

Evaluación de un proceso de restauración ecológica en el filo de Santa Lucía, Serranía de los
Yariguíes, Santander, Colombia.

Andrea Kamila Posada Borda

Trabajo de Grado para Optar al Título de Bióloga

Director

Bjorn Reu

Doctor en Ciencias Naturales

Codirectora

Corina Buendía

Doctora en Ciencias de la Tierra

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ciencias

Escuela de Biología

Bucaramanga

2022

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado a mis papás quienes siempre hicieron todo lo posible para que yo estudiara lo que me apasionara.

Agradecimientos

Primeramente con Dios porque biología para mí más que una carrera, fue un constante asombro por la vida en sus diferentes formas. Me siento privilegiada de haber podido estudiar esta carrera.

A todos mis profesores de los cuales me siento muy orgullosa porque siempre corrieron la milla extra para mantenernos actualizados y bien educados, en especial a los profes Bjorn y Corina quienes me dieron la oportunidad de hacer la pasantía con ellos instruyéndome constantemente.

A mi papá quien me acompañó a la salida de campo y me cocinó mientras estuve tomando los datos, a mi mamá y a mi abuelita quienes me fueron a recoger a pesar de la larga caminata que tuvieron que recorrer.

A mi abuelito que me apoyó incondicionalmente y económicamente.

A David quien siempre estuvo motivándome para dar lo mejor de mí.

Contenido

	Pág.
Introducción	11
1. Objetivos	13
1.1 Objetivo general	13
1.2 Objetivos específicos	13
2. Competencias	13
3. Metodología	14
3.1 Área de estudio	14
3.2 Diseño experimental	16
3.3 Monitoreo y trabajo en campo	18
3.4 Análisis de datos	18
3.4.1 Tasa de mortalidad	18
3.4.2 Tasa de crecimiento	19
3.4.3 Diferencia del crecimiento y mortalidad entre las cinco parcelas	20
3.4.4 Identificación de las especies más aptas	20
4. Resultados	20
4.1 Tasa de mortalidad	20
4.2 Tasa de crecimiento	24
5. Discusión.....	29
5.1 Tasa de mortalidad	29
5.2 Tasa de crecimiento	31

5.3 Diferencias de la mortalidad y el crecimiento entre las cinco parcelas	32
5.4 Identificación de las especies más aptas	33
5.5 Limitaciones metodológicas	33
6. Conclusiones	35
7. Recomendaciones	36
Referencias Bibliográficas	37
Apéndices.....	40

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Mapa del área de estudio: ubicación geográfica del Refugio del Oso en relación con el sector norte del Parque Nacional Natural Serranía de los Yariguíes, Santander, Colombia.	15
Figura 2. Mapa ubicando las coordenadas de los individuos muestreados en las cinco parcelas y su gradiente de alturas.....	26
Figura 3. a. Barplot de la tasa de mortalidad en las cinco parcelas. b. Violinplot de las alturas entre las cinco parcelas al año 2022.....	27

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Siembra inicial, número de sobrevivientes y tasa de mortalidad total, por parcela y especie.....	21
Tabla 2. Altura promedio inicial y final de cada especie con su respectiva tasa de crecimiento .	24
Tabla 3. Comparación de alturas entre parcelas por medio de un test de Anova	27
Tabla 4. Ranqueo de la tasa de mortalidad entre especies.....	29

Lista de Apéndices

	Pág.
Apéndice A. Boxplot de la altura por especie.....	40

Resumen

Título: Evaluación de un proceso de restauración ecológica en el filo de Santa Lucía, Serranía de los Yariguíes, Santander, Colombia*.

Autor: Andrea Kamila Posada Borda**.

Palabras Clave: Restauración ecológica, Tasa de mortalidad, Monitoreo, Especie más apta, Tasa de crecimiento.

Descripción:

El Refugio de Oso es una reserva natural de la sociedad civil ubicada en el Municipio de Zapatoca, en el costado Oriental de la Serranía de los Yariguíes. El predio llega hasta el filo de la Serranía, conocido como el Filo de Santa Lucía a 2200 msnm el cual conecta con el Parque Nacional Natural Serranía de Los Yariguíes y el municipio de San Vicente de Chucurí. Este filo y algunos bosques dentro del predio sirven como corredores ecológicos de diferentes especies. La ganadería extensiva ha sido el uso del suelo predominante en esta zona, sin embargo dada la importancia de esta zona para la conservación de especies de fauna, en los últimos años se han llevado a cabo diferentes esfuerzos de restauración ecológica y siembra de especies nativas en el área. Esta pasantía tuvo como objetivo monitorear el proceso de restauración donde se sembraron más de 3000 árboles distribuidos en 5 parcelas en la parte alta El Refugio del Oso en el año 2017. Se calculó la tasa de mortalidad por especie, por parcela y total para así poder realizar un ranqueo para determinar cuáles son las especies más prometedoras y hacer recomendaciones. Para esto se calculó la tasa de crecimiento y se determinó si existían diferencias entre la mortalidad y el crecimiento dada la ubicación de las parcelas. Se obtuvo como resultado que las especies *Vismia baccifera* (L.) Triana & Planchon e *Inga edulis* Mart. son las más aptas para la restauración ecológica en el sector. Este documento ilustra la utilidad de monitorear los procesos de restauración que con base en esto se pueden dar recomendaciones que reducirán los costos y el esfuerzo de la restauración.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ciencias. Escuela de Biología. Programa académico. Director: Bjorn Reu Doctor en Ciencias Naturales Codirectora Corina Buendía Doctora en Ciencias de la Tierra

Abstract

Title: Evaluación de un proceso de restauración ecológica en el filo de Santa Lucía, Serranía de los Yariguíes, Santander, Colombia*.

Autor: Andrea Kamila Posada Borda**.

Keywords: Ecological restoration, Mortality rate, Monitoring, Most suitable species, Growth rate.

Description:

The Refugio del Oso is a civil society nature reserve located in the Municipality of Zapatoca, on the Eastern side of the Serranía de los Yariguíes. The property reaches the edge of the Serranía, known as the Filo de Santa Lucía at 2,200 meters above sea level, which connects with the Serranía de Los Yariguies National Natural Park and the municipality of San Vicente de Chucurí. This edge and some forests within the property serve as ecological corridors for different species. Extensive cattle ranching has been the predominant land use in this area, however, given the importance of this area for the conservation of fauna species, in recent years different efforts have been carried out for ecological restoration and planting of native species in the area. The objective of this internship was to monitor the restoration process where more than 3000 trees distributed in 5 plots were planted in the upper part of El Refugio del Oso in 2017. The mortality rate per species, per plot and total was calculated in order to be able to perform a ranking to determine which are the most promising species and make recommendations. For this, the growth rate was calculated and it was determined if there were differences between mortality and growth given the location of the plots. It was obtained as a result that the species *Vismia baccifera* (L.) Triana & Planchon and *Inga edulis* Mart. are the most suitable for ecological restoration in the sector. This document illustrates the usefulness of monitoring the restoration processes, based on which recommendations can be given that will reduce the costs and effort of the restoration.

