GRUPO DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

GREUNAL

CÁPSULAS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

2
2023

EXPERIENCIAS LOCALES EN
CUNDINAMARCA Y BOYACÁ

Apoyan
Facultad de Ciencias
Programa de Gestión de Proyectos
División de Acompañamiento Integral

Bienestar **UNAL**
SEDE BOGOTÁ



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA



CÁPSULAS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

Experiencias locales en Cundinamarca y Boyacá

Cápsulas de Restauración Ecológica # 2

2023 | ISSN digital 2806 - 0504

Las *Cápsulas de Restauración Ecológica* corresponden a una compilación general de temas relevantes en el desarrollo de proyectos de restauración. Estas cápsulas están dirigidas a todas las personas interesadas en aprender sobre la restauración de ecosistemas, especialmente los ecosistemas andinos, de una forma reflexiva y participativa.

ABC de Restauración

greunal_fcbog@unal.edu.co ✉

facebook.com/greunal

instagram.com/greunal

twitter.com/greunal

Programa de Gestión de Proyectos (PGP)

proyectoug_bog@unal.edu.co ✉

(601) 3165000 Ext.: 10661-10662 ☎

facebook/gestiondeproyectosUN

Instagram: @pgp_un

http://bienestar.bogota.unal.edu.co/pgp/biblioteca/biblioteca_pgp.html

Contacto Facultad de Ciencias

dirbien_fcbog@unal.edu.co ✉

Universidad Nacional de Colombia
Cra. 45 No 26-85 Edificio Uriel Gutiérrez
Sede Bogotá
www.unal.edu.co

El material expuesto en esta edición puede ser distribuido, copiado y expuesto por terceros si se otorgan los créditos correspondientes.

Las obras derivadas del contenido del presente volumen/número deben contar con el permiso del (de los) autor(es) de la obra en cuestión. No se puede obtener ningún beneficio comercial por esta publicación.

Las ideas y opiniones presentadas en los textos de esta edición son responsabilidad exclusiva de sus respectivos autores y no reflejan necesariamente la opinión de la Universidad Nacional de Colombia.

RECTORA

Dolly Montoya Castaño

VICERRECTOR

José Ismael Peña Reyes

DIRECTORA BIENESTAR SEDE BOGOTÁ

Yulí Edith Sánchez Mendoza

DECANO(A) FACULTAD DE CIENCIAS

Martha Raquel Fontanilla Duque

JEFE DE DIVISIÓN DE ACOMPANIAMIENTO INTEGRAL

Zulma Edith Camargo Cantor

COORDINADOR PROGRAMA

GESTIÓN DE PROYECTOS

William Gutiérrez Moreno

DIRECTOR(A) BIENESTAR

FACULTAD DE CIENCIAS

Claudia Elizabeth Mora Huertas

EQUIPO EDITORIAL

Docente que acompaña y avala el proyecto

Nelly Rodríguez Erazo

Coordinación

Lizeth Babativa Melgarejo

Pre-edición

Biólogo UN - Estudiante CC UN

Juan Pablo Benavides Tocarruncho

Estudiante Maestría Biología UN

Jeniffer Díaz Rodríguez

Estudiantes - Biología UN

Manuela Arias García

Lizeth Babativa Melgarejo

David Julián Castaño

Sabina Hernández

Estudiante - Antropología UN

Felipe Otálora Salgado

Corrección de Estilo PGP

Diana Consuelo Luque Villegas

Diseño y diagramación PGP

Fernando Rodríguez

Jose Castro Garnica

Fotos de Portada y Contraportada

Jeniffer Díaz



CÁPSULAS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

CONTE NIDO

8	.....	AGRADECIMIENTOS
10	.....	INTRODUCCIÓN <i>Manuela Arias García</i>
12	.....	HERRAMIENTAS PARA LA LECTURA
16	.....	< CÁPSULA 1 EL VIVERO: UN LABORATORIO DE VIDA <i>Alejandro Peña</i>
24	.....	< CÁPSULA 2 ¿CÓMO ESTABLECEMOS EL ESTADO DE NUESTRO ECOSISTEMA? <i>Juan Pablo Benavides y Lizeth Babativa Melgarejo</i>
36	.....	< CÁPSULA 3 EL CASO VILLA MARÍA EN CÁQUEZA: PROPUESTA DE INTERVENCIÓN PARA UN PREDIO CON INTENCIÓN DE REHABILITACIÓN <i>Manuela Arias Sabina Hernández Alejandro Peña Daniel Parra</i>

CÁPSULA 4 - 50
PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE RESTAURACIÓN
EN PREDIO DE CHOACHÍ, CUNDINAMARCA

Laura Esperanza Ruiz Marín
Hugo Alejandro Peña Moreno
Lizeth Babativa Melgarejo
Jonathan Stiven Espitia Romero

CÁPSULA 5 - 64
PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE RESTAURACIÓN EN
EL COLEGIO SOLEDAD ACOSTA DE SAMPER, BOGOTÁ

Juan Pablo Benavides Tocarruncho
Viviana Marcela Álvarez Montoya
Juan David Olaya Salinas
Camila Elisa Puerta Buitrago

CÁPSULA 6 - 80
APORTE AL PROCESO DE RESTAURACIÓN EN EL
SANTUARIO DE FAUNA Y FLORA DE IGUAQUE

Jeniffer V. Díaz Rodríguez
María M. Núñez Izquierdo

GLOSARIO 94

BIBLIOGRAFÍA 96



AGRA DECI MIEN TOS

Estos trabajos son posibles gracias a las personas que han confiado en el grupo de restauración ecológica GREUNAL y nos han abierto las puertas de sus predios. Agradecemos al profesor Fabian Ricardo Acuña, del Departamento de Economía de la Universidad Nacional, por invitarnos a su lote y darnos la oportunidad de conocer el bello paisaje de Choachí. Gracias a María Edy Pulido Baquero por invitarnos a su finca en Cáqueza, Villa María, donde pudimos recorrer el bello bosque andino de la cordillera oriental.

Reconocemos el gran trabajo que el profesor Juan Pablo Ospina, del colegio Soledad Acosta de Samper, ha realizado con sus estudiantes en la búsqueda de una institución más consciente sobre las problemáticas ambientales y quienes nos han abierto las puertas de la institución y nos dieron la oportunidad de transmitir nuestros conocimientos sobre restauración. También agradecemos a: los profesionales y funcionarios del Santuario de Flora y Fauna de Iguaque por confiar y apoyar la realización del proyecto que surgió como una idea mientras recorríamos ese mágico lugar; a Jairo Peña y la comunidad campesina de Sumapaz por abrirnos sus puertas, permitirnos recorrer esas tierras tan cargadas de historia y escuchar las recomendaciones en pro de mantener el ecosistema que los ha acogido.

Agradecemos tanto a Esteban Villamizar por el muestreo de hongos realizado en Choachí, como a todos los estudiantes que participaron en las actividades de este y otros proyectos, pues sin su ayuda muchas cosas no habrían sido posibles, y al señor Gustavo, encargado del laboratorio 103 de ecología, en el departamento de Biología, quien nos brindó su ayuda con el préstamo de los materiales y equipos necesarios para el procesamiento de muestras y del espacio para nuestras reuniones.

Finalmente damos las gracias a nuestros profesores por su consejo y ayuda; al laboratorio de equipos ópticos de la Universidad; en general, a la Universidad Nacional de Colombia, por darnos los conocimientos necesarios para desarrollar estos proyectos; y, en particular, a la Facultad de Ciencias y al Programa de Gestión de Proyectos (PGP) por brindar los fondos para el desarrollo de las actividades y algunas salidas de campo.



IN TRO DUC CIÓN

MANUELA ARIAS GARCÍA

La restauración ecológica es una disciplina esencial en el contexto actual, dado que la transformación de ecosistemas ha generado pérdidas de biodiversidad que amenazan la vida en la Tierra. Es por ello, que la búsqueda de estrategias para recuperar parte de la estructura y composición de los ecosistemas perturbados se ha convertido en una tarea cada vez más relevante y prioritaria para las personas. Con ello en mente, Greunal, como el Grupo de Restauración Ecológica de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, ha asumido la responsabilidad de contribuir en las intenciones de grupos y personas interesadas en restaurar sus predios.

Por ende, este segundo número de las *Cápsulas de Restauración Ecológica* comparte un recorrido práctico hacia la restauración, evidenciando que no existe una única ruta hacia la restauración ecológica y que cada lugar, con sus particularidades y antecedentes, puede tener, a su vez, múltiples maneras de ser intervenido, considerando también las dimensiones sociales y económicas de la interacción humana con la naturaleza.

Así pues, esta ruta hacia la restauración comienza con un capítulo dedicado a la experiencia del grupo en el vivero, laboratorio de vida y lugar esencial para iniciar y mantener nuestros proyectos de restauración. Posteriormente, se presentan tres casos particulares, en tres predios de Cundinamarca, donde se realizaron varias visitas y cuyos proyectos de restauración motivaron la redacción de esta nueva edición de las *Cápsulas*, cuyo objetivo es brindar una guía práctica para la intervención de un área a las personas que dispusieron sus predios y voluntad a Greunal; un ABC de restauración con la caracterización de su terreno y las posibilidades de manejo, según la intención de uso del suelo manifestada. Finalmente, se presenta una experiencia de restauración en el Santuario de Flora y Fauna Iguaque con la cual se establecieron protocolos de propagación de especies nativas del bosque altoandino.

Esperamos que estas nuevas *Cápsulas de Restauración Ecológica* de Greunal animen a más personas a iniciar sus procesos de restauración, y que la exposición de casos particulares suscite inspiración en quienes nos leen para cuidar sus predios y encontrar formas de mantener su sustento económico, en armonía con la preservación y recuperación de los ecosistemas que habitan.





HERRA- MIENTAS PARA LA LECTURA

En esta sección presentamos las ayudas visuales que facilitarán la comprensión del contexto de trabajo en cada caso de estudio; por ello, a continuación, encontrarán un mapa (figura 1) y dos tablas (tablas 1 y 2). El mapa corresponde a la ubicación espacial de los predios de trabajo donde se realizaron las intervenciones; mientras que las tablas presentan las convenciones para identificar los disturbios identificados en los predios (tabla 1) y la clasificación de los suelos (tabla 2) con base en el sistema de clasificación del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC, 2002), el cual incluye las variables explicadas en la sección “Aprendamos a analizar nuestros suelos”, de la cápsula 2.

MAPA 1.

Ubicación geográfica de los lugares en donde se llevaron a cabo las experiencias de restauración.



Nota. Archivo Greunal.

TABLA 1.

Convenciones para los disturbios identificados en los predios.



Invasión de helecho marranero
(*Pteridium aquilinum*)



Clima extremo



Invasión de ojo de poeta
(*Thunbergia alata*)



Invasión de zarzamora
(*Rubus sp.*)



Ganadería



Depósito de escombros



Contaminación



Conflicto de intereses sobre el uso del suelo



Cultivos

TABLA 2.

Tipos de suelo de los predios intervenidos.

**Vereda El Hato,
Choachí**

Suelos de clima frío con pendiente y poco húmedos, con origen en arcillas y cenizas volcánicas.

Tienen de moderado a alto contenido de materia orgánica, pH ácido, y por su profundidad se utilizan para cultivos o vegetación forestal.

Complejo de suelos: *Humic Dystrudepts; Typic Argiudolls; Typic Hapludands; Thaptic Hapludands*

**Finca Villa
María, Cáqueza**

Suelos con pendiente y materia orgánica, sin carbonato de calcio, que tienden a ser de pH básico; pueden tocar la roca en los primeros 50 cm; son usados para bosque y pastoreo. Presentes en cuencas y ríos.

Asociación de suelos: *Typic Haplustepts; Lithic Ustorthents*

**Colegio Soledad
Acosta de
Samper, Bosa**

Suelo urbano. Presenta alto contenido de arcillas, humedad media y pH neutro.





**Vivero Greunal en el edificio 421
del Departamento de Biología
Universidad Nacional de Colombia**

*Sede Bogotá · 2022
Archivo Greunal*



CÁPSULA 1.



EL VIVERO: UN LABORATORIO DE VIDA

ALEJANDRO PEÑA



Esta cápsula busca comprender los métodos para reproducir y propagar especies de uso potencial en procesos de restauración. Para ello, se realizaron ensayos con especies típicas de etapas tempranas, intermedias y tardías de la sucesión ecológica. A continuación, se desglosa paso a paso el proceso, desde la recolección de las semillas hasta la **rustificación** de las plántulas.

METODOLOGÍA BÁSICA

1. Recolección de las semillas. Las semillas suelen recolectarse en zonas aledañas a los predios intervenidos y se procura usar especies nativas. Por ejemplo, en Choachí, se recolectó una especie del género *Clusia*, presente en un parche de bosque cercano.

2. Selección y adecuación de las semillas. Luego de la recolección, se hace la selección, clasificación y limpieza de las semillas. Esta limpieza varía según el tipo de fruto; por ejemplo, las bayas y las **drupas**, que son frutos carnosos, requieren la remoción del **mesocarpio** (“pulpa”) que cubre o envuelve a las semillas. Se pueden usar cernidores para facilitar el proceso. Luego se desinfectan con una solución de hipoclorito de sodio al 1%.

3. Germinación. Las semillas con longitud inferior a 2 cm inician la prueba de germinación en cajas de Petri; las de mayor tamaño, en germinadores con sustrato. Se trabaja con un mismo número de semillas por caja o germinador, y con varias repeticiones para calcular porcentajes de germinación.

4. Toma de datos. En el vivero hay un termohigrómetro y dos termómetros de máximos y mínimos. Cada vez que se monitorean las semillas y plántulas, en una bitácora,

se anota la temperatura actual, la humedad relativa del momento, al igual que la temperatura máxima y mínima registrada durante el tiempo de ausencia.

5. **Traslado y siembra.** Una vez las semillas germinan, se trasladan a germinadores con **sustrato**. En la bitácora, se registra la fecha, la especie, la cantidad de semillas germinadas y la identificación del germinador al cual se trasladan, que generalmente es el nombre de la especie.

6. **Trasplante.** Cuando las plántulas han desarrollado varias hojas verdaderas, es decir, las hojas que crecen después de los **cotiledones**, se trasplantan a bolsas de polietileno con tierra negra; se realiza el registro en la bitácora; y, si es posible, se realiza registro fotográfico como respaldo.

7. **Digitalización de datos.** A medida que se van compilando los datos de la bitácora, se sugiere digitalizarlos en un formato de hoja electrónica (Excel), mínimo una vez a la semana, para organizar la información y evitar posibles pérdidas de datos.

8. **Rustificación.** Cuando las plántulas han crecido hasta una altura similar a la del sustrato en el que están sembradas, se someten a endurecimiento o rustificación, que consiste en exponerlas a las condiciones naturales del lugar donde han sido sembradas, para evaluar su resistencia durante un periodo de tiempo determinado.

RESULTADOS

PROPAGACIÓN DE ESPECIES

A mediados del año 2022, se inició un ciclo de ensayos de germinación, crecimiento y sobrevivencia con dos especies de **bosque altoandino** de la familia Fabaceae

(*Erythrina rubrinervia* y *Tara spinosa*). La mayoría de las fabáceas están asociadas con bacterias del género *Rhizobium*, fijadoras de nitrógeno atmosférico, lo que les permite mejorar las condiciones del suelo sobre el cual se establecen y las hace útiles para la restauración ecológica.