* Degree work

** Facultad de Ciencias. Escuela de Biología. Programa académico. Director: Bjorn Reu Doctor en Ciencias Naturales Codirectora Corina Buendía Doctora en Ciencias de la Tierra

Introducción

Colombia tiene una superficie de 2.070.408 km² y una extensión territorial 1.141.748 km² (IGAC, 2003) posee una gran variedad de especies, comunidades vegetales y ecosistemas lo cual lo convierte en el segundo país más biodiverso del mundo (Rangel, J. O., 2015).

Los parques nacionales naturales de Colombia promueven la conservación y protección de la biodiversidad del país. Por ejemplo, El Parque Nacional Natural Serranía de Los Yariquíes (PNNSY), es el bosque con mayor extensión territorial conservado en Santander (Acuerdo CAS 007 de 2005) y cuenta con una alta tasa de especiación por su aislamiento geográfico y relieve topográfico (Moreno & Tinjacá, 2018). También, presenta tres cuencas importantes como lo son Suarez, Opón y Sogamoso, las cuales aportan una alta oferta hídrica tanto para la demanda agropecuaria como para el consumo humano y la producción eléctrica (Céspedes Prada et al., 2020). Por otra parte, el PNNSY es un área de transición entre río Magdalena y los Andes Nororientales de Colombia muy importante para la conservación de diferentes grupos taxonómicos que se encuentran en estado de amenaza, peligro de extinción o son endémicos del lugar (Céspedes Prada et al., 2020).

El filo de Santa Lucía se encuentra ubicado en el sector norte de la serranía de Los Yariquíes entre el municipio de Zapatoca y San Vicente en la vereda Paloblanco, sector Alto de las águilas. Este sector hace parte de la Red de Reservas Naturales de Zapatoca, una iniciativa de locales del municipio que buscan aumentar los corredores ecológicos para crear un flujo constante y seguro de la fauna y la flora además de conservar las fuentes hídricas la quebrada El Ramo y El Poleo las cuales proveen de agua potable a los municipios Zapatoca y Betulia (Minciencias, 2022).

Para lograrlo, crearon una asociación de hecho, más no de derecho conformada por 8 familias con reservas en las cuales se han llevado a cabo monitoreos con cámaras trampa que permitieron evidenciar la presencia de animales como el Oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) y el Puma (*Puma concolor*).

Con el fin de crear un corredor ecológico que conecte con otras unidades de manejo de la reserva con el Filo de Santa Lucía, se tuvo en cuenta el rol ecológico de cada especie antes de la siembra. Por ejemplo, se conoce que el Guamo (*Inga edulis*) atrae una gran cantidad de insectos, aves y mamíferos dado sus frutos (Marín-Gómez & García-Cárdenas, 2007), *Alnus acuminata* es catalogada como una especie pionera gracias a que se establece con facilidad y ayuda a mejorar la calidad del suelo fijando una gran cantidad de nitrógeno atmosférico (Sánchez Matta & Amado Saavedra, 2009), *Vismia baccifera* planta pionera nativa de la región, *Trichanthera gigantea* también usada en la agricultura para alimentar cerdos y conejos, además de ayudar a la recuperación de nacimientos de agua (Gómez et al., 2002). Por lo tanto, con la siembra de estas especies se buscaba no solo restablecer la vegetación, sino que también promover la visita más frecuente de aves, mamíferos, insectos, así como la dispersión de semillas y propagación de otras especies de plantas nativas.

Durante muchos años en Colombia se han llevado a cabo diferentes proyectos de restauración, sin embargo, en ocasiones no se realizan controles constantes que evidencien la eficacia del proceso o no se tiene registro de las condiciones específicas del área lo que pone en riesgo el éxito, el costo y aumenta el esfuerzo de la restauración (Murcia & Guariguata, 2014). Es por esta razón que esta pasantía busca monitorear un proyecto de restauración ecológica que permita identificar las especies más aptas en el filo de Santa Lucía, Serranía de Los Yariguíes, Santander, Colombia.

1. Objetivos

1.1 Objetivo general

Evaluar un proyecto de restauración ecológica ubicado en el filo de Santa Lucía, Serranía de Los Yarigués, Santander, Colombia.

1.2 Objetivos específicos

Determinar la mortalidad total y específica de las plantas sembradas en el año 2017 en el filo de Santa Lucía, Serranía de Los Yarigués, Santander, Colombia.

Identificar la tasa de crecimiento a nivel específico de las plantas sembradas.

Determinar si existen diferencias de la mortalidad y el crecimiento entre las cinco parcelas debido a su ubicación en el filo.

Identificar las especies más aptas para la restauración ecológica local según su tasa de crecimiento, supervivencia y condiciones ambientales de las parcelas.

2. Competencias

Adquiere destreza en la toma de datos en campo.

Utiliza adecuadamente el programa R para calcular la tasa de crecimiento por especie.

Realiza análisis estadísticos, interpreta de forma adecuada sus resultados y discute sobre ellos.

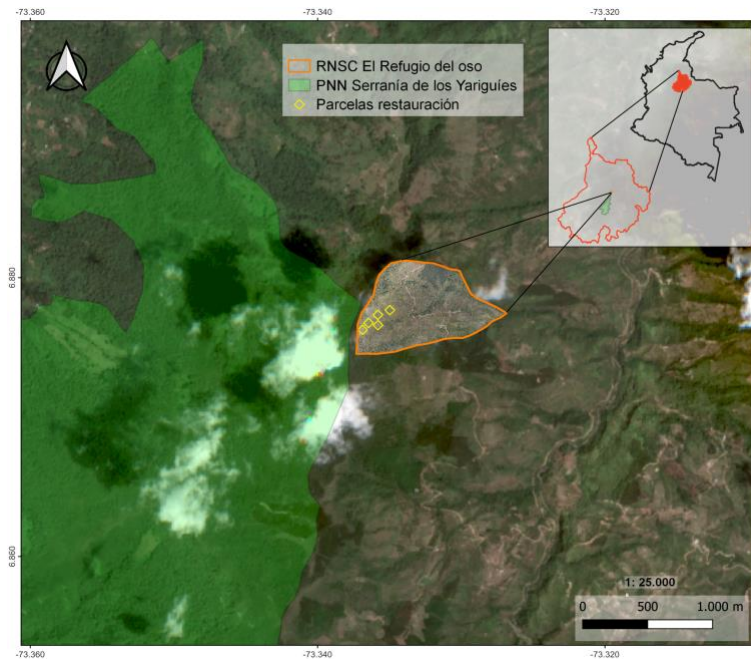
3. Metodología

3.1 Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en el Refugio del Oso el cual se encuentra ubicado en el filo de Santa Lucía, en el sector norte de la serranía de los Yariguíes en las siguientes coordenadas 6.876579° latitud, -73.331202° longitud , en el municipio de Zapatoca (Figura 1). Su rango altitudinal es de 1900 a 2200 metros sobre el nivel del mar y está catalogado como bosque andino premontano, dominado por géneros como *Alfaroa* y *Quercus*.

Figura 1.

Mapa del área de estudio: ubicación geográfica del Refugio del Oso en relación con el sector norte del Parque Nacional Natural Serranía de los Yariguíes, Santander, Colombia.



Nota. La zona verde corresponde al sector norte del PNN Serranía de los Yariguíes. En naranja la RNSC El Refugio del Oso. Los rombos amarillos corresponden a las parcelas muestreadas.

Desde el año 1960, el uso histórico del suelo del Refugio del Oso fue la ganadería y la agricultura de frutales y hortalizas. Actualmente, dado al monitoreo de cámaras trampa es sabido que el Filo de Santa Lucía es un corredor ecológico de suma importancia ya que transitan animales como el Oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*), el Puma (*Puma concolor*), Tigrillo (*Leopardus tigrinus*), Jaguarundí (*Herpailurus yagouaroundi*) y especies endémicas como lo es Inca negro (*Coeligena prunellei*).

3.2 Diseño experimental

En el año 2017 los propietarios de la reserva iniciaron la restauración ecológica de la parte alta del predio para fortalecer la conexión de la parte media y baja con el filo de Santa Lucía a través de una siembra de más de 3000 árboles. La Federación Nacional de Cafeteros a través de un programa para fortalecer la conservación en la microcuenca de la quebrada del ramo, donó 2000 plántulas pertenecientes a las especies: *Tecoma stans* (Chirlobirlo), *Handroanthus chrysanthus* (Guayacán amarillo), *Trichanthera gigantea* (Aro), *Erythrina edulis* (Chachafruto) e *Inga edulis* (Guamo) las cuales se produjeron en un vivero ubicado en el mismo sector. Los propietarios y sus amigos pusieron las otras 1000 plantas también producidas en condiciones locales. Las especies restantes son: *Solanum aphyodendron* (Tinto), *Croton killipianus* (Croton), *Vismia baccifera* (Manchador), *Geissanthus* sp. (Cucharó), *Solanum* sp. (Patechulo), *Brugmansia arborea* (Borrachero), *Marcgravia* sp. (Gaque roseta), *Cecropia* sp. (Yarumo), *Cedrela odorata* (Cedro), *Piper aduncum* (Cordoncillo), *Furcraea andina* (Fique) *Pachira speciosa* (Mano de oso), *Annona* sp., *Alnus acuminata* (Aliso) y especies de las familias: Sapotaceae (Candelillo), Burseraceae (Cacaitos). Hubo una planta que no se pudo identificar por su tamaño y carencia de fruto o flor por lo que se clasificó como *Plantae*. Cada plántula fue identificada taxonómicamente con ayuda de la clave taxonómica Gentry & Vásquez (1993). Sin embargo, cabe resaltar que por ser plántulas la identificación fue muy complicada por la carencia de flor, fruto o inclusive en algunos casos, de hojas.

Se delimitaron cinco núcleos de reforestación de 500 m x 500 m con tubos de PVC de 1 m de altura, en los cuales se sembraron 25 plantas por fila cada una a 2 metros de distancia, para un total de 600 individuos por parcela. Tres de las parcelas corresponden a policultivo (Parcelas 1, 2

y 5) y las otras dos fueron sembradas como monocultivo de *Inga edulis* y *Tecoma stans* (Parcelas 3 y 4 respectivamente). Inicialmente se quería verificar la hipótesis de que la restauración diversificada crecería mejor que las de monocultivos. La idea de los núcleos surge porque si se logran establecer la vegetación tiende a expandirse movida por la fauna y la mejora de las condiciones del suelo. La implementación se ajustó al diseño acorde a las condiciones del terreno y en algunos casos obedeciendo a la disponibilidad de plántulas por especies, la dificultad en el acceso a la zona y los indicaciones técnicas requeridas por la Federación de cafeteros en particular la distancia de 2 metros entre plántula sembrada.

Se preparó el terreno deshierbando e intentando seguir curvas de nivel para las siembras. Se hicieron agujeros de aproximadamente 30 cm, se adicionó fertilizantes químicos y cal para mejora del suelo debido a que se encontraba muy compactado y acidificado por el uso por ganadería extensivo desde antes del año 1960. Cada plántula se le adicionó una mezcla de tierra con materia orgánica, cal y roca fosfórica. Por último, se realizó un sexto núcleo de control el cual no se intervino, sino que se dejó la vegetación existente para comparar a futuro el proceso.

Al año siguiente se hizo una resiembra de varios individuos de *Tecoma stans*, *Fucrea andina*, *Magnolia resupinatifolia* (Molinillo), y *Alnus acuminata* (Aliso) del cual no se tomó registro inicial. Como control, cada seis meses durante los dos primeros años se aplicó fertilizante foliar NPK en relación 20/20/20 (400 gr disuelto en 100 litros de agua), y se realizó limpieza del helecho únicamente con guadaña y machete. Este mantenimiento se terminó el año 2022.

3.3 Monitoreo y trabajo en campo

En el año 2017 estudiantes del curso de conservación realizaron monitoreos a las plantas midiendo diferentes factores entre estos la altura de cada individuo.

El monitoreo que se realizó en esta pasantía, se llevó a cabo en dos salidas de campo una en octubre del 2021 y otra en marzo del 2022 donde se tomaron las coordenadas de cada individuo, una foto, la altura, y se hicieron observaciones. Los individuos que midieron menos de 5cm o no tenían hojas se tomaron en cuenta como muertos porque después de 4 años sembrados es probable que no prosperen. Para el registro de las medidas se hizo una tabla de Excel con el número de la fila, el número del individuo, nombre científico, nombre común, observaciones y el código el cual se compone por número de parcela acompañado de una p (P1), guión, número de la fila, guión y el número del individuo (P1-1-1). Por último, la identificación taxonómica se dio gracias a que la misma persona que identificó las plántulas en el 2017, estuvo presente el monitoreo del 2021 y 2022 garantizando la buena práctica.