IMAGEN 1.

Primeras semillas germinadas de *Erythrina rubrinervia* (izq.) y *Tara spinosa* (dcho.).



Nota. Fotografía tomada por Juan Pablo Benavides

Según el catálogo de Plantas de Colombia (Bernal, Gradstein y Celis, 2015), el chocho (*Erythrina rubrinervia*) (imagen 2) es un árbol de amplia distribución, con flores tubulares de color rojo que, generalmente, atrae insectos y aves. Sus semillas, también de color rojo, se emplean en la fabricación

de artesanías. Mientras que el dividivi de tierra fría (*Tara spinosa*) es un árbol con distribución particular, que se encuentra en enclaves secos de los valles interandinos, en zonas del Escudo Guayanés, y en bosques secos de países andinos como Perú y Bolivia, donde se ha usado y cultivado por los taninos de sus frutos (Villena y Seminario, 2021).

IMAGEN 2.

Plántulas de *Erythrina rubrinervia* y *Tara spinosa*.



Nota. Archivo Greunal

En la imagen 1, se observan las plántulas de ambas especies, con más de cuatro meses desde su germinación. En este proceso, la tasa de germinación fue superior al 80 % para *T. spinosa* y del 100 % para *E. rubrinervia*.

GRÁFICA 1.

Curva de germinación de *Erythrina rubrinervia*.



GRÁFICA 2.

Curva de germinación de *Tara spinosa*.



La curva de germinación de *E. rubrinervia* (gráfica 1) muestra que las semillas germinan a partir de la cuarta semana y continúan en promedio hasta 56 días después de la siembra. En el caso de *T. spinosa*, las semillas tendieron a germinar rápidamente y presentaron mayor tasa de germinación al final de la segunda semana; por lo que la especie necesitó en promedio un total 35 días para su germinación.



Laboratorio 103 de Ecología

Junio · 2022

Archivo Greunal



CÁPSULA 2.

**¿CÓMO
ESTABLE-
CEMOS
EL ESTADO
DE
NUESTRO
ECO-
SISTEMA?**

**JUAN PABLO BENAVIDES Y
LIZETH BABATIVA MELGAREJO**

En esta cápsula se presentarán las metodologías de análisis de suelos y muestreos de vegetación.

APRENDAMOS A ANALIZAR LA ZONA

Idealmente, la información sobre la zona se obtiene haciendo recorridos y conversando con las personas locales; por ello, es fundamental recolectar la siguiente información:

1. Extensión del área de acción
2. Disturbios pasados y actuales, ¿hace cuánto conocen la zona?
3. Intenciones del uso del suelo
4. Qué intervenciones han hecho (p.ej.: ganadería, agricultura, tiempo de abandono)
5. Actividades económicas de la zona
6. Identificación de ecosistemas de referencia (relictos de bosque cercanos).

En este proceso, es importante informar a las personas sobre las acciones realizadas en el área, el propósito, los conceptos básicos y las implicaciones de tiempo, dinero y esfuerzo.

APRENDAMOS A ANALIZAR MUESTRAS DE SUELO

Es necesario conocer las condiciones del suelo antes de comenzar un proyecto de restauración para visualizar los obstáculos y facilidades en el crecimiento de las plantas a utilizar.

EN CAMPO

MATERIALES USADOS EN CAMPO

- Cilindro de metal
- Martillo
- Tabla pequeña
- Bolsas resellables (1 por cada cilindro)
- Pala
- Metro (opcional)

VARIABLES PARA MEDIR EN CAMPO

Estas variables describen las propiedades del suelo, al indicar su compactación (densidad), estados de degradación (profundidad) y su susceptibilidad a la erosión (inclinación).

a. **Densidad aparente.** Tomar la muestra con el cilindro en tres puntos distanciados 2 m entre sí.

Para ello, se debe enterrar el cilindro sobre suelo sin vegetación usando el martillo; sin embargo, **no se debe martillar directamente, por lo que se recomienda colocar una tabla o palo resistente entre el cilindro y el martillo.**

Posteriormente, todo el suelo de cada cilindro se guarda en una bolsa resellable individual, etiquetada con el nombre del sitio y el número consecutivo de la muestra, del 1 al 3; por ende, debe haber tres (03) muestras individuales por cada punto de muestreo (3 esquinas del triángulo).

IMAGEN 3.

Diagrama espacial de la disposición y etiquetado de las muestras de suelo.



b. **Profundidad del suelo.** Introducir una vara larga y medir la profundidad máxima alcanzada.

c. **Pendiente o inclinación.** Medir con un nivel (app de teléfono) los grados de inclinación en los sitios donde se toman las muestras de suelo.

EN EL LABORATORIO

MATERIALES USADOS EN EL LABORATORIO

- Balanza ➤ Horno ➤ Bandeja metálica
- Crisol ➤ **Mufla** ➤ pH-metro

Variables para medir en laboratorio

Para identificar el contenido relativo de agua y la densidad aparente de las muestras recolectadas, se deben seguir estos pasos:

- i. Cada muestra se pesa en fresco, o sea, tan pronto como sea posible. Se debe restar el peso del recipiente donde está el suelo.
- ii. Cada muestra se coloca en una bandeja metálica y se seca en el horno a 105 °C durante 48 h.
- iii. Una vez esté seco el suelo, se pesa nuevamente.
- iv. Se calcula el contenido relativo de agua y la densidad aparente del suelo con las siguientes fórmulas:

Contenido relativo de agua

$$\% \text{ Agua} = \frac{(\text{peso en fresco g} - \text{peso en seco g})}{\text{peso en fresco g}}$$

Densidad aparente del suelo

$$V = \left(\frac{\text{Diámetro cm}}{2} \right)^2 \cdot \pi : \text{Densidad aparente} = \frac{\text{peso seco g}}{\text{volumen cm}^3}$$

Nota. La densidad aparente del suelo se obtiene usando el valor del volumen calculado para el cilindro metálico.

Los suelos que son muy compactos tienen valores mayores a 1.5g/cm^3 y evidencian actividades como la ganadería. Estos suelos impiden el crecimiento de las raíces y la retención de agua. Además, la baja densidad del suelo puede estar relacionada con la cantidad de materia orgánica que es menos densa, ya que un suelo **tropical** saludable o maduro tiene valores alrededor del 30% de materia orgánica seca y presenta densidades menores a 1.5g/cm^3 . Además de identificar el contenido relativo de agua y la densidad aparente del suelo, también es posible encontrar el **contenido de materia orgánica relativa** y la acidez del suelo. Para obtener el Contenido de materia orgánica relativa, se deben seguir estos pasos:

- i. Se toma una muestra de suelo seco en un crisol previamente pesado y se toma el peso inicial con la muestra del suelo.
- ii. El crisol se lleva a ignición entre $300\text{-}500\text{ }^\circ\text{C}$ en la mufla durante 3 h. Recuerda el uso de guantes y pinzas para manipular el crisol.
- iii. El suelo que está en el crisol se deja enfriar y luego se toma el peso final.
- iv. El porcentaje de materia orgánica se calcula con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ MO} = \frac{(\text{peso inicial g} - \text{peso crisol g}) - (\text{peso final g} - \text{peso crisol g})}{\text{peso inicial g} - \text{peso crisol g}}$$

Mientras que, para identificar la **acidez del suelo**, es necesario:

- i. Tomar 10g de suelo seco y disolverlo en 25 ml de agua destilada. Para ello, se debe mezclar durante 1 minuto continuamente.
- ii. Durante 30 min, la solución se deja en reposo y luego

se vuelve a mezclar vigorosamente durante un minuto.

iii. La solución aún suspendida se toma y se acerca un pH-metro convencional para obtener el valor del pH.

Los valores de pH del suelo deben estar entre 5.5 y 8.5 para considerarse neutro; los suelos fuera de este rango pueden ser ácidos (debajo de 5.5) o básicos (más de 8.5) y pueden modificar la disponibilidad de nutrientes y afectar el crecimiento de algunas plantas.

Finalmente, para conocer la cantidad de agregados del suelo (porciones compactas en el suelo), se deben seguir los siguientes pasos:

- i. Tomar 100 g de suelo seco.
- ii. Pasar los 100 g por un tamiz o colador de 2 mm de apertura.
- iii. Pesar la cantidad que queda retenida en el tamiz. Estos son los agregados del suelo.
- iv. El peso, en gramos, de los agregados corresponde al porcentaje de agregados en el suelo.

Un suelo de bosques conservados tiene alrededor de menos de 15% de agregados en el suelo.

APRENDAMOS A IDENTIFICAR ESPECIES VEGETALES

Estudiar la composición florística permite conocer las especies de un área geográfica, su distribución y su fisonomía, aportando las bases para entender los mecanismos biológicos que allí operan. Lo cual es útil para la conservación del ambiente; especialmente por la necesidad de propagar especies nativas y preservar las condiciones ecológicas que permitan su existencia. Así, el reconocimiento y evaluación de la vegetación es fundamental para generar estrategias adecuadas de restauración ecológica.

MATERIALES

- Tijeras podadoras
- Baja ramas
- Lápiz o rapidógrafo
- Libreta
- Cuerda o pita
- Bolsas plásticas

TRABAJO DE CAMPO

Es la fase del trabajo en la cual se recolectan las muestras de las especies vegetales y se procesan para que no se deterioren, y, así, sean preservadas con la mayor cantidad de características visiblemente posibles.

RECOLECCIÓN DE MUESTRAS EN CAMPO

La recolección de muestras puede ser aleatoria u organizada, es decir, se pueden recolectar individuos o especies de interés específico en el predio o según el establecimiento de parcelas o transectos; esta última es más recomendada, para un muestreo más detallado. Para la recolección es importante tener en cuenta lo siguiente:

- Se deben recolectar tres (03) duplicados de cada individuo.
- Se toma la porción terminal de una rama con varias hojas, idealmente que presente flor o fruto para facilitar su identificación
- Si son hojas compuestas u ocupan mucho espacio, se deja una o pocas hojas, incluyendo su tallo base.
- Si es un arbusto o árbol de porte pequeño y se puede tomar la muestra de forma manual, se realiza un corte limpio con unas tijeras podadoras.
- Si son especies arbóreas muy altas, se debe utilizar un baja ramas o corta ramas.

A su vez y como parte de este proceso, en una **libreta de campo** se anotará toda la información asociada a los ejemplares:

- ▶ Localidad donde se recolecta (país, estado/provincia, distrito, municipio, etc.) y una descripción desde lo general hasta lo particular. Con ayuda de un GPS se pueden tomar las coordenadas y la elevación o altitud.

- ▶ Fecha de la recolección y nombres del equipo acompañante.

- ▶ Número de colección del colector. Incluye las iniciales del botánico o colector y el número de colección, la primera colección que se realice de una planta será su número uno, la segunda será el número dos, y así sucesivamente. Este es único para cada planta y sus duplicados.

- ▶ Información taxonómica del ejemplar si se realiza la identificación directa en campo, sea por conocimiento del ejemplar o con ayuda de guías de campo. Puede ser familia, género u otro.

- ▶ Nombre común por el que la planta es conocida en la zona y sus usos, si los tiene. Se pueden incluir datos relacionados con posibles dispersores de semillas y frutos o polinizadores que se conozcan.

- ▶ Descripción de la planta con aquellas características que se perderán cuando la muestra sea secada y depositada en alguna colección biológica o herbario. Algunas son: Hábito (árbol, arbusto, hierba, epífita, etc.); dimensiones de la planta y medidas de frutos frescos; colores de flores y frutos; olores o aromas, si se considera de utilidad; y exudados (color, textura y olor).

EMBALAJE DE LAS MUESTRAS

Todos los duplicados de cada espécimen se guardan en bolsas plásticas de aprox. 30x40 cm (misma bolsa para los duplicados de la misma especie), debidamente marcadas con el número de colección. Posteriormente, las bolsas recolectadas en el día se guardan en una lona.

PRENSADO Y ALCOHOLIZACIÓN DE LAS MUESTRAS

MATERIALES

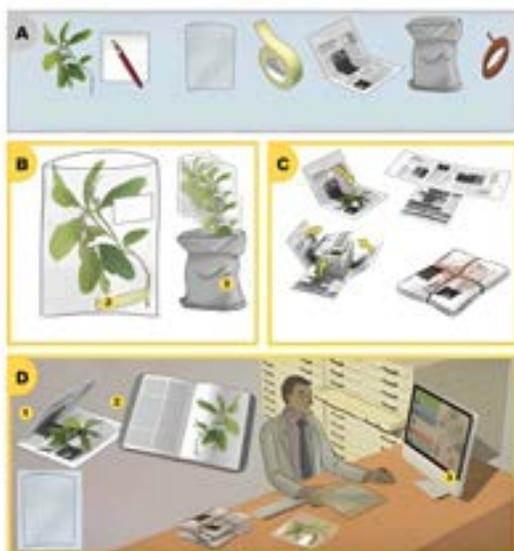
- Papel periódico
- Alcohol al 75%
- Bolsa plástica transparente gruesa y grande
- Marcador
- Cuerda de nylon o pita

PROCESO

IMAGEN 4.

Procedimiento para el almacenamiento, preservación, traslado e identificación de los ejemplares botánicos.

Adaptado de González y García. Instituto Alexander von Humboldt.



i. En un área de trabajo disponible, se ubican las bolsas con el mismo número de colección y se marcan con ese número tantas hojas de papel periódico como duplicados haya. Aprovechando el doblez del periódico, en el interior de cada hoja se pone un duplicado de la planta, de manera que unas hojas se vean por el anverso y otras por el envés. Se repite este procedimiento por cada bolsa.

ii. Las muestras se apilan haciendo presión (se vale la ayuda de dos tapas de cartón) y, finalmente, se amarran en cruz.

iii. Los paquetes se introducen en bolsas plásticas y se agrega alcohol hasta humedecerlos en su totalidad. Se saca el aire de la bolsa y se amarra con una cuerda o pita.

iv. Las muestras se transportan a un herbario, donde serán puestas en cuarentena y secadas.

v. Después de secas, se comienza el proceso de identificación haciendo uso de guías, claves taxonómicas y otros ejemplares del herbario.