3.4 Análisis de datos

3.4.1 Tasa de mortalidad

Con el fin de monitorear el proceso de restauración se calculó la tasa de mortalidad total, por parcela y por especie lo cual evidencio el porcentaje de individuos que fallecieron a lo largo del tiempo.

$$TM = \frac{SI - Sob}{SI} * 100$$

TM= Tasa de mortalidad bruta [%]

SI= Siembra inicial

Sob= Número de sobrevivientes

3.4.2 Tasa de crecimiento

Revisando los datos obtenidos en la primera toma de datos realizada el 2017, se encontraron muchas incongruencias en la identificación de las plantas por lo que se calculó el promedio de la altura de las especies que si estaban bien identificadas como lo son *Inga edulis*, *Cecropia sp.*, *Cedrela odorata*, *Eryrhtina edulis*, *Trichanthera gigantea*, *Vismia baccifera*. Al restante se le asignó una altura de 20cm. Una vez obtenida la altura inicial se obtuvo el promedio de la altura final y se halló la tasa de crecimiento usando la siguiente fórmula:

$$TC = \frac{Ai - Af}{Tf - Ti}$$

TC: Tasa de crecimiento [cm a⁻¹]

Ai: Altura inicial

Af: Altura final

Tf: Tiempo final (2022)

Ti: Tiempo inicial (2017)

También se realizó un mapa con ayuda del programa Qgis para evidenciar el gradiente de alturas de cada individuo muestreado por parcela el cual se ve representado en la figura 2. Cabe resaltar que los puntos no están perfectamente alineados debido a la pendiente y el error del gps.

3.4.3 Diferencia del crecimiento y mortalidad entre las cinco parcelas

Se identificó si existen diferencias significativas entre el crecimiento de las 5 parcelas mediante un análisis de varianza (ANOVA). También se realizó un barplot para la tasa de crecimiento y un violinplot para el crecimiento con el fin de comparar dichas medidas por parcelas. Todos los cálculos y análisis fueron realizados en el programa R en el cual se usaron las librerías dplyr, foreign, RCurl, readxl, ggplot2 y violinplot.

3.4.4 Identificación de las especies más aptas

Por último, se realizó un ranqueo de las especies que muestran menos mortalidad y mayor crecimiento y así poder identificar las especies más aptas para la restauración ecológica en el área de estudio.

4. Resultados

4.1 Tasa de mortalidad

La tasa de mortalidad total, por especie y por parcela se pueden evidenciar en la Tabla 1 donde SI fue la siembra inicial, Sob el número de sobrevivientes y TM tasa de mortalidad. En todo el proceso de restauración se sembraron 3000 árboles más los 114 árboles de la resiembra de los

cuales, al año 2022, el número de sobrevivientes fue de 1928 demostrando una tasa de mortalidad del 38,1%.

Las núcleos con mayor tasa de mortalidad fueron los policultivos pertenecientes a las parcelas 1, 2 y 5 de las cuales 621, 607 y 647 individuos se sembraron inicialmente y solo sobrevivieron 297, 373 y 312 plantas respectivamente; siendo así, la parcela 2 la que presenta menor mortalidad con un 38,6% y las parcelas 1 y 5 con mayor tasa de mortalidad 52,2% y 51,7% respectivamente. Por otra parte, las parcelas 3 y 4 presentaron una tasa de mortalidad del 32,3% y 15% respectivamente demostrando que hubo una mejor eficacia ya sea en el monocultivo o las especies seleccionadas.

En lo que concierne a las especies, las especies con mayor tasa de mortalidad fueron *Solanum sp.*, *Magnolia resupinatifolia* y *Brugmansia rosea* las cuales no tuvieron sobrevivientes. Mientras que las especies con menor tasa de mortalidad fueron *Vismia baccifera*, *Inga edulis*. Las especies *Furcraea andina*, *Alnus acuminata* y *Plantae* no se tomaron en cuenta ya que se desconoce su siembra inicial por lo que se tomó el mismo valor de sobrevivientes como si fuera la siembra inicial provocando sesgo en el resultado de la tasa de mortalidad.

Tabla 1.

Siembra inicial, número de sobrevivientes y tasa de mortalidad total, por parcela y especie.

Especie	Cod	P1	P2	P3	P4	P5	Total por especie
<i>Inga edulis</i>	SI	130	130	1*	600	92	953
	Sob	115	123	1	507	76	821
	TM	11,5	5,4	0	15,5	17,4	13,9
<i>Tecoma stans</i>	SI	41*	63*	600	1*	30	690
	Sob	41	63	400	1	28	533
	TM	0	0	33,3	0	6,7	22,8
<i>Trichanthera gigantea</i>	SI	85	85		1*	85	255

Espece	Cod	P1	P2	P3	P4	P5	Total por especie
	Sob	18	34		1	20	73
	TM	78,8	60,0		0	76,5	71,4
<i>Eryrhtina edulis</i>	SI	60	60	1*		65	186
	Sob	5	7	1		1	13
	TM	91,7	88,3	0		98,5	93,0
	SI	50	50	3*	1*	48	151
<i>Handroanthus chrysanthus</i>	Sob	18	30	3	1	13	62
	TM	64	40	0	0	72,9	58,9
<i>Solanum aphyodendron</i>	SI	75	75			72	222
	Sob	18	24			22	64
	TM	76	68			69,4	71,2
	SI	60	60			56	176
<i>Croton killipianus</i>	Sob	43	46			44	133
	TM	28,3	23,3			21,4	24,4
<i>Vismia baccifera</i>	SI	6	6			6	18
	Sob	6	6			5	17
	TM	0	0			16,6	5,6
	SI	6	6			6	18
<i>Geissanthus sp.</i>	Sob	1	3			0	4
	TM	83,3	50			100	77,8
<i>Solanum sp.</i>	SI	15	15			11	41
	Sob	0	0			0	0
	TM	0	0			0	100
	SI	20	20			25	65
<i>Brugmansia rosea</i>	Sob	0	0			0	0
	TM	0	0			0	100
<i>Marcgravia sp.</i>	SI	20	20			18	58
	Sob	19	20			16	55
	TM	5	0			11,1	5,2
	SI	2	2				4
<i>Cecropia sp.</i>	Sob	0	2				2
	TM	100	0				50
Sapotaceae	SI	24	24			24	72
	Sob	1	1			1	3
	TM	95,8	95,8			95,8	95,8
	SI	7	7			7	21
<i>Cedrela odorata</i>	Sob	3	4			3	10
	TM	57,1	42,9			57,1	52,4

Especie	Cod	P1	P2	P3	P4	P5	Total por especie
<i>Pachira speciosa</i>	SI	10	10			15	35
	Sob	3	3			0	6
	TM	70	70			100	82,9
<i>Piper aduncum</i>	SI					7	7
	Sob					0	0
	TM					0	0
<i>Furcraea andina</i>	SI					68*	68
	Sob					68	68
	TM					0	0
<i>Annona sp.</i>	SI					3	3
	Sob					0	0
	TM					0	0
<i>Alnus acuminata</i>	SI	7*	7*		16*		30
	Sob	7	7		16		30
	TM	0	0		0		0
Plantae	SI			15*		15*	15
	Sob			15		15	15
	TM			0		0	0
<i>Magnolia resupinatifolia</i>	SI	3					3
	Sob	0					0
	TM	100					100
TOTAL	SI	621	607	620	619	647	3114
	Sob	297	373	420	526	312	1928
	TM	52,2	38,6	32,3	15	51,7	38,1

Nota. Esta tabla muestra la siembra inicial de cada especie por parcela (SI), el número de sobrevivientes (Sob) y la tasa de mortalidad (TM) en la parcela 1 (P1), parcela 2 (P2), parcela 3 (P3), Parcela 4 (P4) y parcela 5 (P5). * Se desconoce el valor de la siembra inicial por lo que se reemplazó por el mismo valor de sobrevivientes.

4.2 Tasa de crecimiento

La especie que mejor obtuvo tasa de crecimiento fue *Vismia baccifera* (28,2 cm/año), seguida de *Alnus acuminata* (17,6 cm/año), *Solanum aphyodendron* (14,4 cm/año) y *Croton killipianus* (13,6 cm/año) siendo las plantas con crecimientos más rápidos y *Vismia baccifera* y *Croton killipianus* las especies con individuos más altos en toda la restauración (Apéndice A.).

Tanto *Brugmansia rosea* como *Solanum sp.*, *Annona sp.* y *Magnolia resupinatifolia* no tuvieron tasa de crecimiento debido a que fallecieron la totalidad de los individuos sembrados inicialmente.

Tabla 2.

Altura promedio inicial y final de cada especie con su respectiva tasa de crecimiento

Especie	Altura promedio inicial (cm)	Altura promedio final (cm)	Tasa de crecimiento (cm/año)
<i>Inga edulis</i>	31	66,3	7,1
<i>Tecoma stans</i>	20	56,2	7,2
<i>Trichanthera gigantea</i>	24	30,8	1,4
<i>Eryrhtina edulis</i>	36	43,2	1,4
<i>Handroanthus chrysanthus</i>	20	29,1	1,8
<i>Solanum aphyodendron</i>	20	91,9	14,4
<i>Croton killipianus</i>	20	88,1	13,6
<i>Vismia baccifera</i>	39	180,2	28,2
<i>Geissanthus sp.</i>	20	37,3	3,5
<i>Solanum sp.</i>	20	-	-
<i>Brugmansia rosea</i>	29,5	-	-
<i>Magnolia resupinatifolia</i>	20	-	-
<i>Marcgravia sp.</i>	20	43,4	4,7
<i>Cecropia sp.</i>	25	45	4
Sapotaceae	20	60,3	8,1
<i>Cedrela odorata</i>	16	49	6,6

Especie	Altura promedio inicial (cm)	Altura promedio final (cm)	Tasa de crecimiento (cm/año)
<i>Pachira speciosa</i>	20	37,7	3,5
<i>Piper aduncum</i>	20	64	8,8
<i>Furcraea andina</i>	1	3,8	0,6
<i>Annona sp.</i>	20	-	-
<i>Alnus acuminata</i>	20	108,2	17,6
Plantae	20	33,9	2,8

Nota. Comparación entre las alturas promedio tomadas en el año 2017 por especie, las alturas promedio tomadas en el año 2022 por especie y su respectiva tasa de crecimiento.

La figura 2 demuestra que los individuos con mayor crecimiento se encuentran ubicados en la parte media y baja de la parcela 1 y 2, mientras que en la tercera parcela, los individuos con alturas menores a 41cm predominan en la parte superior de la parcela, y los individuos más altos se encuentran concentrados en la parte inferior.

La parcela 4 presenta un resultado mucho más homogéneo en cuanto a las alturas, donde la mayoría de individuos se encuentran entre el rango de 41 y 87 centímetros. Contrario a la parcela 5 la cual presenta una gran cantidad de individuos con alturas menores de 25 cm y pocos individuos que superan los 87 cm de altura

Figura 2.

Mapa ubicando las coordenadas de los individuos muestreados en las cinco parcelas y su gradiente de alturas.



Nota. Coordenadas de cada individuo muestreado evidenciando su rango de altura en cm. Los puntos no se encuentran perfectamente alineados debido a la pendiente y el error del gps.

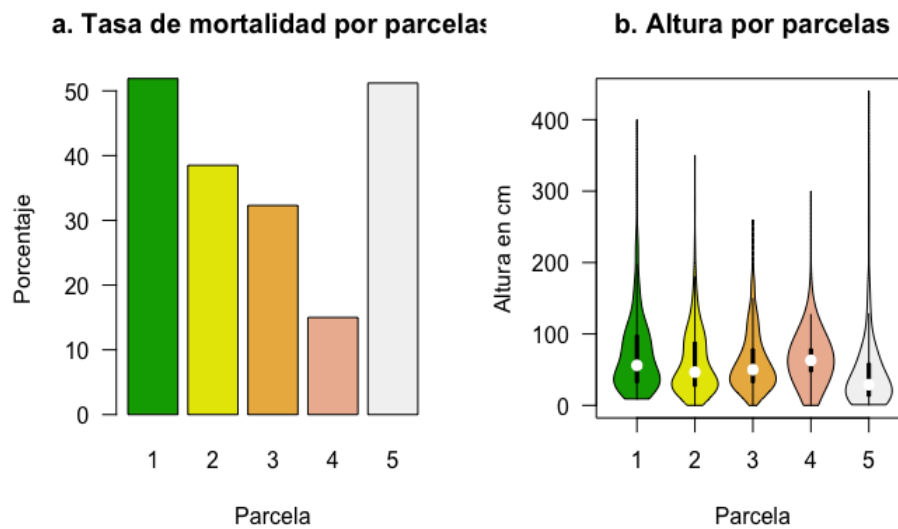
4.3 Diferencias entre morbilidad y crecimiento por parcelas

Las especies que alcanzaron las mayores alturas se encuentran ubicadas en las parcelas 1 y 5 (Figura 3.), sin embargo, la mayor tasa de mortalidad se encuentra en estas dos parcelas, alcanzando el 50%. Por otra parte, la parcela 4 tuvo plantas que alcanzaron los 3 metros y su tasa

de mortalidad se mantuvo en 15% indicando que no existe correlación entre el crecimiento y la tasa de mortalidad.

Figura 3.

a. Barplot de la tasa de mortalidad en las cinco parcelas. b. Violinplot de las alturas entre las cinco parcelas al año 2022.