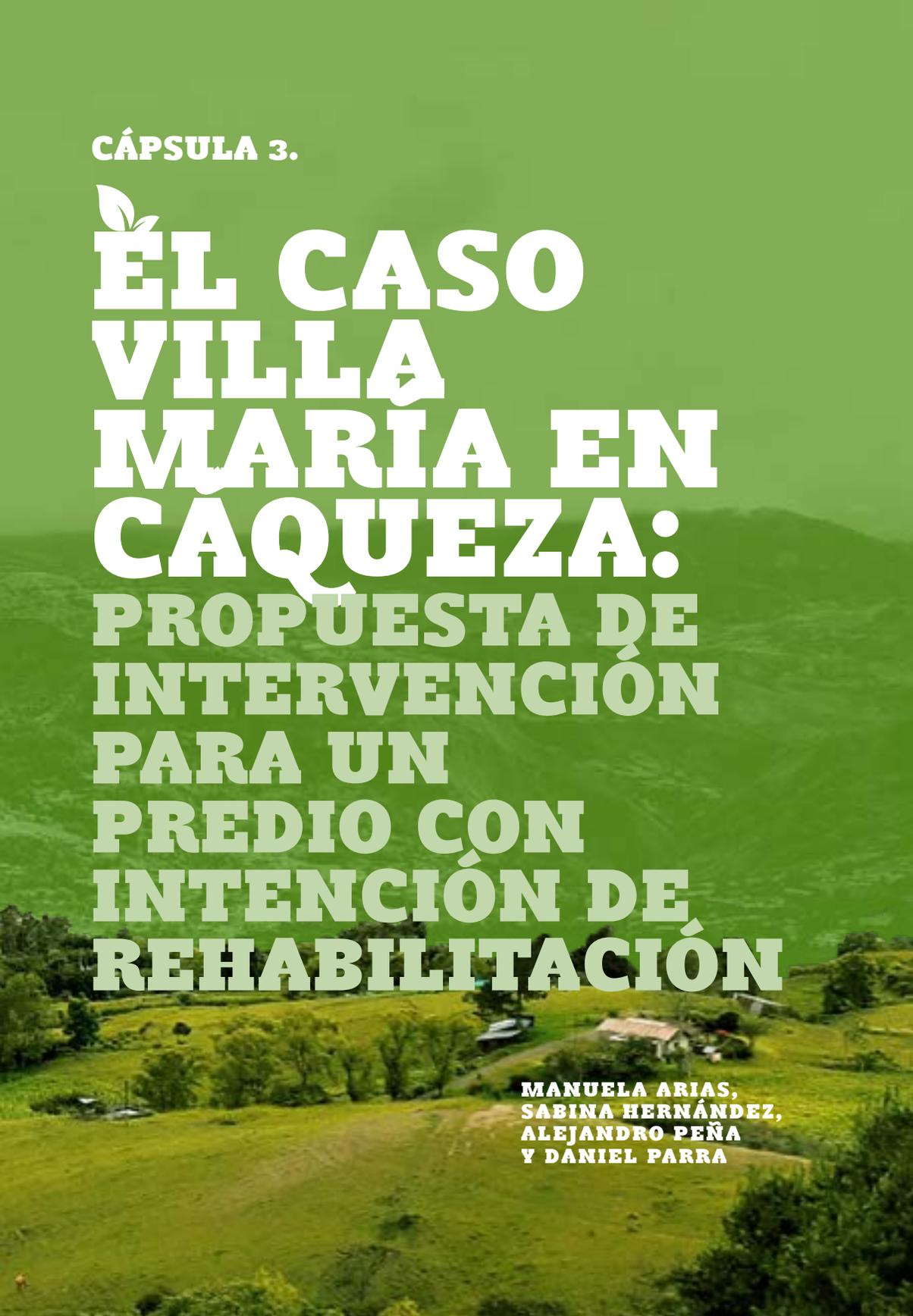
Finca Villa María · Cáqueza

Junio · 2022

Archivo Greunal



CÁPSULA 3.



**EL CASO
VILLA
MARIA EN
CAQUEZA:
PROPUESTA DE
INTERVENCIÓN
PARA UN
PREDIO CON
INTENCIÓN DE
REHABILITACIÓN**

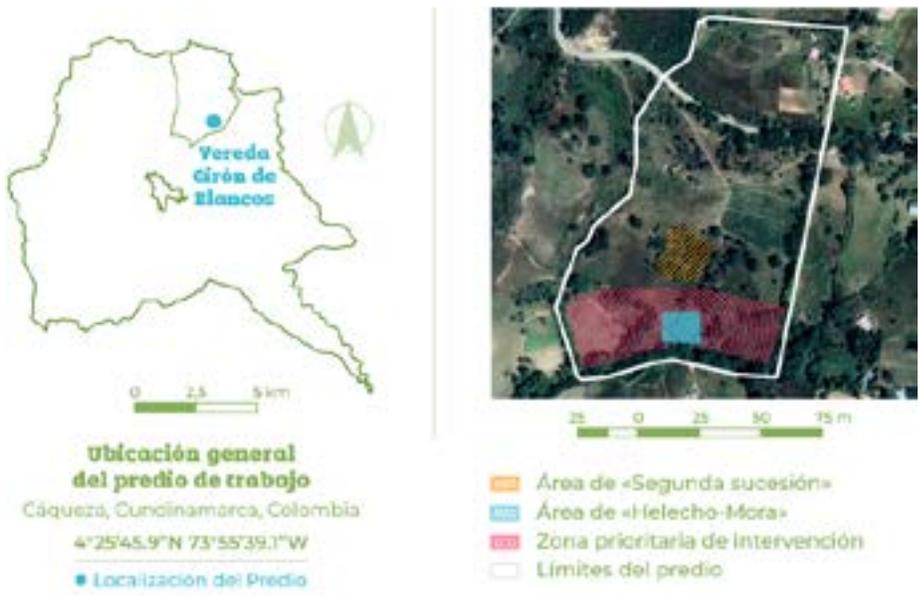
**MANUELA ARIAS,
SABINA HERNÁNDEZ,
ALEJANDRO PEÑA
Y DANIEL PARRA**

LUGAR DE ESTUDIO Y ANTECEDENTES

La finca Villa María es un predio de aproximadamente 5 ha, ubicado en el km 5 de la vía Cáqueza-Ubaque ($4^{\circ}25'45.9''N$ $73^{\circ}55'39.1''W$), la cual divide el terreno en dos (mapa 2). Esta finca está en la ladera de la montaña, por lo que tiene una pendiente en toda su extensión que se acentúa mucho más cerca de la vía y hacia la parte baja, donde se encuentra el nacedero de agua. Su propietaria, la Sra. María Edy Pulido Baquero ha utilizado la finca como lugar de descanso y esparcimiento, por lo que cuenta con una casa y canchas de tejo; además, el suelo se ha utilizado para sembrar caña de azúcar, café, maíz, arveja, fríjol y papa.

MAPA 2.

Delimitación del predio Villa María y datos del área.



Nota. Archivo Greunal.

INTENCIÓN DE USO DEL SUELO

La dueña del predio anhela que la finca tenga muchos más árboles, tanto frutales como aquellos que “llamen el agua”, pues siempre ha sido una necesidad en la finca. Aunque en varias ocasiones ha sembrado diferentes especies de árboles, la mayoría no llegan a desarrollarse y usualmente mueren. Desea poder conocer más sobre el predio, cómo favorecer especies arbóreas, frutales y mejorar la organización de la finca, para que sea más florida y colorida. La intención de uso del suelo se enfoca en el aprovechamiento económico del predio, por lo que se propone una intervención de tipo rehabilitación o reemplazo. En ambos casos, el primer paso es iniciar por la eliminación de los disturbios identificados.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

Se identificaron dos áreas contrastantes, las cuales se denominaron “Segunda Sucesión” y “Helecho-Mora”. La primera zona se escogió porque presenta una pendiente bastante pronunciada y un proceso de regeneración natural, con especies particulares y abundantes del lugar como *Senna mutisianus*. La segunda zona fue escogida por estar ubicada en la falda de la pendiente y por estar invadida por zarzamora (*Rubus floribundus*) y helecho marranero, siendo un potencial sitio para rehabilitación.

IMAGEN 5.

Zona de regeneración natural.



Nota. Archivo Greunal.

SUELOS

Se realizaron las pruebas de laboratorio relacionadas con las variables físico químicas de humedad (%), densidad (g/cm³), materia orgánica (%), agregados y pH para identificar el estado del suelo y su composición orgánica (Tabla 3).

TABLA 3.

Resultados análisis de suelo del predio Villa María - Proyecto Cáqueza.

Variable / Área de muestreo	Helecho-Mora	Segunda Sucesión
Densidad (g/cm ³)	0,94	1,28
Humedad (%)	33	20
Materia orgánica (%)	25	12
Agregados (%)	96,5	87,2
pH	5,50	5,140

Nota. Se presentan los resultados del análisis de suelo realizado a dos muestras del predio Villa María - Proyecto Cáqueza.

Con base en los resultados de la tabla 3, es evidente que la zona de Helecho-Mora es más húmeda que la zona de Segunda Sucesión. Esto, seguramente, producto de la cercanía de la primera zona con un cuerpo de agua; además de que, al tener una menor densidad, se sugiere una mayor facilidad para el paso de agua por **escorrentía**. A continuación, se detalla qué llegan a indicar los valores de las variables medidas en las pruebas de caracterización.

a. **Densidad.** Acorde con los resultados obtenidos en el análisis de suelos, los valores de densidad son menores en la zona de Helecho-Mora en comparación con la zona de la Segunda Sucesión. Esto se debe a que la vegetación predominante en cada caso determina de manera directa

la densidad del suelo, según el hábito de las plantas y la cantidad de materia orgánica que pueda generar.

b. **Humedad.** El mayor valor de humedad en la zona de Helecho-Mora se relaciona con la ubicación del sitio de muestreo en el predio. Resulta consecuente que la zona más cercana al nacimiento de agua y la más cercana a la base de la pendiente, sea aquella con la mayor humedad.

c. **Materia orgánica.** El mayor porcentaje de materia orgánica se vio en el área de Helecho-Mora, lo cual indica una mayor concentración de nutrientes en el suelo (Julca-Otiniano *et al.*, 2006), siendo un buen indicador de la humedad del suelo. Al igual que los resultados anteriores, esto puede ser producto de la pendiente y de la cercanía al cuerpo de agua, ya que se genera una mayor retención de agua (Johnston, 1991).

d. **pH.** Los suelos más ácidos se hallaron en el área de Segunda Sucesión, esto puede ser causado por su cercanía a un área de pinos (*Pinus patula*), los cuáles poseen, en sus **acículas**, una serie de resinas que pueden acidificar el suelo (Oliva, Silva y Espinoza, 2016). Mientras que el área Helecho-Mora es una zona más abierta, con una pendiente más pronunciada, y en un estado sucesional más temprano que el área Segunda Sucesión, lo que pudo generar un resultado ligeramente menos ácido. Estos factores bióticos y abióticos influyen en las condiciones que presentan estos suelos.

FLORA

En el área estudiada de la finca Villa María, se recolectaron diez (10) **morfotipos** diferentes, de los cuales siete (7) se identificaron a nivel de familia y, en algunos casos, a género. Se recopilaron los datos de interés ecológico de cada taxón identificado para evaluar su uso potencial en el proyecto.

- ***Lantana camara*** (nativa): ornamental, aromática, de rápido crecimiento y de fácil reproducción.
- ***Croton sp.*** (nativa): árbol, con frutos en cápsulas redondas.
- ***Senna mutisianus*** (nativa): ornamental; posible reproducción por gemación.
- ***Pteridium aquilinum*** (cosmopolita): presenta rizomas subterráneos y rastreros de hasta 2,5 cm de diámetro, que le aportan un gran potencial invasor.
- ***Chromolaena sp.*** (Faboidea) (cosmopolita): ornamental y fijadora de nitrógeno.
- ***Psidium sp.*** (nativa): arbolito con olor agradable; presenta pubescencia en el envés; los frutos son bayas verdes con múltiples semillas.
- ***Rubus floribundus*** (invasora): «de crecimiento rápido; [...] puede multiplicarse vegetativamente generando raíces desde sus ramas. Puede colonizar extensas zonas de bosque, monte bajo, laderas o formar grandes setos» (Cruz y Villavicencio, 2017, p.87) rápidamente.

DISTURBIOS

El predio se encuentra localizado en un paisaje cuya matriz es mayoritariamente de uso agropecuario, en donde se ven pocas zonas de bosques, los cuales están altamente fragmentados. En el predio visitado, se desarrollaron actividades de tipo agrícola (cultivos de papa, maíz, algunos frutales de clima frío como feijoa, chirimoya).

Se identificó, además, la presencia de especies invasoras como *Rubus* (zarzamora) y *Pteridium aquilinum* (helecho marranero) como factores que aumentan el disturbio ya

causado por otras actividades antrópicas pues, en algunos casos, se encuentran las dos especies juntas generando una sinergia que dificulta aún más su control (Duarte, 2018).

Los disturbios que se identificaron fueron:

► **Ganadería.** La presencia de ganado vacuno tiene efectos negativos sobre la vegetación natural, debido a que se desempeñan como herbívoros introducidos, alimentándose de las plantas nativas a ritmos que no les permiten su recuperación (Marín *et al.*, 2017). Adicionalmente, el metabolismo de estos animales libera cantidades considerables de amoníaco, el cual acidifica el suelo (Velázquez, 2021), afectando el crecimiento de las plantas nativas. Por otro lado, el tránsito de ganado produce compactación del suelo, lo que a largo plazo genera erosión (Marín *et. al*, 2017).

► **Invasión:** Las invasiones son disturbios biológicos que pueden llegar a afectar de forma negativa y limitante a las especies que habitan el ecosistema invadido. Usualmente las especies invasoras se caracterizan por ser de rápido crecimiento y reproducción, debido a esto empiezan a utilizar los recursos disponibles en el ecosistema colonizado, haciendo que la obtención de estos sea más limitada para las especies nativas. Además de la restricción de recursos como espacio y nutrientes, las especies invasoras pueden llegar a tener efectos alelopáticos, lo cual dificulta aún más la distribución y sobrevivencia de las especies nativas, generando entonces cambios en la dinámica del ecosistema (Ríos & Vargas, 2003).

CATÁLOGO DE ESTRATEGIAS DE RESTAURACIÓN

DESCRIPCIÓN DE LAS ESTRATEGIAS

Tras identificar los disturbios de la finca Villa María, se plantearon tres estrategias: la primera, enfocada en eliminar las especies invasoras y las otras dos, como propuestas de reemplazo o rehabilitación del ecosistema.

i. **Eliminación de Helecho-Mora.** Es necesario reducir a la mínima expresión posible el área colonizada por las especies invasoras de helecho marranero (*Pteridium aquilinum*) y mora (*Rubus* spp.), mediante la remoción mecánica.

ii. **Reemplazo.** Esto se realiza por medio de la intervención del ecosistema, sin tener en cuenta un ecosistema de referencia y sin buscar la recuperación de las funciones ecológicas.

iii. **Rehabilitación.** Establecer un corredor en la zona cercana al cuerpo de agua gracias a la siembra de especies que permitan la conservación de la cuenca, tales como *Trichanthera gigantea* (nacedero) y *Heliocarpus americanus* (balso). Además de establecer un corredor con las áreas en algún proceso sucesional, con la posibilidad de trazar un sendero que permita, a los futuros visitantes, comprender los procesos de rehabilitación y de conservación de cuencas hídricas.

ESPECIES VEGETALES DE INTERÉS

Luego de recolectar, identificar y estudiar las especies encontradas en campo; investigar el tipo de ecosistema; y considerar las expectativas de la propietaria frente al predio, se seleccionaron diez (10) especies vegetales de interés, para ser empleadas en la aplicación de las estrategias de restauración propuestas. Su descripción detallada se presenta en la tabla 4.

TABLA 4.

Especies vegetales de interés para la intervención del predio Villa María - Proyecto Cáqueza.