Nota. Comparación entre la tasa de mortalidad y la altura de los individuos

El ANOVA muestra diferencias significativas entre las alturas de las plantas entre las parcelas 1 y 2, y las plantas que se encuentran en las parcelas 2 y 3.

Tabla 3.

Comparación de alturas entre parcelas por medio de un test de Anova

	1	2	3	4
1				
2	0.75			
3	0.04	0.47		

	1	2	3	4
4	0.00	0.00	0.00	
5	0.00	0.00	0.00	0.00

Nota. Valores de P adj: si es mayor a 0.05 no hay diferencias significativas en el crecimiento de las plantas mientras que si es menor a 0.05 hay diferencias.

4.4 Identificación de las especies más aptas

La especie que demostró mayor adaptabilidad en el proceso de restauración ecológica fue *Vismia baccifera* con tan solo un 5,6% de mortalidad. Seguido de *Inga edulis* con una tasa del 13,9%.

A su vez, *Croton killipianus* con un 24,4% de mortalidad y *Macgravia* sp. con un 20,7% de mortalidad, se podrían considerar aptas para la restauración ya existe un gran porcentaje de sobrevivencia todavía.

Por último, las especies menos aptas debido a su alta tasa de mortalidad fueron *Handroanthus chrysanthus* (52,4%), *Trichanthera gigantea* (67,5%), *Solanum aphyodendron* (71,2%), *Geissanthus* sp. (77,8%), *Pachira speciosa* (82,9%), *Eryrhtina edulis* (93%), Sapotaceae (95,8%) , *Solanum* sp. (100%), *Brugmansia rosea* 100%).

En la tabla de ranqueo no se registraron las especies *Magnolia resupinatifolia*, *Piper aduncum*, *Cecropia* sp y *Annona* sp. ya que su siembra inicial fue muy mínima (Tabla 1). Tampoco fueron registradas las especies *F. andina*, *A. acuminata*, *T. stans* y Plantae debido a que no hubo un registro de la siembra inicial por lo que la tasa de mortalidad no se pudo hallar con exactitud.

Tabla 4.

Ranqueo de la tasa de mortalidad entre especies.

TASA DE MORTALIDAD							
-10%	10 %- 20%	20 % - 30 %	30%				
V. <i>baccifera</i>	5,6%	I. <i>edulis</i>	13,9%	C. <i>killipianus</i>	24,4%	C. <i>odorata</i>	52,4%
				Marcgravia sp.	20,7%	H. <i>chrysanthus</i>	58,9%
						T. <i>gigantea</i>	67,5%
						S. <i>aphyodendron</i>	71,2%
						Geissanthus sp.	77,8%
						P. <i>speciosa</i>	82,9%
						E. <i>edulis</i>	93%
						Sapotaceae	95,8%
						Solanum sp.	100%
						B. <i>rosea</i>	100%

Nota. No se registraron las especies *Magnolia resupinatifolia*, *Piper aduncum*, *Cecropia* sp, *Annona* sp. *Fucrea andina*, *Alnus acuminata*, *Tecoma stans* y *Plantae* debido a la carencia de datos significativos que aporten al ranqueo.

5. Discusión

5.1 Tasa de mortalidad

El monitoreo logró evidenciar que más de un tercio de la siembra inicial no sobrevivió a los 5 años de haber sido restaurado el sector, esto puede deberse a diferentes factores. Uno de ellos es la selección inicial de plantas ya que de 22 especies plantadas, 10 se catalogaron como no aptas superando el 50% de tasa de mortalidad y 8 especies no fueron significativas para el estudio ya

que su siembra inicial fue muy mínima o no fue registrada. Cabe resaltar que esta restauración fue hecha *ad hoc*, por lo que no se hizo con fines académicos o científicos.

Otros factores que pudieron influenciar en la mortalidad fueron las condiciones del suelo ya que la inclinación de las parcelas 1 y 5 era mucho más pronunciada que el resto y éstas son las dos parcelas con mayor mortalidad. Sumado al hecho de que el suelo ya se encontraba compactado por su uso histórico, la inclinación hace que el agua corra con mayor fluidez, evitando la infiltración lo que provoca una disminución en la disponibilidad de agua y nutrientes para las plántulas (Delgado. et al. 2017). Además, la impermeabilidad del suelo evita la absorción de nutrientes, los cuales son importantes para el buen desarrollo de las plantas.

Por otro lado, la vertiente está expuesta hacia el oriente y recibe una radiación muy fuerte en las primeras horas del día afectando la salud de las hojas en las plantas, creando así un micro ambiente hostil para especies que muestran señales de estrés como *Handroanthus chrysanthus* que a pesar de que es conocida por crecer rápidamente en suelos con poca fertilidad. Medina. et al (2020) al hacer estudios de germinación y crecimiento de la especie encontró que esta requiere de un buen drenaje del agua y una buena capacidad de infiltración del suelo para facilitar el buen y rápido desarrollo de las raíces. Al crearse un ambiente hostil, *Pteridium aquilinum* también conocido como helecho marranero, se ve favorecido. Esta especie es capaz de adaptarse a suelos pobres, ácidos, compactados y expuestos a una gran cantidad de luz solar, su crecimiento exponencial provoca una alta competencia de recursos, lo que perjudica la sobrevivencia de las plantas (Franco et. al. 2019).

5.2 Tasa de crecimiento

Tanto *Vismia baccifera* como *Croton killipianus* mostraron tener buenas tasas de crecimiento. Esto puede estar relacionado con el hecho que son especies pioneras las cuales presentan características morfológicas y fisiológicas que favorecen el crecimiento rápido, proporcionándolas de una mayor capacidad competitiva, facilitando su supervivencia en el tiempo (Cuatrecasas, 2017) . Estas dos especies crecieron bien incluso en las parcelas con mayor tasa de mortalidad que fueron la 1 y la 5. También cabe resaltar que las condiciones del suelo varían espacialmente en sitios más o menos secos, más o menos inclinados y más o menos dominados por *Pteridium aquilinum* (Helecho marranero) .

Algunas especies no se vieron favorecidas en su crecimiento ya que no presentan una fisiología resistente para ser sembradas en etapa de sucesión primaria como lo fue el caso de *Erythrina edulis* ya que requiere de sombra, suelos más neutros y abundante agua durante el primer año de siembra (Barrera et. al, 1998). Debido a las condiciones del suelo se cree que el mayor causante de su retraso en el crecimiento fue por la poca infiltración de agua en las parcelas, ya que hubo una siembra de la misma especie en un plano más abajo donde se encuentra la casa de los propietarios, los cuales crecieron rápidamente y en poco tiempo debido a que hay una mejor disponibilidad hídrica, el suelo es más fértil y menos compactado. Así mismo, *Cedrela odorata* a pesar de ser una especie secundaria-primaria altamente tolerante a la luz solar y los suelos degradados, su estado juvenil es muy demandante de luz por lo que la sombra ocasionada por el crecimiento exponencial del helecho, pudo haber sido el causante de su estancamiento en el crecimiento ya que su crecimiento anual promedio es de 1.46cm (Ramirez-Garcia C. et al., 2008) pero en las parcelas el muestreadas el individuo que más creció no supera los 50 cm (Apéndice

A.), este fenómeno pudo haberse replicado con otros individuos ya que en general la tasa de crecimiento no fue muy favorecida en la mayoría de las especies.