NOMBRE	CARACTERÍSTICAS	POTENCIAL
Nacedero / Cajeto (<i>Trichanthera gigantea</i>)	Ayuda en la conservación de cuencas Se reproduce por estaca	Enriquecimiento Conservación del cuerpo de agua
Chirimoya (<i>Annona cherimola</i>)	Árbol frutal	Enriquecimiento Ornamental
Cucharo (<i>Clusia multiflora</i>)	Árbol de bosque secundario Requiere suelos bien drenados y humedad permanente	Atracción de polinizadores Ornamental Estabilización de taludes
Canelo (<i>Ocotea insularis</i>)	Atrae dispersores de semillas	Enriquecimiento
Garrucho (<i>Viburnum triphyllum</i>)	Presenta crecimiento intermedio	Enriquecimiento Fijación de nitrógeno
Mortiño (<i>Hesperomeles goudotiana</i>)	Se usa en la restauración ecológica de hábitat y como alimento de fauna silvestre	Atracción de dispersores de semillas Ornamental
Vetiver (<i>Chrysopogon zizanioides</i>)	Controla la erosión Ayuda en la fitorremediación de aguas y suelos	Protección de la pendiente Prevención de la erosión del suelo
Cordoncillo (<i>Piper aduncum</i>)	Desplaza el pasto por su rápido crecimiento Permite el desarrollo de otras especies de regeneración natural	Especie facilitadora Enriquecimiento

TABLA RESUMEN DE ESTRATEGIAS

Finalmente, se resumen las posibilidades de intervención del suelo en una tabla de estrategias de manejo (tabla 5), donde se describen los escenarios, los componentes,

TABLA 5.

Estrategias de intervención propuestas en el predio Villa María - Cáqueza, Cundinamarca.

ESCENARIO	ELIMINACIÓN DEL DISTURBIO	
Componentes	Remoción mora y helecho.	Eliminación de ganadería
Tipo de intervención (R)	4R	4R
Objetivo	Reducir a la mínima expresión posible el área colonizada por las especies invasoras de <i>Pteridium aquilinum</i> y <i>Rubus</i> spp., mediante la remoción mecánica, para eliminar el disturbio que representan	Reducir la intervención de especies vacunas en el área de trabajo delimitada
Indicadores	-Área de invasión del helecho: Porcentaje del Helecho-Mora antes y después de la remoción en el área intervenida	-Pisadas, excrementos y herbivoría -Consistencia del suelo
Monitoreo (frecuencia)	-Helecho: Debe hacerse aproximadamente entre uno a tres meses (Eslava-Silva et al., 2020) -Mora: Debe hacerse entre uno a tres meses (Castro y Cerdas, 2005)	Mensual
Especies propuestas	N/A	N/A

Nota. En las secciones de "Eliminación del disturbio" y "Enriquecimiento" la columna de la izq. corresponde a las estrategias frente al disturbio de invasión; mientras que las de la dcha., al de ganadería.

el tipo de intervención, el objetivo de cada manejo, los indicadores del proceso y una propuesta de periodicidad del monitoreo. En algunas estrategias se sugiere el uso de especies vegetales potenciales para el proceso.

ENRIQUECIMIENTO

Enriquecimiento con plantas nativas

Enriquecimiento con plantas de interés económico

Rehabilitación

Reemplazo

Enriquecer con la siembra de especies nativas de rápido crecimiento la zona de la segunda sucesión y cercana a la quebrada, estableciendo un corredor, para recuperar funciones ecosistémicas relacionadas con la protección de una cuenca hídrica

Implementar el uso de especies de potencial económico y ornamental en la zona de segunda sucesión, para obtener un arreglo de interés ecoturístico

-Aumento de cobertura arbórea
-Disminución de erosión laminar

-Riqueza de las especies
-Cobertura de las especies
-Diversidad de fauna

Mensual

Mensual

Trichanthera gigantea, (Acanthaceae),
Heliocarpus americanus (Malvaceae).

Annona cherimola
(Annonaceae)

RECOMENDACIONES

Se recomienda no descartar la posibilidad de iniciar y ejecutar un proyecto de restauración ecológica integral (imagen 6), teniendo en cuenta que la unión de las estrategias de intervención propuestas podría permitir el desarrollo de la restauración ecológica en el predio.

IMAGEN 6.

Diagrama de flujo sobre el proceso de restauración ecológica propuesto para el predio Finca Villa María.



Nota. Esquema desarrollado en el predio durante el mes de noviembre del 2022. Imagen elaborada por Manuela Arias García.



**Fotografía capturada
en Choachí**

2022

Archivo Greunal



CÁPSULA 4.



**PROPUESTA
DE ESTRATE-
GIAS DE
RESTAU-
RACION
EN PREDIO
DE CHOACHÍ,
CUNDINAMARCA**

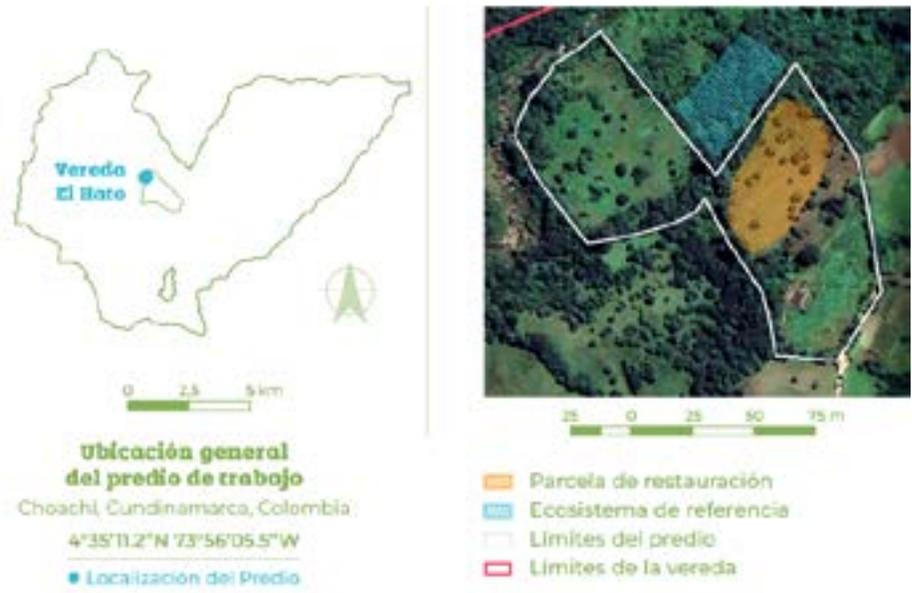
**LAURA ESPERANZA RUIZ MARÍN,
HUGO ALEJANDRO PEÑA MORENO,
LIZETH BABATIVA MELGAREJO Y
JONATHAN STIVEN ESPITIA ROMERO**

LUGAR DE ESTUDIO Y ANTECEDENTES

El predio se encuentra ubicado en el municipio de Choachí, vereda El Hato (N-4°35'11.20"; O-73°56'5.47"). Históricamente en este se ha cultivado papa y flora; actualmente presenta ganadería (primer disturbio actual); y se destaca la presencia de dos especies invasoras (segundo disturbio actual): ojo de poeta (*Thunbergia alata*) y helecho marranero (*Pteridium aquilinum*). Se realizó una primera visita con el grupo y se determinaron dos posibles ecosistemas de referencia, uno cercano a la parcela de restauración y otro más lejano, en una etapa sucesional más avanzada (Mapa 3). Se realizó un muestreo aleatorio de plantas, entre las cuales destacan los géneros *Miconia*, *Cavendishia*, *Senna*, *Rahmnus* y *Delostoma*.

MAPA 3.

Predio delimitado y zonas de importancia para el proyecto de restauración.



Nota. Creación de Laura Esperanza Ruiz Marín.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

SUELO

El suelo analizado muestra una densidad alta y un porcentaje de materia orgánica (MO) muy baja, en comparación de un suelo de bosque altoandino.

TABLA 6.

Resultados de humedad, densidad del núcleo y materia orgánica del suelo analizado.

ÍTEM ANALIZADO	PROMEDIO	SD
% de humedad	0,26	0,01
Densidad del núcleo g/cm ³	0,30	0,00
% MO	0,17	0,01

Nota. MO: Materia orgánica. SD: desviación estándar.

Fracciones. Corresponden a las porciones en que se separa el suelo estudiado en relación a su tamaño. La fracción con mayor porcentaje es de partículas mayores a 2 mm, de esto se puede inferir que hay compactación generada por ganadería.

TABLA 7.

Peso, desviación estándar (SD) y porcentaje de partículas mayores del suelo analizado.

	F1 (2 mm)	F2 (2-1 mm)	F3 (1-,5 mm)	F4 (,5-,25 mm)	F5 (,25 mm)	TOTAL
Promedio (g)	503,41	393,10	379,42	372,08	373,68	2021,69
SD	19,71	6,97	4,08	1,68	2,23	34,67
%	24,901	19,444	18,768	18,404	18,484	100,0

Nota. F1-F5: representan las cinco fracciones estudiadas. SD: desviación estándar.

DISTURBIOS Y TENSIONANTES

- **Helecho marranero.** Planta invasora.
- **Ojo de poeta.** Planta invasora.
- **Ganadería.** Compacta el suelo y evita el establecimiento de algunas plantas.

PLANTAS

Se recolectaron aproximadamente treinta (30) individuos de trece (13) familias, resaltando las especies *Erythrina edulis*, *Senna multiglandulosa*, *Tillandsia fendleri* y dos especies de Orchidaceae. A continuación, se presenta una lista de especies y sus características ecológicas.

- ***Bomarea sp.*** (Alstroemeriaceae, Liliales): utilizada por aves como alimento.
- ***Verbesina sp.*** (Asteraceae, Asterales): alimento de lepidópteros (mariposas).
- ***Varronia sp.*** (Boraginaceae, Boraginales): de sucesión intermedia a tardía.
- ***Tillandsia fendleri*** (Bromeliaceae, Poales): brinda néctar a colibríes.
- ***Senna macranthera*; *S. multiglandulosa*; *E. edulis*** (Fabaceae, Fabales): ornamentales, buenos productores de hojarasca y fijadoras de nitrógeno. Pueden usarse en la recomposición de áreas degradadas.
- ***Vismia laevis*** (Hypericaceae, Malpighiales): apta para restaurar áreas degradadas por su tolerancia al sol, buena adaptabilidad y crecimiento temprano.
- ***Miconia sp.*** (Melastomataceae, Myrtales): características de estados intermedios de regeneración, presentes en etapas intermedias de sucesión.

- **Arrayán o *Psidium* sp.** (Myrtaceae, Myrtales): brinda humedad a bordes y protege las plantas de la radiación y temperatura propias del ecotono bosque andino - páramo. Puede ampliar el bosque andino en bordes de fragmentos.
- **Orchidaceae** (Asparagales): Especie ornamental.
- ***Peperomia* sp.; *Piper* sp.** (Piperaceae, Piperales): especies pioneras, colonizan bosques secundarios, claros y bordes de bosque. Participan en la regeneración y mantenimiento de la diversidad vegetal.
- **Cucharo o *Geissanthus* sp.** (Primulaceae, Ericales): pionera, de crecimiento rápido.

IMAGEN 7.

Especies encontradas en el ecosistema de referencia.

a ▶



b ▶



c ▶



d ▶



Nota. (a) *Miconia* sp. (b) *Tillandsia* sp. (c) *Orchidaceae* sp. (d) *Senna macranthera*. Archivo Greunal.

HONGOS

Se recolectaron catorce (14) muestras de hongos de diferentes familias de cuatro (4) órdenes:

➤ **Orden Agaricales. Familia Agaricaceae.**

Esta familia incluye tanto especies venenosas como comestibles, dentro de ellas el champiñón común

➤ **Orden Auriculariales. Familia Auriculariaceae.**

Una gran mayoría de especies crecen sobre madera muerta y varias de ellas se cultivan como alimento.

➤ **Orden Polyporales. Familia polyporaceae.**

Sus estructuras son similares a laminillas y estas pueden ser blandas a duras.

➤ **Orden Tremellales. Familia Tremellaceae.**

Sus especies son parásitos de otros hongos y algunas de ellas son comestibles.

AVES

Se lograron identificar treinta (30) especies de aves de manera visual y una por medio de la grabación de su canto.

➤ **Passeriformes.**

➤ **Familia Tyrannidae:** *Tyrannus melancholicus*; *Contopus fumigatus*; *Sayornis nigricans*; *Mecocerculus leucophrys*; *Elaenia frantzii*.

➤ **Familia Thraupidae:** *Sporathraupis cyanocephala*; *Thraupis episcopus*; *Anisognathus somptuosus*.

➤ **Familia Turdidae:** *Turdus fuscatus*; *T. leucomelas*.

➤ **Familia Troglodytidae:** *Troglodytes aedon*; *Henicorhina leucophrys*.

➤ **Familia Icteridae:** *Icterus nigrogularis*; *I. chrysater*.

- **Familia Parulidae:** *Setophaga pitiayumi*; *Myioborus miniatus*.
- **Familia Passerellidae:** *Atlapetes semirufus*; *Zonotrichia capensis*.
- **Familia Grallariidae:** *Grallaria ruficapilla*.
- **Familia Corvidae:** *Cyanocorax yncas*.
- **Columbiformes: Familia Columbidae:**
Z. auriculata; *Patagioenas fasciata*.
- **Orden Piciformes: Familia Picidae:**
Dryobates fumigatus; *Colaptes rivolii*.
- **Apodiformes: Familia Trochilidae:**
Chaetocercus mulsant.
- **Cuculiformes: Familia Cuculidae:** *Crotophaga ani*.
- **Charadriiformes: Familia Charadriidae:**
Vanellus chilensis.
- **Pelecaniformes: Familia Ardeidae:** *Bubulcus ibis*.
- **Cathartiformes: Familia Cathartidae:** *Coragyps atratus*.
- **Accipitriformes: Familia Accipitridae:**
Rupornis magnirostris.

Diversos estudios demuestran la importancia que tienen las aves en el éxito de los procesos de restauración de selvas tropicales y bosques templados gracias a su capacidad dispersora, su rol en la polinización y el control biológico que pueden ejercer. Por ello, se realizó una jornada de observación de aves para identificar su presencia en la zona de restauración y sus alrededores.

Se logró la identificación de treinta especies de aves, representando diecisiete familias y nueve órdenes. La familia con mayor diversidad fue la de los atrapamoscas (Tyrannidae) con cuatro especies registradas, seguida por

la familia de las tangaras (Thraupidae) con tres especies registradas; la mayoría de las demás familias cuentan con una sola especie. Se registraron todos los gremios alimenticios, siendo el insectívoro (sobre todo Tyrannidae y Parulidae) el que registró una mayor representatividad de especies, seguido por el frugívoro (principalmente Thraupidae y Columbidae); los menos representados son los gremios: nectarívoro (Trochilidae), Carnívoro (Accipitridae) y Carroñero (Cathartidae), con una sola especie.

Según Ayerbe (2019) todas las especies registradas son típicas de zonas abiertas y disturbadas (p.ej.: *T. melancholicus*, *T. fuscater*, *Z. capensis*), con influencia de ganadería (p.ej.: *V. chilensis* y *B. ibis*), de vegetación secundaria (p.ej.: *T. aedon*, *Cyanocorax yncas*, *Icterus sp.*, *C. rivolii*) o de borde de bosque (p.ej.: *M. miniatus*, *S. cyanocephala*, *A. semirufus*). Sin embargo, hay especies que, aunque son resistentes a las intervenciones antrópicas, son propias de estadios de estructura más avanzados como sotobosque denso (p.ej.: *G. ruficapilla* y *H. leucophrys*) o **dosel** alto (p.ej.: *Patagioenas fasciata*, *Icterus sp.*).

Las especies *E. frantzii*, *T. melancholicus*, *Sporathraupis cyanocephala*, *Thraupis episcopus*, *Anisognathus somptuosus*, *Turdus fuscater*, *Turdus leucomelas*, *Icterus chrysater*, *Icterus nigrogularis*, *Atlapetes semirufus*, *Zonotrichia capensis*, *Cyanocorax yncas*, *Zenaida auriculata*, *Patagioenas fasciata* y *Crotophaga ani* corresponden a especies con hábitos frugívoros. Estas especies ingieren frutos y dispersan sus semillas a lo largo de territorios extendidos; por lo que las especies vegetales dispersadas se consideran especies pioneras que permiten y facilitan la llegada y el establecimiento de nuevas especies de estados más tardíos de sucesión, además de que las

aves también depositan las semillas en microhábitats adecuados para su germinación o facilitan este proceso mediante el paso de las semillas por su tracto digestivo, removiendo algunas capas que retrasan este proceso.

CATÁLOGO DE ESTRATEGIAS

Las estrategias empleadas para la restauración del predio ubicado en Choachí fueron:

i. Retirar los disturbios de la parcela a restaurar.

Retirar la ganadería de la parcela de restauración y controlar las dos plantas invasoras. Se recomienda revisar en la literatura la mejor estrategia para lograrlo.

ii. Realizar enriquecimiento vegetal por medio de nucleación más cuadrícula. La nucleación es una técnica muy usada para la restauración. Esta se basa en establecer varios parches de especies seleccionadas para que, con el tiempo, se unan entre sí por dispersión. Se propone mezclar esta técnica con una herramienta del paisaje conocida como el aumento de cobertura en cuadrícula, acelerando el aumento de conectividad. Como especies claves se recomiendan balú (*Erythrina Edulis*), chocho (*Erythrina rubrinervia*), alcaparro (*Senna multiglandulosa*) y *Vismia laevis*; aprovechando los árboles grandes que ya se encuentran en el predio para ser el centro de cada núcleo y sembrar a una distancia de 1,5 metros.

Las especies más resistentes a la luz y desecación deben estar en los componentes de cuadrícula y las menos resistentes deben ubicarse en los núcleos idealmente acompañadas de una **planta niñera**.

IMAGEN 8.

Diseño de nucleación y cuadrícula.



Nota. Laura Esperanza Ruiz Marín.

TABLA DE RESUMEN E IMPLEMENTACIÓN DE ESTRATEGIA

TABLA 8.

Resumen de las estrategias que se pueden llevar a cabo en el predio a restaurar.

ESTRATEGIAS COMPONENTES	NUCLEACIÓN Y CUADRÍCULA	REFUGIOS	ENMIENDAS
ESCENARIO DE RESTAURACIÓN	Parcela de restauración	Parcela de restauración, ecosistemas de referencia	Parcelas restauración
NIVEL DE DEGRADACIÓN	Medio, dada la compactación que presenta y afectaciones por ganadería	Medio y bajo	Medio, por el nivel de erosión Influenciado por especies invasoras

iii. **Realizar enmiendas** que permitan disminuir la acidez del suelo. Esto permitiría un mejor establecimiento de las plantas.

iv. Con base en el concepto de agroecosistemas, se propone **crear una huerta agroecológica** en el sector donde antes había cultivo de flores.

v. **Disminuir la abundancia de especies invasoras** y realizar el establecimiento de plantas pioneras (según las especies recolectadas en el sector), las cuales compiten por luz y nutrientes con las especies invasoras.

vi. Establecer **refugios para murciélagos**, ya que los frugívoros son los mejores dispersores de semillas de especies pioneras e intermedias.

HUERTA AGROECOLÓGICA	CONTROL DE ESPECIES INVASORAS	DISMINUCIÓN DE DISTURBIO GANADERÍA
Zona de antiguos cultivos de flores	Parcelas restauración	Parcela de restauración y resto del predio a futuro
Medio, por el posible uso de fertilizantes y pesticidas quimiosintéticos	Medio, por la acidificación del suelo debido a <i>Pteridium aquilinum</i> .	Medio

ESTRATEGIAS	NUCLEACIÓN Y CUADRÍCULA	REFUGIOS	ENMIENDAS
COMPONENTES			
OBJETIVO	Aumentar la diversidad y abundancia vegetal. Aumentar la estructura de la parcela	Aumentar la dispersión de especies pioneras	Aumentar la capacidad del suelo para que la sucesión avance
ECOSISTEMA DE REFERENCIA*	Bosques altoandinos y ecosistema de referencia 1	No aplica	Ecosistema de referencia 1
TIPO DE ESPECIES	Especies de sucesión primaria que poseen crecimiento rápido y alta resistencia a la luz y desecación	No aplica	Especies fijadoras de nitrógeno (<i>Erythrina edulis</i>)
DENSIDAD DE SIEMBRA**	10/núcleo 200/hectárea	No aplica	4x4
INDICADORES	<ul style="list-style-type: none"> • Número de plantas sembradas y establecidas • Altura y DAP de cada planta • Índices de conectividad 	<ul style="list-style-type: none"> • Número de excretas en los refugios • Cantidad de semillas encontradas 	<ul style="list-style-type: none"> • PH del suelo • Profundidad y materia orgánica del suelo

*Nota. DAP: Diámetro a la altura del pecho. *Ecosistema de referencia 1: cercano a la parcela de restauración, Ecosistema de referencia 2: más lejano de la parcela de restauración, en una etapa sucesional más avanzada. **La densidad de siembra puede variar dependiendo del estado y de las necesidades del ecosistema. Por ejemplo, «[...] una alta densidad de siembra promueve el establecimiento a corto plazo [de] una sucesión secundaria; [además de proporcionar] hábitat para los dispersores, protección parcial de sombra» (Torres-Rodríguez et al., 2019, p. 55) y resiliencia por el mayor número de especies que tienen capacidad de rebrote. Pero si las condiciones de humedad, sombra y otras son ideales, la densidad de siembra puede ser menor.*



HUERTA AGROECOLÓGICA	CONTROL DE ESPECIES INVASORAS	DISMINUCIÓN DE DISTURBIO GANADERÍA
<p>Establecer un sistema agroecológico, en el futuro auto-sostenible</p>	<p>Disminuir la incidencia de este disturbio en los procesos sucesionales</p>	<p>Retirar el principal disturbio del predio en el área a restaurar para disminuir barreras a la restauración</p>
<p>No aplica</p>	<p>No aplica</p>	<p>No aplica</p>
<p>Especies alimenticias, medicinales, condimentarias, aromáticas</p>	<p>Especies pioneras (<i>Heliocarpus americanus</i>)</p>	<p>No aplica</p>
<p>Depende de las especies empleadas allí</p>	<p>2x2</p>	<p>No aplica</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Crecimiento relativo de los individuos • Número de especies vegetales producidas 	<ul style="list-style-type: none"> • Abundancia de las especies invasoras • Altura de las plantas • Número de estratos vegetales 	<ul style="list-style-type: none"> • Abundancia de vacas • Densidad y porcentaje de fracciones del suelo

***Colegio Soledad
Acosta de Samper***

2021

Juan Pablo Benavides



CÁPSULA 5.

**PROPUESTA
DE ESTRATE-
GIAS DE
RESTAU-
RACION
EN EL COLEGIO
SOLEDAD ACOSTA
DE SAMPER,
BOGOTÁ**

**JUAN PABLO BENAVIDES TOCARRUNCHO,
VIVIANA MARCELA ALVAREZ MONTOYA,
JUAN DAVID OLAYA SALINAS Y
CAMILA ELISA PUERTA BUITRAGO**

Los espacios de interacción social con las comunidades son importantes para la restauración ecológica ya que estos no pueden estar aislados de las comunidades, debido a que mediante el esfuerzo conjunto entre el saber técnico-científico y los saberes ancestrales de experiencia viva y apropiación cultural de las sociedades que se consolidan en los territorios donde se busca hacer restauración es que los procesos se mantienen y arraigan al pensamiento colectivo, dándoles un mayor alcance, eficacia y trascendencia. Como hubiese dicho el erudito Fals Borda si hubiese abordado los temas de restauración, la restauración ecológica es una actividad con esencia sentipensante en sus intenciones más primigenias y metodología de trabajo.

LUGAR DE ESTUDIO Y ANTECEDENTES

El colegio Soledad Acosta de Samper es un colegio marista, de modalidad mixta, ubicado en el barrio El Porvenir en la localidad de Bosa (Bogotá D.C.). Está ubicado en el límite urbano de la ciudad cerca al municipio de Mosquera; específicamente en N 4°38'38.5" O 74°11'10.1". Una parte del colegio está adyacente a la reserva vial de la futura avenida longitudinal de oriente (ALO); esta es la zona analizada y para la cual se proponen las estrategias de manejo de restauración.

Esta Institución educativa, dónde se realizó un proceso de trabajo comunitario y científico, se encuentra a 300 metros del río Bogotá y a 150 metros del Canal de Cundinamarca. El área de restauración identificada fue de 0.12 hectáreas de pastizal transformado típico de la sabana de Bogotá. Las principales barreras identificadas

fueron las heladas, los fuertes vientos, una gran cantidad de escombros en el suelo y la presencia de **retamos**.

Desde el 2020 se llevaron a cabo trabajos con un enfoque de restauración ecológica en el Colegio, trabajando principalmente con 50 estudiantes de los grados 4° a 11°, sus acudientes y algunos docentes. Igualmente, se realizaron varias actividades pedagógicas para la identificación de plantas nativas de Bogotá; se desarrollaron huertas, invernaderos, piscicultura y lombricompost con la comunidad educativa; se evaluó, conjuntamente y con los saberes previos, la situación de los distintos escenarios de trabajo para proponer estrategias que pudieran desarrollarse con la comunidad educativa dentro de los mismos espacios académicos que ofrecían las aulas de trabajo. Algunos de los temas abordados en el trabajo pedagógico con la comunidad están relacionados con aves dispersoras, arbustos, hierbas y demás plantas nativas; y se propusieron talleres para estudiar las fitohormonas y la metodología del riego, a fin de entender el proceso de germinación, además del tratamiento e impacto de los residuos sólidos.

Con base en ello, se plantearon tres objetivos de restauración en el Colegio: a corto plazo, conocer el estado de conservación de la zona, identificando las barreras y posibilidades de restauración; a mediano plazo, generar núcleos de vegetación herbácea que desplace al pasto; y, a largo plazo, alcanzar una vegetación de tipo humedal para potenciar la biodiversidad de la zona. Para ello, se realizó un seminario acerca de los conceptos y la planeación de la restauración a fin de orientar pedagógicamente a la comunidad, preparando las especies y parcelas, a lo que se aunaron talleres sobre fundamentos de restauración dirigidos a los estudiantes, todo con el fin de refinar el área de trabajo y el tiempo de desarrollo.

MAPA 4.

Mapa del área de restauración y su área circundante.



Nota. Archivo Greunal.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

SUELOS

Con base en el mapa 4, se analizaron dos puntos que son similares estadísticamente en sus propiedades químicas y físicas. Corresponden a suelos arcillosos y con estructura, pero no son compactos. La humedad relativa es media y el PH es neutro; aunque el suelo con compost posee más materia orgánica y es más ácido. Hay un alto grado de **agregación** del suelo (mayores de 2 mm), producto de la alta cantidad de arcillas presentes.

TABLA 9.

Características del suelo de dos sitios de muestreo del Colegio Soledad en Bogotá.

VARIABLE	SUELO POTRERO	SUELO CON COMPOSTAJE
Densidad (g/cm ³)	1,05 ± 0,22	0,93 ± 0,25
Humedad (%)	21 ± 0,03	21 ± 0,06
Materia orgánica (%)	11 ± 0,01	13 ± 0,07
pH	7,13 ± 0,18	6,65 ± 0,77
Agregados (%)	91 ± 0,08	91 ± 0,06

Nota. Se observan las variables físico químicas de humedad (%), densidad aparente (g/cm³), materia orgánica (%), agregados y pH.

Las especies encontradas son principalmente herbáceas, a saber:

➤ **Cenizo (*Chenopodium spp.*)**. Introducida.

Especie herbácea encontrada en ambientes ricos en nitrógeno y también suelos pobres en nutrientes.

Tolerancia al congelamiento, salinidad y sequía.

➤ **Amaranto (*Amaranthus spp.*)**. Nativa. Herbácea

anual. Algunas especies pueden considerarse

de difícil erradicación en los terrenos.

➤ **Urapán (*Fraxinus chinensis*)**. Árbol invasor.

Especie plantada con fines ornamentales en ambientes urbanos. En Colombia se encuentra naturalizada.

➤ **Mastuerzo (*Lepidium spp.*)**. Nativa. Planta

herbácea común en suelos nitrificados. Especialmente común en praderas, potreros y en alfalfa;

frecuentemente se dispersa con aguas de riego.

➤ **Malva (*Malva sylvestris*)**. Introducida.

Planta herbácea perenne presente en zonas con alto nitrógeno y bien iluminadas.

► **Pastos nativos e invasores (Poaceae).** Hasta el 2011, en Colombia se registraron 840 especies de pastos, con 74 endémicas. Estas especies se presentan en sucesiones tempranas y las que han sido introducidas pueden ser invasoras.

IMAGEN 9.

Especies vegetales encontradas en el potrero cerca al Colegio.

a ►



b ►



c ►



d ►



e ►



f ►



Nota. (a) cenizo, (b) amaranto, (c) urapán, (d) mastuerzo, (e) malva, (f) pasto. Fotografías de Juan David Olaya.

DISTURBIOS Y TENSIONANTES

IMAGEN 10.

Imágenes tomadas en la primera visita a campo donde se evidencia (a) zona de restauración y (b) zona que colinda con el colegio.



Nota. Archivo Greunal.

Se listan los disturbios basados en la información de campo y la información proporcionada por el docente del área de biología (Juan Pablo Ospina):

- ▶ **Contaminación.** Basuras en zonas aledañas debido a las áreas residenciales cercanas.
- ▶ **Clima extremo.** Vientos fuertes en temporadas específicas (agosto-octubre), bajas temperaturas en la noche y alta radiación solar durante el día.
- ▶ **Suelo con poca profundidad.** Presencia de escombros de construcción, arena, ladrillo, cemento, metales y residuos sólidos.
- ▶ **Conflicto de intereses.** Planeación Distrital construirá la ALO en el área aledaña a la zona de restauración. Además, personas habitantes de calle residen en el lugar y el pisoteo impide la regeneración natural.

INTENCIÓN DE USO DE SUELO

El área privada del Colegio ha sido y continuará siendo destinada para la aplicación de experimentos de restauración, con el objetivo pedagógico de demostrar acciones importantes en la restauración de ecosistemas y la ecología de la restauración. Adicionalmente, algunas áreas dentro y fuera del Colegio se destinaron al embellecimiento de la fachada con la siembra de plantas ornamentales.