5.3 Diferencias de la mortalidad y el crecimiento entre las cinco parcelas

Los monocultivos (parcelas 3 y 4) presentaron una mayor sobrevivencia, esto puede deberse tanto a las condiciones de la parcela como a la resistencia y adaptabilidad de las plantas seleccionadas ya que tanto *Inga edulis* como *Tecoma stans* presentaron una baja tasa de mortalidad en el resto de las parcelas. Esto indica que las dos especies presentan un buen desempeño funcional bajo el efecto de selección el cual mide la dominancia de especies en cultivos mixtos basado en el alto rendimiento de la especie en monocultivos lo que provoca una menor mortalidad y un mayor crecimiento (Fox J. W., 2005). Este factor se tuvo muy en cuenta a la hora de la siembra ya que ambas especies son conocidas en la zona por su éxito de sobrevivencia.

Por otra parte, los policultivos presentaron una tasa de mortalidad muy elevada e individuos con alturas superiores a las de los individuos presentes en el monocultivo, indicando que a pesar de que no hubo una supervivencia ideal, especies como *Vismia baccifera*, *Croton killipianus* y *Alnus acuminata* se vieron favorecidas en crecimiento, demostrando así su buena adaptabilidad a condiciones hostiles como lo son la alta incidencia de luz, la poca infiltración de agua, y la habilidad de crecer raíces en suelos ácidos y compactados, factores mucho más pronunciados en los policultivos (Parcelas 1, 2 y 5).

5.4 Identificación de las especies más aptas

La especie más apta para la restauración fue *Vismia baccifera* debido a su baja tasa de mortalidad, su altura promedio y su tasa de crecimiento la cual es mayor que el resto de individuos. Esto puede deberse a que *Vismia baccifera* es una planta nativa y pionera lo que significa que su fisiología le permite crecer rápidamente en sucesiones primarias y está altamente adaptada a los suelos del sector (Valois-Cuesta, H. & Martínez-Ruiz, C., 2017).

Sin embargo, cabe resaltar que *Inga edulis*, a pesar de que no fue la especie más apta, fue la especie que más se sembró en todo el proceso de restauración teniendo la tasa de mortalidad por debajo del 20%, inclusive se llevó a cabo un monocultivo el cual afectó positivamente la parcela 4 siendo la de menor tasa de mortalidad registrada en toda la restauración con tan solo un 15%.

5.5 Limitaciones metodológicas

La documentación de la restauración ecológica presentó algunas inconsistencias inicialmente, como fue no registrar la cantidad de plantas re sembradas, la dificultad en la identificación debido al estado de las plántulas, por lo cual se afectó la exactitud en el resultado de la tasa de crecimiento de los individuos. Una de las especies quedó catalogada como Plantae al no ser posible su identificación. Este error pudo deberse a que las plántulas recibidas por parte del vivero local no llegaron marcadas, fueron propagadas por semillas e inicialmente el equipo que identificó las plántulas entrantes pudo haberse confundido catalogando esta especie como *Brugmasia rosea* o Sapotaceae debido al tamaño de las plántulas durante las toma de datos donde la falta de hojas, de flor y fruto dificultó encontrar el grupo taxonómico. Cabe resaltar que esto se

debe a que la restauración ecológica fue propuesta *ad-hoc* de manera pragmática dado a que el diseño se encontraba limitado por la disponibilidad de plántulas y suministros subsidiados por parte de la Federación de Cafeteros y el material adicional fue recibido para completar la siembra. Así que, es necesario ser conscientes que existe una incertidumbre en la identificación taxonómica, sobre todo en las especies raras y con poca abundancia.

Esto no quiere decir que el monitoreo no tuvo eficiencia ya que se pudo determinar la tasa de mortalidad de la mayoría de las plantas y su tasa de crecimiento, pudiendo así identificar las especies más aptas como lo fueron *Inga edulis* y *Vismia baccifera*. Además, se evidenció la utilidad del monitoreo ya que se pudieron identificar 2 especies que lograron crecer en sitios tan hostiles e inhóspitos como son la parcela 1 y 5 los cuales fueron *Vismia baccifera*, *Croton killipianus* y *Alnus acuminata*. Este resultado servirá de referencia para futuras restauraciones en terrenos muy degradados a una altura similar a la del área de estudio.

Por otra parte, es muy importante escoger una buena época del año para hacer la siembra debido a que las condiciones climáticas impactan la siembra inicial tanto positiva como negativamente. En este caso, la restauración se llevó a cabo en una época seca donde no llovió mucho en comparación con el año 2022 el cual ha sido excepcionalmente húmedo. Debido a las limitaciones que los desarrolladores tuvieron no se pudo planear en qué época se podían sembrar los árboles, sin embargo, este es un limitante que pudo haber influenciado en el desarrollo de las plántulas.

Al hacer el muestreo se pudo evidenciar lo fundamental que es realizar mantenimientos, en este caso se realizaron cada 6 meses ya que el helecho *Pteridium aquilinum* se propagó velozmente. En algunos casos favoreció a ciertos individuos provisionándolos de sombra la cual ayudaba a las plantas a protegerse de la gran radiación solar y ayudaba a mantener el suelo húmedo.

Sin embargo, en la mayoría de ocasiones creó un exceso de sombra sobre las plántulas lo que pudo haber provocado el retraso de su crecimiento. De no haber sido por los controles, la restauración hubiese presentado mayores tasas de mortalidad de las cuales no se tendría evidencia.

6. Conclusiones

De las más 3114 plantas sembradas en la restauración únicamente sobrevivieron 1928, indicando una tasa de mortalidad en toda la restauración de 38%.

El monocultivo se vio mayormente favorecido demostrando tasas de mortalidad de tan solo 32% y 15% para las parcelas 3 y 4 respectivamente. Este éxito se atribuye a la menor inclinación del suelo la cual permite mayor disponibilidad hídrica; así como la adaptabilidad de las plantas y el estudio previo de estas especies para determinar un efecto de selección el cual propone un buen rendimiento de especies sembradas en monocultivos y su dominancia en cultivos mixtos.