CATÁLOGO DE ESTRATEGIAS DE RESTAURACIÓN

DESCRIPCIÓN DE ESTRATEGIAS

FITORREMEDIACIÓN CON PLANTAS ESTRATÉGICAS

Debido a la degradación del suelo por la presencia de contaminantes, como escombros y metales pesados, se propone implementar la fitorremediación, es decir, utilizar plantas

[...] para reducir *in situ* la concentración o peligrosidad de contaminantes orgánicos e inorgánicos del suelo [...] a partir de procesos bioquímicos realizados por las plantas y los microorganismos asociados a su sistema de raíz que conducen a la reducción, mineralización, degradación, volatilización y estabilización de los diversos tipos de contaminantes. (Núñez-López *et al.*, 2004, p.69),

Permitiendo, así, limpiar, restaurar, remediar, estabilizar el sitio contaminado.

Esta es «[...] una alternativa sustentable y de bajo costo para la rehabilitación de ambientes afectados por contaminantes antropogénicos» (Delgadillo-López et al., 2011, p.597). Sin embargo, esta remediación puede tener sus limitaciones debido a que es un proceso relativamente lento y de baja producción de biomasa puesto que la concentración de metales alta puede ser tóxico para las plantas (Covarrubias, García y Peña, 2015).

ENRIQUECIMIENTO SIN REMOCIÓN DE SUELO

El enriquecimiento consiste en sembrar especies para aumentar la diversidad de la zona, es decir, incrementar las especies de plantas en un lugar ya que así se logra la recuperación de las coberturas vegetales. Por ello, se propone sembrar plantas nativas que se caractericen por su resistencia a condiciones climáticas de potreros. Por ejemplo, ante vientos fuertes, la siembra de árboles que resistan y disminuyan la velocidad del viento, que atenúen el calor para las plantas más internas, tal y como el cedro (se adapta principalmente a zonas como cerros húmedos y semihúmedos, sabana húmeda, semi húmeda y semi seca) y el sauce (*Salix humboldtii*). La siembra puede realizarse mediante enmiendas: agujeros en el suelo donde se aplican abonos, cal y material orgánico que retiene la humedad y proporciona nutrientes a la planta sembrada.

ENRIQUECIMIENTO CON NUCLEACIÓN Y REMOCIÓN DEL SUELO

Si bien el objetivo de la nucleación es aumentar la diversidad de la zona del mismo modo que el enriquecimiento, aquí se siembran las plantas en grupos para formar núcleos que

crecen mejor que plantas individuales. La remoción del suelo elimina los tensionantes, como otras especies invasoras, y recupera la fertilidad del suelo. Por ello, se propone sembrar plantas nativas, árboles o arbustos que sean de crecimiento rápido y generen hojarasca para la formación del suelo y el control de pastos invasores. El primer paso debe ser la remoción completa del pasto invasor y volteo de este para eliminar los escombros presentes; luego aplicar las enmiendas similares a las de la estrategia de nucleación.

REEMPLAZO CON ESPECIES ORNAMENTALES

Por medio del debido manejo del suelo con abonos, se propone la siembra de plantas ornamentales nativas, que estén adaptadas a climas altoandino, lo que no solo permita recuperar la belleza estética y paisajística del lugar, sino también aumentar la cantidad de polinizadores en la zona, procurando usar plantas herbáceas o arbustivas con alta producción de flores.

REGENERACIÓN ESPONTÁNEA

Sirve de control para realizar experimentación y comparación con las demás estrategias anteriores, pues se enfoca en la disminución de factores tensionantes y disturbios del ecosistema. En este caso, inicialmente debe realizarse una colecta de las basuras y los desechos que se encuentren en el lugar; posteriormente, cercar la zona utilizando una malla plástica para evitar futuras basuras de zonas aledañas e invasiones de personas ajenas que habitan el lugar.

ESPECIES VEGETALES DE INTERÉS

De acuerdo con las especies recolectadas en campo (Imagen 8) y su posterior identificación y estudio, así como con la investigación del tipo de ecosistema y las expectativas frente al predio, se incluyeron seis especies vegetales de interés, cuya descripción detallada se encuentra a continuación (tabla 10). Más información sobre estas y otras especies usadas en la restauración de ecosistemas urbanos de la sabana de Bogotá se encuentran en Barrera-Cataño *et al.* (2010).

TABLA RESUMEN DE ESTRATEGIAS

Finalmente, se resumen las posibilidades de intervención en una tabla de estrategias de manejo (tabla 11), donde se describen los escenarios, los componentes, el tipo de intervención, el objetivo de cada manejo, los indicadores del proceso, una propuesta de periodicidad del monitoreo y, si aplica, las especies vegetales propuestas.

RECOMENDACIONES

Realizar la remoción extensiva del suelo (pasto) y reemplazar los escombros que se encuentran en el suelo. También es posible aumentar el límite de la vegetación riparia del río Bogotá desde las áreas subyacentes al río. Se aconseja formar alianzas con la red de viveros y paqueros locales. Para tratar el conflicto de intereses de planeación distrital (Avenida Longitudinal de Oriente) en el área aledaña a la zona de restauración se recomienda buscar información sobre la compensación ambiental que deberá realizarse por la construcción de la vía.

TABLA 10.

Especies vegetales nativas de interés para el proyecto de intervención del Colegio Soledad en Bogotá.

NOMBRE COMÚN (NOMBRE CIENTÍFICO)	CARACTERÍSTICAS
Chamana, Hayuelo <i>(Dodonaea viscosa)</i>	(Sapindaceae) Arbusto de 3m. Produce hojarasca y frutos dehiscentes (secos). Resistente a sequías y suelos erosionados para formación de suelos.
Chilco <i>(Baccharis bogotensis)</i>	(Asteraceae) Arbusto pionero presente en suelos pobres, erosionados y de baja precipitación. Resistente a heladas.
Altramuz, Chocho, Lupino <i>(Lupinus bogotensis)</i>	(Fabaceae) Arbusto hasta 1m de alto. Común en vegetación secundaria y en áreas disturbadas. Especie melífera, dispersada por aves. Es una especie fijadora de nitrógeno, útil para recuperar suelos.
Cacho de Venado, Coronó <i>(Xylosma spiculifera)</i>	(Salicaceae) Árbol de hasta 12m de alto. Aptitud pionera moderada. Actúa como facilitador de la regeneración de bosque de cedro (<i>Cedrela montana</i>), almanegra (<i>Buddleja americana</i>) y tibar (<i>Escallonia paniculata</i>). Importante en la protección y conservación de suelos erosionados o degradados. De aplicabilidad en la restauración de bosques primarios.
Cruz de Mayo, Laurel, Olivo de Cera <i>(Morella parvifolia)</i>	(Myriaceae) Árbol de hasta 12m de alto. Presente en la vegetación arbustiva de los páramos y subpáramos, en áreas abiertas, en zonas erosionadas de pendientes fuertes e inestables, y en áreas altamente degradadas. Induce procesos sucesionales. Es una especie melífera y fijadora de nitrógeno.
Changuelito, Cucharo rosado <i>(Myrsine coriacea)</i>	(Primulaceae) Árbol de hasta 21m de altura. Presente en bosques altoandinos secundarios y riparios . Crece en suelos de ligeros a francos, tolera los suelos pesados bien drenados y erosionados. Es útil como precursor leñoso.

Nota. Tabla elaborada con base en la información presentada en Barrera-Cataño et al.

METODOLOGÍA DE PROPAGACIÓN

Por semillas. Se recogen los frutos, se secan al sol para que abran y así extraer las semillas. Se dejan en agua entre 24 y 36 horas, y luego se siembran.

Por semillas. Se colectan los frutos cuando se tornan de color café claro, se secan al sol durante 1 o 2 días, se extraen las semillas, y se siembran a 5 mm de profundidad.

Por semillas. Se colectan los frutos, se secan al sol y se extraen las semillas, las cuales se dejan sumergidas en agua por 24 horas; luego, se siembran a 2 cm de profundidad.

Por semillas y por brotes de raíces. Se colectan los frutos cuando se tornan negros, se dejan secar y se extraen las semillas, las cuales se recomienda mantener dos horas en agua caliente o cinco en agua fría, antes de sembrar.

Por semillas. Se colectan los frutos cuando se tornan grisáceos; se dejan inmersos en agua pre hervida durante 24 horas, con el fin de desprender la cera, luego se secan al sol y se siembran.

Por semillas. Se colectan frutos, se despulpan, se escarifican y se extrae la semilla. Se recomienda dejarla en inmersión por 48 horas y sembrarla.

et al. (2010).

TABLA 11.

Estrategias de intervención propuestas en el Colegio Soledad Acosta, Bogotá.

ESTRATEGIAS COMPONENTES	BIORREMEDIACIÓN CON PLANTAS ESTRATÉGICAS	ENRIQUECIMIENTO CON NUCLEACIÓN SIN REMOCIÓN DE SUELO
ESCENARIO DE RESTAURACIÓN	Pastizales transformados	
NIVEL DE DEGRADACIÓN	Alto con presencia de metales pesados	
OBJETIVO	Recuperar propiedades del suelo	Aumentar la diversidad de especies y recuperar la estructura de la vegetación
ECOSISTEMA DE REFERENCIA	Vegetación ribereña de sabana altoandina tropical (ver sección de especies estratégicas en Barrera-Cataño <i>et al.</i> , 2010)	
TIPO DE ESPECIES	Especies gramíneas con capacidad de bioacumulación	Especies de sucesión temprana e intermedia
INDICADORES	<ul style="list-style-type: none"> • Densidad aparente del suelo • Concentración en ppm de metales pesados • Porcentaje de cobertura vegetal (no pasto) 	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de supervivencia (individuos sembrados) • Cobertura de pasto • Tasa de crecimiento relativo de los individuos (cm)

Nota. ppm: partes por millón.



ENRIQUECIMIENTO CON NUCLEACIÓN Y REMOCIÓN DEL SUELO	REEMPLAZO CON ESPECIES ORNAMENTALES	REGENERACIÓN ESPONTÁNEA
---	---	----------------------------

Pastizales transformados

Alto	Alto, medio o bajo	
Aumentar la diversidad de especies y recuperar la estructura de la vegetación junto con propiedades del suelo	Aumentar el atractivo estético de la zona y la cobertura vegetal	Comparar el avance sucesional en condiciones no asistidas (Control)
Ninguno	Bosques, humedales y arbustales	
Especies de sucesión temprana e intermedia	Especies ornamentales adaptadas a climas altoandinos	Ninguna
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Porcentaje de supervivencia (individuos sembrados) ▶ Porcentaje de cobertura vegetal (no pasto) ▶ Tasa de crecimiento relativo de los individuos (cm) 	Porcentaje de cobertura vegetal diferente a pastos	Porcentaje de cobertura vegetal diferente a pastos

**Sector Chaina del
Santuario de Flora
y Fauna de Iguaque**
2022
Jeniffer Díaz



CÁPSULA 6.

 **APORTE AL
PROCESO
DE RESTAU-
RACION
EN EL
SANTUARIO
DE FAUNA
Y FLORA
DE IGUAQUE**

**JENIFFER V. DÍAZ RODRÍGUEZ
Y MARÍA M. NÚÑEZ IZQUIERDO**

LUGAR DE ESTUDIO Y ANTECEDENTES

El Santuario de Fauna y Flora Iguaque (SFFI), ubicado a 5°41'15"N 73°26'10"O, es un área protegida de orden nacional y de gran importancia ecológica; alberga una gran cantidad de especies vegetales propias de ecosistemas andinos y altoandinos, estas especies son base para su riqueza y la regulación hídrica de la región (Fernández-Méndez *et al.*, 2016). Además de su importancia ecosistémica, también posee una riqueza cultural que se representa en la población rural asentada dentro y a los alrededores del santuario, en predios públicos y privados. Aunque es bien conocido que este territorio es un área protegida, se han identificado varias amenazas a la integridad del área de protección, principalmente: cacería, cultivos de papa y pastoreo de ganado cerca al páramo que rodea las lagunas (PNN, 2006; Villarreal *et al.*, 2017). Esta situación hace imperativa la intervención de entidades responsables de la administración del área protegida y la academia, para contribuir a la restauración y conservación del ecosistema del bosque altoandino dentro del santuario.

El SFFI actualmente tiene un plan de manejo en el cual se desglosan un objetivo estratégico y seis de gestión, asociados a situaciones priorizadas dentro del área protegida. Puntualmente, el segundo objetivo de gestión es: «Establecer medidas de prevención y restauración, mediante la implementación del plan de emergencia y contingencias y el programa de restauración ecológica, que aporten a la recuperación de los ecosistemas, en especial de aquellos que han sido transformados» (Villarreal *et al.*, 2017). Y a fin de contribuir con el cumplimiento de este objetivo, se han seleccionado dos lugares estratégicos de restauración dentro

de la reserva y dieciocho especies objeto de conservación, para propagar y sembrar en las zonas a restaurar.

Pese a que en el área protegida se cuenta con viveros para la propagación de especies nativas, donde se llevan a cabo siembras regulares de especies de interés, una de las limitaciones encontradas es que no existe un protocolo de propagación que permita optimizar la obtención de material vegetal, una barrera importante al momento de ejecutar procesos de restauración. No obstante, entre funcionarios del santuario y la estudiante de maestría vinculada a GREUNAL se propuso un proyecto que permitiera optimizar la germinación de las especies de interés, identificando su tipo de dormancia y el método más efectivo para romperla. Se presenta a continuación la parte metodológica y los resultados preliminares del proyecto desarrollado.

METODOLOGÍA

SELECCIÓN DE ESPECIES

Para el sff Iguaque y su zona de amortiguamiento, se tienen registradas 816 especies agrupadas en 141 familias. De éstas sic, el 89,5% corresponden a especies nativas de Colombia y el 10,4%, a especies introducidas ya sean cultivadas, naturalizadas o invasoras. Se reportan 187 especies con algún uso o potencial de uso y, entre ellas, 80 tienen potencial para la restauración ecológica de ecosistemas altoandinos (Mendoza-Cifuentes, 2017, p.111). Teniendo en cuenta esta amplia composición de especies se procedió a dar prioridad a las especies que los funcionarios tenían preseleccionadas para su plan de restauración institucional, por ende, se realizó un primer

filtro con base en su papel ecológico en el ecosistema, su grado de amenaza y si contaban con semillas disponibles durante la época que se llevarían a cabo los muestreos.

Con el filtro, se obtuvo una lista de dieciocho especies, de las cuales buscó información sobre trabajos de germinación previamente realizados, utilizando frases filtro como:

‘germinación de (nombre de la especie)’ y ‘propagación de

(nombre de la especie)’, y utilizando motores de búsqueda como:

‘Google Scholar’, ‘Academia’ y ‘SciELO’. Adicionalmente

se realizó una búsqueda sobre la función ecológica de

cada especie, utilizando frases como: ‘ecología de (nombre de la especie)’, ‘biología de (nombre de la especie)’ o se

buscó solo el nombre de la especie y se seleccionaron

trabajos con información sobre su función ecológica. Por

último, por medio del *Catálogo de plantas y líquenes*

de Colombia (Bernal *et al.*, 2015) se obtuvo información

sobre su origen y su estado de conservación (Tabla 1).