La mejor tasa de crecimiento se vio reflejada en las especies *Vismia baccifera* y *Croton killipantus*, se cree que es porque son especies pioneras, viéndose favorecidas por la hostilidad del terreno.

La especie más apta en toda la restauración fue *Vismia baccifera* siendo la de menor tasa de mortalidad y mayor tasa de crecimiento. Seguida por *Inga edulis* la cual su siembra inicial abarcó casi un tercio de la siembra total y su monocultivo fue la parcela con menor tasa de mortalidad en todo el estudio.

7. Recomendaciones

Para llevar a cabo un proceso de restauración es muy importante determinar el tipo de ecosistema a tratar y las condiciones del mismo. Después se sugiere hacer un estudio donde se determinen qué especies se siembran y si existe la necesidad de sembrar especies pioneras para mejorar la calidad del suelo antes de sembrar especies nativas, endémicas o maderables las cuales necesitan un suelo con mejores condiciones.

Para restauraciones locales de suelos ubicados en alturas de aproximadamente 2200 msnm que se encuentran muy degradados, se recomienda hacer siembras iniciales de las especies *Vismia baccifera*, *Croton killipianus* y *Alnus acuminata* debido a su rápido crecimiento y *Tecoma stans* e *Inga edulis* debido a su gran adaptabilidad. Una vez hayan crecido, estas mejorarán las condiciones del suelo y crearán un dosel moderado que beneficiará una segunda siembra o incluso especies nativas.

Así mismo, realizar monitoreos periódicamente ayuda a determinar la eficacia del proyecto; no basta solamente con hacer un estudio inicial, es necesario realizar controles que permitan llevar un registro del progreso para conocer si está siendo efectivo, además de identificar si es necesario hacer una resiembra para aumentar la tasa de sobrevivencia y mantenimientos para disminuir la cantidad del helecho, proveer de nutrientes y minerales al cultivo. Esto creará mejores condiciones para mitigar la mortalidad y dar paso a otras especies nativas para que se propaguen.

Referencias Bibliográficas

- Barrera Marín N. & Mejía Leudo M. (1998). *Chachafruto, balú, sachaporoto*; *Erythrina edulis*, Triana. Pasado, presente y futuro. 6.
- Céspedes Prada, C., Solano Gutiérrez, C., Duarte Sánchez, I., & Cogollo Calderón, A. (2020). *Restauración ecológica de la zona norte del Parque Nacional Natural Serranía de los Yariguíes*. 37-39.
- Corporación Autónoma de Santander – CAS. (2005). *Acuerdo 007 de 2005 DMI-Serranía de los Yariguíes*.
- Cuatrecasas Arumí, J. (2017). Aspectos de la vegetación natural de Colombia. Parte I. *Revista De La Academia Colombiana De Ciencias Exactas, Físicas Y Naturales*, 41(Suplemento), 247. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.570>.
- Delgado M. I., Gaspari J. F., & Senisterra E. G., (2017). *Respuesta a la infiltración en distintos complejos suelo-vegetación en las sierras de Ventania, Argentina*.
- Fox, J.W., (2005). Interpreting the ‘selection effect’ of biodiversity on ecosystem function. *Ecology letters*. 8: 846-856. doi: 10.1111/j.1461-0248.2005.00795.x
- Franco, A. M., & Bravo, G. (2005). *Áreas importantes para la conservación de las aves en Colombia*. 209–220.
- Gentry, A. & Vásquez, R. (1993). *A Field Guide to the Families and Genera of Woody Plants of Northwest South America (Colombia, Ecuador, Peru): with supplementary notes on herbaceous taxa*.

- Gómez, M. E., Rodríguez, L., Méndez, M. R., Molina, C. H., Molina, C. H., Molina, E., & Molina, J. P. (2002). *Árboles y Arbustos Forrajeros Utilizados en Alimentación Animal como Fuente Proteica*. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria - CIPAV (3rd ed.).
- Franco, N. G., Clavijo, C., Rojas, J. E. & Talero, C. A., (2019). *Plan de Prevención, Manejo y Control del helecho marranero (Pteridium aquilinum) para la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR*.
- Hernández Restepo, R. J. (2014). La transformación de la caficultura y su contribución a la conservación de la biodiversidad en la zona andina. In J. Lotero, L. Cano, & C. Henandez (Eds.), *Áreas Protegidas. Territorios para la vida y la paz* (Vol. 1, pp. 87–97).
- IGAC –Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2003). *Atlas de Colombia*. Bogotá D.C., Colombia, 224 p.
- Marín-Gómez, O. H., & García-Cárdenas, R. (2007). Artropofauna asociada al Guamo Inga edulis (Fabales: Mimosaceae) en un agroecosistema ganadero del Quindío, Colombia. *Revista de La Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 19, 49–56.
<https://www.researchgate.net/publication/234999142>
- Medina, H. H., Torres-Torres, J. J., Palacios, C. A., Ruiz-Blandón, B. A., Martínez, M. & Rengifo, L., (2020). Germination and growth of the tree *Handroanthus chrysanthus*(Bignoniaceae) under nursery conditions. *UNED Research Journal* (e-ISSN 1659-441X), Vol. 12(2).
- Ministerio de ciencias, tecnología e innovación de Colombia- Minciencias, (2022). *Uniendo la voluntad de conservar con la ciencia en Zapatoca (Santander)*.
<https://acienciacierta.minciencias.gov.co/>

- Moreno, H., & Tinjaca, Z. (2018). Plan de manejo Parque Nacional Natural Serranía de los Yariguíes. *Parques Nacionales Naturales de Colombia* (p. 9). www.parquesnacionales.gov.co
- Murcia, C., & Guariguata, M. R. (2014). *La restauración ecológica en Colombia. Tendencias, necesidades y oportunidades*. Centro Para La Investigación Forestal Internacional (CIFOR), 3–40.
- Ramirez-Garcia, C., Vera-Castillo, G., Carrillo-Anzures, F., Magaña-Torres, O. S., (2008). El Cedro Rojo (*Cedrela odorata* L.) como alternativa de reconversión de terrenos agrícolas en el sur de Tamaulipas.
- Rangel, J. O. (2015). La biodiversidad de Colombia: significado y distribución regional. *Raccefyn*, 39(151), 176–200 p. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.136>
- Sánchez Matta, L., & Amado Saavedra, G. Marcela. (2009). *El Aliso (Alnus acuminata H.B.K) como alternativa silvopastoril en el manejo sostenible de praderas en el trópico alto colombiano*. Corpoica, 27 p.
- Valois-Cuesta, H. & Martínez-Ruiz, C., (2017). *Especies vegetales colonizadoras de áreas perturbadas por la minería en bosques pluviales del Chocó, Colombia*. Biota Colombiana. 18. 88-95.

Apéndices

Apéndice A. Boxplot de la altura por especie.