Con base en la información compilada sobre cuáles de

las dieciocho especies tenían trabajos previos sobre su

propagación y germinación, se encontró que ya había

datos reportados sobre su proceso de propagación en

diez de las especies, mientras que no se encontraron

trabajos publicados de estas ocho especies: *Ficus*

tequendamae, *Ficus velutina*, *Lepechinia salviifolia*,

Chalybea macrocarpa, *Alnus acuminata*, *Clusia*

multiflora, *Smallanthus pyramidalis* y *Vallea stipularis*.

TABLA 12.

Información de las dieciocho especies del SFFI analizadas.

NOMBRE CIENTÍFICO - AUTOR	NOMBRE COMÚN	O-(EDA)	FUNCIÓN ECOLÓGICA
<i>Quercus humboldtii</i> - Bonpl.	Roble	Nativa (VU)	Hábitat para epifitas (Avella 2008)
<i>Miconia squamulosa</i> - Triana	Tuno esmeraldo	Nativa (NE)	Atrae fauna, bioindicador (Higuita y Rivas, 2007)
<i>Podocarpus oleifolius</i> - D.Don	Pino hayuelo	Nativa (VU)	Coloniza suelos pobres (Marín 1998)
<i>Dodonaea viscosa</i> (L.) - Jacq.	Hayuelo	Nativa (NE)	Forma suelo (Rzedowski 2001)
<i>Weinmannia tomentosa</i> - L.f.	Encenillo	Nativa (NE)	Protege las plántulas (Toro 2010)
<i>Myrcianthes leucoxylla</i> - (Ortega) McVaugh	Arrayán blanco	Nativa (NE)	Mejora el suelo y atrae fauna (Jardín Botánico de Bogotá, 2008)
<i>Viburnum tinoides</i> - L.f.	Garrocho	Nativa (NE)	Conserva el suelo y atrae fauna (Mahecha 2010)
<i>Morella parvifolia</i> - (Benth.) Parra-Os.	Laurel	Nativa (NE)	Especie facilitadora (Connell y Slatyer, 1977)
<i>Hesperomeles obtusifolia</i> - (Pers.) Lindl.	Mortillo	Nativa (NE)	Coloniza zonas escarpadas (Pedraza-Peñalosa et al., 2004)
<i>Tara spinosa</i> - (Molina) Britton & Rose	Divividi	Nativa (NE)	Mejora el suelo y controla la erosión (Coca, 2010)
<i>Ficus tequendamae</i> - Dugand	Ficus	Endémica (NE)	Atrae fauna (observación en SFFI)
<i>Ficus velutina</i> - Willd.	Herrerum	Nativa (NE)	Atrae fauna Planta facilitadora y pionera (Jørgensen y León-Yáñez, 1999)
<i>Lepechinia salviifolia</i> - (Kunth) Epling	Salvion	Nativa (NE)	Atrae polinizadores Pionera de ciclo largo (Cañón, 2021)

NOMBRE CIENTÍFICO - AUTOR	NOMBRE COMÚN	O-(EDA)	FUNCIÓN ECOLÓGICA
<i>Chalybea macrocarpa</i> - (Uribe) Morales-P. & Penneys	Churumbelito	Endemica (NE)	Atrae fauna (CTRFAM 2021)
<i>Alnus acuminata</i> - Kunth	Aliso	Nativa (NE)	Mejora el suelo y es fijadora de N. (CATIE 1995)
<i>Clusia multiflora</i> - Kunth	Gaque	Nativa (LC)	Atrae dispersores De sucesión intermedia (Cañón, 2021)
<i>Smallanthus pyramidalis</i> - (Triana) H. Rob.	Arboloco	Nativa (NE)	Atrae dispersores Pionera de ciclo intermedio (Cañón, 2021)
<i>Vallea stipularis</i> - L.f.	Raque	Nativa (NE)	Atrae polinizadores De sucesión tardía (Cañón, 2021)

Nota. o: origen; EDA: estado de amenaza; vu: vulnerable; NE: no evaluado; LC: preocupación menor. Elaboración con base en la información relacionada en el Catálogo de plantas y líquenes de Colombia (Bernal et al., 2015)

MUESTREO

La lista de especies definitiva se socializó con los funcionarios del santuario por medio de reuniones y se acordó realizar el proyecto con las ocho especies que no tenían datos reportados de trabajos previos en propagación mediante el uso de tratamientos pre-germinativos.

Teniendo en cuenta el gran conocimiento de la zona por parte de los funcionarios del área protegida, se estipularon las áreas donde se tiene registrada la presencia de las especies y se acordaron las fechas de salidas según la disponibilidad de, por lo menos, un funcionario del

santuario y la estudiante; por lo que se llevaron a cabo varias salidas a las áreas de Chaina y Carrizal. Por medio de recorridos libres se identificaron las especies y se llevó a cabo el correspondiente muestreo (ver anexo Pasos para la recolección de semillas). De cada individuo muestreado se llevó un registro por parte de funcionarios del santuario, indicando la fecha, la especie, la cantidad de semillas recolectadas y el nombre de los recolectores, con el fin de documentar el proceso y reportar, ante Parques Nacionales, la extracción de las muestras.

IMAGEN 11.

Recolección de semillas de especies nativas del SFFI.





Nota. Fotografías tomadas por Jeniffer Díaz y Mercedes Izquierdo.

Una vez obtenidas las muestras, estas se trasladaron al vivero carrizal del SFFI y se sometieron a cuatro tratamientos pre-germinativos. Los resultados obtenidos evidenciaron que algunas especies presentan un estado de ‘hibernación’ mediante el cual la semilla no germina, así tenga las condiciones ideales para hacerlo, denominado dormancia; según las condiciones físicas de la semilla y las condiciones de su sistema interno las semillas presentaron dormancia exógena o endógena, respectivamente. Adicionalmente, con algunos de los tratamientos se evidenció una disminución en el tiempo que les toma germinar, obteniendo plántulas de una forma más rápida. Estos resultados permiten optimizar la obtención de plántulas de especies nativas para la restauración del bosque altoandino; de ahí que la mayoría de las plántulas se desarrollaron perfectamente y fueron sembradas en los bosques pertenecientes al sector de Chaina y Carrizal del SFFI. De este proyecto se obtuvo un protocolo de propagación para las dieciocho especies nativas del bosque altoandino

seleccionadas, lo que no solo permitió encontrar métodos anteriormente no reportados para ocho de ellas, sino también compilar información de las diez especies restantes; con ello se contribuye a minimizar la barrera de la obtención de material vegetal para futuros procesos de restauración en el área protegida. Los resultados del proyecto están en proceso de publicación.

IMAGEN 12.

Semillas de algunas de las especies promisorias para la restauración del SFFI.



Nota. (a) *Alnus acuminata*, (b) *Clusia multiflora*, (c) *Vallea stipularis*, (d) *Lepechinia salviifolia*, (e) *Smallanthus pyramidalis*. Fotografías tomadas por Jeniffer Díaz.

RECOMENDACIONES

PASOS PARA LA RECOLECCIÓN DE SEMILLAS

A continuación, se presentan los pasos para la recolección de semillas en el SIF y que fueron adaptados de Di Sacco *et al.* (2020).

1. Identificar la zona a muestrear. Consultar qué tipo de ecosistema y cuál es la dinámica climática que presenta (épocas secas y de lluvia). Es recomendable comunicarse con una persona que habite en la zona y tenga conocimiento de la flora local, para confirmar si la época seleccionada es la que tendrá más frutos disponibles para recolectar.

2. En caso de no tener información específica sobre las plantas de la zona y las épocas de floración y fructificación, se pueden consultar muestreos previos de flora de la zona para inferir la época más probable de dispersión de frutos del área.

3. Delimitar el área donde se desea realizar el muestreo. En este caso, se aconseja aplicar una técnica de muestreo aleatorio o por cuadro, que idealmente cubra la extensión de toda la población.

4. Realizar trayectos dentro del área a muestrear teniendo cuidado de no recolectar semillas del mismo individuo. Para esto, una buena opción es tener un GPS y marcar cada individuo que se ha muestreado previamente, también se puede marcar el individuo con pintura o con una cinta de color llamativo. Dentro del área a muestrear, se recomienda recolectar semillas de al menos 10-30 individuos en forma aleatoria dentro de la población. Para especies con dispersión a corta distancia (p.ej. polen por insectos, semillas por gravedad), es mejor coleccionar un mayor número de plantas.

5. Recolectar una cantidad similar de semillas por individuo. De esta manera el aporte o representación genética de cada individuo en la muestra será equilibrada. [...] Es recomendable recolectar menos semillas de un número mayor de plantas que una gran cantidad de semillas de menos individuos.

6. [...] Si las especies se reproducen vegetativamente o son autóгамas se debe aumentar la distancia entre los individuos a muestrear. Se recomienda mantener una distancia de separación entre individuos para evitar el sobre muestreo de plantas genéticamente muy relacionadas (p. ej. esta aconsejado separar 50-100 m para árboles).

7. En caso de contar con muy pocos individuos por población (menos de veinte), como normalmente es el caso de las especies raras [...] y en peligro de extinción, se deben recolectar y mantener las semillas de cada individuo en bolsas separadas. Esto permitirá mantener la variación genética de la población al momento de regenerar la muestra. (p.24)

8. Cuando se encuentre el individuo a recolectar (ver formas de recolección) se toman de seis (6) a diez (10) semillas (dependiendo de la oferta de semillas que tenga el individuo) y se lleva a cabo una prueba de corte. Esta prueba se realiza abriendo todas las semillas, una por una, con un corte por la mitad de la semilla; posteriormente, se cuentan cuántas están sanas y enfermas. Si un 70% de las semillas está sana, se recolecta; si es menor, no se recolecta.

Una vez se haya seleccionado el individuo se recomienda recolectar máximo el 40% de los frutos disponibles, ya que se debe dejar frutos para la dispersión natural.

9. Al momento de guardar las semillas se debe tener en cuenta el tipo de fruto para seleccionar la mejor manera de guardarlas. Si el fruto es carnoso, se deben guardar en bolsa plástica; si es seco se puede guardar en bolsa de papel o de tela.

10. Cada muestra debe contar con un número único, el cuál debe escribirse en la bolsa que contenga la muestra y en los formatos de recolección, con la información de descripción y ubicación del individuo. Cada muestra de semillas debe tener una muestra de herbario, con el fin de tener certeza del origen de las semillas.

FORMAS DE RECOLECCIÓN

► Se pueden recolectar los frutos a mano, si se encuentran de forma accesible, de una rama baja o si es un arbusto o arbolito no muy alto. Si la planta es muy alta, se recomienda el uso de bajarramas, teniendo cuidado de que no haya cables de electricidad y que ninguna persona esté debajo del lugar de donde se va a tomar la muestra.

► En caso de que la flexibilidad del tronco lo permita, se puede sacudir la planta para que caigan los frutos con las semillas al suelo. Antes de sacudir la planta se recomienda poner una lona blanca debajo de la rama que tiene los frutos para que caigan sobre la lona, y sea más sencillo tomarlos para guardarlos. Si es apto, y bajo su propia responsabilidad, puede trepar el árbol y acceder a los frutos que tienen las semillas disponibles.

► Como última opción se debe contemplar el recolectar frutos del suelo, ya que al tomarlos del suelo no hay una completa certeza de qué árbol cayó el fruto, además,

al desconocer cuánto tiempo lleva en el suelo, podría estar contaminado por hongos o insectos, lo que no solo disminuye su viabilidad, sino que también se corre el riesgo de llevar contaminantes a las demás muestras de semillas.

CONCLUSIÓN

A través de este tipo de proyectos interinstitucionales es posible complementar esfuerzos, conocimientos y obtener resultados en pro de un bien común: la conservación y restauración de ecosistemas vulnerables en nuestro país. De esta manera se contribuye a aportar nuevo conocimiento sobre las especies nativas que conforman estos ecosistemas, el cual complementa el ya adquirido por las comunidades *in situ*, mientras ayuda a comprender mejor sus dinámicas.



GLOSARIO

Acícula. «Aguijón fino y delicado que no es hiriente» (Font-Quer, 1982, p.7).

Agregación. Este término hace referencia a la agrupación de partículas que conforman el suelo (FAO, s.f.)

Bosque andino. Ecosistema natural, propio de áreas montañosas de Sudamérica, limitado aproximadamente entre los 1000 y los 3500 metros de altitud (Olson y Dinerstein, 1997)

Cotiledón o cotiledones. La primera o cada una de las primeras hojitas de la planta, su forma suele ser diferente a las demás hojas (Font-Quer, 1982, p.275).

Dosel. La copa de los árboles (Farfán, 2019).

Drupa. «Fruto de pulpa carnosa y cáscara leñosa que contiene una sola semilla, como los duraznos» (Real Academia Española, s.f.-a).

Enclave. «Territorio incluido en otro con diferentes características geográficas, políticas o de otra índole» (Real Academia Española, s.f.-b).

Epífita. «Vegetal que vive sobre otra planta, sin alimentarse a expensas de esta» (Real Academia Española, s.f.-c).

Escorrentía. «Corriente de agua que se vierte al rebasar su depósito o cauce naturales o artificiales» (Real Academia Española, s.f.-d).

Mesocarpo o mesocarpio. «Es la parte media del pericarpo y protege al endocarpo, en algunos frutos es una capa gruesa y se le conoce como pulpa» (Font-Quer, 1982, p. 702).

Morfotipo: «Tipo morfológico que caracteriza a un grupo determinado de organismos» (Real Academia Española, s. f.-e).

Mufla. «Hornillo que se coloca dentro de un horno para reconcentrar el calor» (Real Academia Española, s. f.-f).

Retamo. Sinónimo de matorral mediterráneo (Font-Quer, 1982, p.943).

Ripario. Aquel organismo que tienen su origen en las riberas (Font-Quer, 1982, p. 946).

Rustificación. También conocido como aclimatación, es el proceso donde se trasladan las plántulas del lugar de enraizamiento a un sitio de crecimiento definitivo (Escuelagro, 2018)

Sustrato. Superficie o capa donde se desarrolla la vida (Real Academia Española, s. f.-g).

Tanino. Cualquiera de los principios inmediatos vegetales, ternarios (C, H y O), y de sabor amargo y seco. Se destacan sus usos en la industria del cuero y en la elaboración de tintas, ya que pigmentan de color azul, negro o verde (Font-Quer, 1982, p.530).

Tropical. «Hace referencia a lo que pertenece o se relaciona con los trópicos. Los trópicos son las regiones que distan del ecuador 23° 27' norte y sur» (Real Academia Española, s. f.-h).

BIBLIO GRAFÍA

Avella, A. y Cárdenas, L. (2010). Conservación y uso sostenible de los bosques de roble en el corredor de conservación Guantiva - La Rusia - Iguaque, departamentos de Santander y Boyacá, Colombia. *Colombia Forestal*, 13(1), 5-26.

Ayerbe, F. (2019). *Guía ilustrada de la avifauna colombiana*. Puntoaparte Bookvertising.

Barrantes, G. y Pereira, A. (2002). Seed dissemination by frugivorous birds from forest fragments to adjacent pastures on the western slope of Volcán Barva, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 50(2), 569-575.

Barrera-Cataño, J. I., Contreras-Rodríguez, S. M., Garzón-Yepes, N. V., Moreno-Cárdenas, A. C. y Montoya-Villarreal, S. P. (2010). *Manual para la restauración ecológica de los ecosistemas disturbados del Distrito Capital*. Pontificia Universidad Javeriana y Alcaldía Mayor de Bogotá D. C.

Bernal, R., Gradstein, S. R. y Celis, M. (Eds.). (2015). *Catálogo de plantas y líquenes de Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia. <http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co/es/>

Buckley, Y. M., Anderson, S., Catterall, C. P., Corlett, R. T., Engel, T., Gosper, C. R., Nathan, R., Richardson, D. M., Setter, M., Spiegel, O., Vivian-Smith, G., Voigt, F. A., Weir, J. E. S. y Westcott, D. A. (2006). Management of plant invasions mediated by frugivore interactions. *Journal of Applied Ecology*, 43(5), 848-857.

- Camargo, C. y Vargas, S.** (2006). La relación dispersor-planta de aves frugívoras en zonas sucesionales tempranas como parte de la restauración natural del bosque andino (Reserva Biológica Cachalú, Santander, Colombia). En C. Solano y N. Vargas (Eds.). *Memorias del I Simposio Internacional de Roble y Ecosistemas Asociados* (primera edición, pp.157-172). Fundación Natura y Pontificia Universidad Javeriana Bogotá.
- Cantillo-Higuera, E. E., Lozada-Silva, A. y Pinzón-González, J.** (2009). Caracterización sucesional para la restauración de la reserva forestal Cárpatos, Guasca, Cundinamarca. *Colombia forestal*, 12(1), 103-118.
- Cañón, J., Ávila-R., L., Herrera, E. y Serrano, O.** (2021). *De semillas a bosques. Experiencias de viverismo con especies andinas. Compensaciones ambientales del Proyecto de Transmisión de Energía Eléctrica Nueva Esperanza*. EPM y Fundación Natura.
- Castrillón Valencia, V. y López Lopez, L. W.** (2010). Caracterización florística y estructural del bosque secundario de la vereda el estero, área de influencia del humedal Ramsar laguna de la Cocha, municipio de Pasto [Tesis de pregrado, Universidad de Nariño]. <http://sired.udenar.edu.co/5336/>
- Castro, J. J. y Cerdas, M. D. M.** (2005). Mora (*Rubus spp.*). *Cultivo y manejo poscosecha*. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Universidad de Costa Rica y Consejo Nacional de Producción.
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza Tipo (CATIE).** (1995). *Jaúl*. *Alnus acuminata ssp. arguta, (Schlechtendal) Furlow. Especie de árbol de uso múltiple en América Central*. Informe Técnico No.248. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/2634>
- Coca, M.** (2010). Principales enfermedades de la Tara (*Caesalpinia spinosa*). Boletín Técnico, (4), 1-4.
- Connell, K. H. y Slatyer, R. O.** (1977). Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. *The American Naturalist*, 111(982), 1119-1144.

Cooperative Taxonomic Resource for American Myrtaceae (CoTRAM). (2021). *CoTRAM: Cooperative Taxonomic Resource for American Myrtaceae*. <https://cotram.org/>

Covarrubias, S. A., García Berumen, J. A. y Peña Cabriales, J. J.

(2015). El papel de los microorganismos en la biorremediación de suelos contaminados con metales pesados. *Acta Universitaria*, 25(NE-3), 40-45. DOI:10.15174/au.2015.907

Cruz, D. J. y Villavicencio, A. (2017). Sendero interpretativo como instrumento de educación ambiental en el parque estatal Hermenegildo Galeana [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma del Estado de México]. <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/67523>

Delgadillo-López, A. E., González-Ramírez, C. A., Prieto-García, F., Villagómez-Ibarra, J. R. y Acevedo-Sandoval, O. (2011). Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14(2), 597-612.

Di Sacco, A., Way, M., León Lobos, P., Suárez Ballesteros, C. I. y Díaz Rodríguez J. V. (2020). *Manual de recolección, procesamiento y conservación de semillas de plantas silvestres*. Royal Botanic Gardens, Kew e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. DOI:10.34885/175

Duarte Jaramillo, L. D. (2018). Evaluación de diferentes tratamientos de nucleación como estrategias de restauración ecológica, en su etapa inicial, en áreas de bosque altoandino invadidas por *Pteridium aquilinum* (L.) Khun [Tesis de Pontificia Universidad Javeriana]. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/40365>

Escuelagro. (2018). *Manual de vivero*. Ministerio de Agroindustria e INTA. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/manual_de_vivero_2do_ano.pdf

Eslava-Silva, F. D. J., Jiménez-Durán, K., Jiménez-Estrada, M. y Muñiz-Díaz -de-León, M. E. (2020). Morfo-anatomía del ciclo de vida del helecho *Pteridium aquilinum* (Dennstaedtiaceae) en cultivo in vitro. *Revista de Biología Tropical*, 68(1), 12-22.

- FAO.** (s.f.). Estructura del suelo. Recuperado el 20 de julio de 2023, de https://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s07.htm
- Farfán, F.** (2019). Descripción de la estructura del dosel arbóreo al interior de un sistema agroforestal con café. *Avances Técnicos Cenicafe*, 501, 1-8
- Fernández-Méndez, F., Velasco-Salcedo, V. E., Guerrero-Contecha, J., Galvis, M. y Neri, A. V.** (2016). Recuperación ecológica de áreas afectadas por un incendio forestal en la microcuenca Tintales (Boyacá, Colombia). *Colombia Forestal*, 19(2), 143-160.
- Figueroa, J. A. y Castro, S. A.** (2002). Effects of bird ingestion on seed germination of four woody species of the temperate rainforest of Chiloé island, Chile. *Plant ecology*, 160, 17-23.
- Font-Quer, P. (Dir.).** (1982). *Diccionario de Botánica*. Labor.
- Gutiérrez, A.** (2005). Ecología de la interacción entre colibríes (Aves: Trochilidae) y plantas que polinizan en el bosque altoandino de Torca [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. <https://docplayer.es/50321204-Ecologia-de-la-interaccion-entre-colibrises-aves-trochilidae-y-plantas-que-polinizan-en-el-bosque-altoandino-de-torca.html>
- Herbario Forestal, U. D. B. C.** (2006). *Guía para la recolección y preservación de muestras botánicas en campo*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Higuita, H. D. y Rivas, A. C.** (2007). Estudio de la familia Melastomataceae en el área de jurisdicción de Corantioquia [Informe final de contrato, Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia]. https://www.corantioquia.gov.co/ciadoc/flora/AIRNR_CN_7186_2006.pdf
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).** (2002). Mapa digital de suelos del departamento de Cundinamarca, República de Colombia. Escala 1:100.000. Año 2001. <https://metadatos.icde.gov.co/geonetwork/srv/api/records/f7c184ea-8abb-45a5-9cf2-1f88981760b6>
- Jardín Botánico de Bogotá (Ed.).** (2008). Especies útiles en la región andina de Colombia (Tomo II). Imprenta Nacional de Colombia.

- Johnston, A. E.** (1991). Soil fertility and soil organic matter. En W. S. Wilson (Ed.). *Advances in soil organic matter research: The impact on agriculture and the environment* (pp. 299-314). The Royal Society of Chemistry.
- Jørgensen, P. M. y León-Yáñez, S.** (1999). Catalogue of the vascular plants of Ecuador. *Monogr. Sys. Bot. Gard.*, 75(i-viii), 1-1181.
- Julca-Otiniano, A., Meneses-Florián, L., Blas-Sevillano, R. y Bello-Amez, S.** (2006). La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *Idesia (Arica)*, 24(1), 49-61.
- Keller, H. A., Hurrell, J. A., Vanni, R. O. y Delucchi, G.** (2012). *Senna macranthera* (Leguminosae), una especie ornamental naturalizada en la Argentina. *Bonplandia*, 21(1), 55-60.
- Mahecha, G. (Ed.)**. (2010). *Arbolado urbano de Bogotá: Identificación, descripción y bases para su manejo*. Secretaría Distrital de Ambiente.
- Marín, A.** (1998). Ecología y silvicultura de las podocarpaceas andinas de Colombia, 1998. Departamento de Investigación Forestal. Smurfit Cartón de Colombia.
- Marín, M. A. M., Pescador, L. R., Ramos, L. R. y Charry, J. L. A.** (2017). Impacto de la actividad ganadera sobre el suelo en Colombia. *Ingeniería y Región*, 17, 1-12.
- Mendoza-Cifuentes, H.** (2017). Catálogo de la flora vascular de los Parques Nacionales de Colombia: Santuario de Flora y Fauna de Iguaque y su zona de amortiguamiento. *Biota Colombiana*, 18(1), 105-147 DOI:10.21068/c2017.v18n01a8
- Núñez López, R. A., Meas Vong, Y., Ortega Borges, R. y Olguin, E. J.** (2004). Fitorremediación: fundamentos y aplicaciones. *Biotecnología y Biología Molecular*, 55(3), 69-83.
- Oliva, M., Silva, R. C. y Espinoza, T. A. E.** (2016). Efecto de las plantaciones de *Pinus patula* sobre las características fisicoquímicas de los suelos en áreas altoandinas de la región Amazonas. *INDES. Revista de Investigación para el Desarrollo Sustentable*, 2(1), 28-36.

Olson, D. M. y Dinerstein, E. (1997). *The Global 2000: Conserving the world's distinctive ecoregions*. WWF-US.

Parques Nacionales Naturales de Colombia (PNN). (2006). *Resumen Ejecutivo. Plan de Manejo Santuario de Fauna y Flora Iguaque 2005-2009*. <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/31454>

Paz, J. P. y Ospina, R. (2006). *Estudio de las variables biológicas, ecológicas, sociales, culturales y económicas asociadas a la especie roble (Quercus Humboldtii)*. Junta de Acción Comunal Vereda Clarete Alto, Popayán; Universidad del Cauca; Corporación Autónoma Regional del Cauca (C.R.C.).

Pedraza-Peñalosa, P., Betancur, J. y Franco-Rosselli, P. (2005). *Chisacá, un recorrido por los páramos andinos (Segunda Edición.)*. Instituto de Ciencias Naturales, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Real Academia Española. (s.f.-a). *Drupa*. En *Diccionario de la lengua española*. Recuperado el 20 de julio de 2023, de <https://dle.rae.es/drupa?m=form>

Real Academia Española. (s.f.-b). *Enclave*. En *Diccionario de la lengua española*. Recuperado el 20 de julio de 2023, de <https://dle.rae.es/enclave?m=form>

Real Academia Española. (s.f.-c). *Epífita*. En *Diccionario de la lengua española*. Recuperado el 20 de julio de 2023, de <https://dle.rae.es/epifito?m=form>

Real Academia Española. (s.f.-d). *Escorrentía*. En *Diccionario de la lengua española*. Recuperado el 20 de julio de 2023, de <https://dle.rae.es/escorrentía?m=form>

Real Academia Española. (s.f.-e). *Morfotipo*. En *Diccionario de la lengua española*. Recuperado el 20 de julio de 2023, de <https://dle.rae.es/morfotipo?m=form>

Real Academia Española. (s.f.-f). *Mufla*. En *Diccionario de la lengua española*. Recuperado el 20 de julio de 2023, de <https://dle.rae.es/mufla?m=form>

- Real Academia Española.** (s.f.-g). Sustrato. En *Diccionario de la lengua española*. Recuperado el 20 de julio de 2023, de <https://dle.rae.es/sustrato?m=form>
- Real Academia Española.** (s.f.-h). Tropical. En *Diccionario de la lengua española*. Recuperado el 20 de julio de 2023, de <https://dle.rae.es/tropical?m=form>
- Ríos, H. F. y Vargas, O.** (2003). Ecología de las especies invasoras. *Pérez Arbelaezia*, (14), 119-148. <https://perezarbelaezia.jbb.gov.co/index.php/pa/article/view/101>
- Ruiz, L. K., Gradstein, S.R. y Bernal, R.** (2015). *Tara spinosa* (Molina) Britton & Rose. En R. Bernal, S. R. Gradstein y M. Celis (eds.). *Catálogo de plantas y líquenes de Colombia*. <http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co>
- Rzedowski, G. C. y Rzedowski, J.** (2001). *Flora fanerogámica del Valle de México* (segunda edición). Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Saavedra, A. S.** (2012). El género Piper (Piperaceae) como indicador de estados de sucesión y de perturbación en fragmentos de bosque seco tropical en el piedemonte de Cali [Tesis de pregrado, Universidad del Valle]. <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/handle/10893/4274>
- Sierra Escobar, J. A., Quijano-Abril, M. A., Marín-Henao, D., Salazar-Suaza, D. S. y García-Garcés, M. V.** (2020). Especies pioneras, persistentes y ensayos de germinación en bosques montanos de la cordillera central, Colombia. *Ciencia en Desarrollo*, 11(2), 7-24.
- Suárez-Duque, D.** (2008). Formación de un corredor de hábitat de un bosque montano alto en un mosaico de páramo en el norte del Ecuador. *Ecología Aplicada*, 7(1-2), 9-15.
- Toro, J. A.** (2012). Árboles de las montañas de Antioquia. Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia (CORANTIOQUIA). <https://www.corantioquia.gov.co/wp-content/uploads/2022/01/Arboles-de-las-Montanas-de-Antioquia-2021.pdf>

- Torres-Rodríguez, S., Díaz-Triana, J. E., Villota, A., Gómez, W. y Avella, A.** (2019). Diagnóstico ecológico, formulación e implementación de estrategias para la restauración de un bosque seco tropical interandino (Huila, Colombia). *Caldasia*, 41(1), 42-59.
- Tulande Marin, E. E.** (2009). Evaluación de la plantación de *Erythrina edulis*, *Trichanthera gigantea* y remoción del pastoreo sobre la macrofauna edáfica [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Javeriana]. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/11864>
- Vandermeer, J., Zamora, N., Yih, K. y Boucher, D.** (1990). Regeneración inicial en una selva tropical en la costa caribeña de Nicaragua después del huracán Juana. *Revista de Biología Tropical*, 38(2), 347-359.
- Velázquez, E. E.** (2021). Actividad ganadera y contaminación ambiental. *Anales de la Real Academia de Doctores*, 6(2), 245-260.
- Villarreal, H., Núñez, M., Zorro, W. y Pacheco, C.** (2017). *Plan de Manejo del Santuario de Fauna y Flora Iguaque. Parques Nacionales Naturales de Colombia*. <https://www.parquesnacionales.gov.co/portal/wp-content/uploads/2020/10/plan-de-manejo-sff-iguaque.pdf>
- Villena, J. J. y Seminario, J. F.** (2021). Origen y domesticación de Tara spinosa (Leguminosae, Caesalpinioideae). *Lilloa*, 58(2). 131-159. DOI: 10.30550/j.lil/2021.58.2/2021.11.14

El número 2 de la revista
Cápsulas de Restauración Ecológica
se terminó de diagramar
en el mes de octubre de 2023
en Bogotá, Colombia.



Un momento de la humanidad en el que
lleva más de 25.000 años
consumiendo, recolectando
y procesando cereales.



Se utilizaron las familias tipográficas
Romeral
Montserrat

