



unl

Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Forestal

Monitoreo de la regeneración natural de especies arbóreas y arbustivas del matorral andino afectado por incendios forestales en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de Ingeniera Forestal

AUTORA:

Mitzi Gorety Giron Erazo

DIRECTOR:

Ing. Ing. Luis Fernando Muñoz Chamba Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2023

Certificación

Loja, 24 de febrero de 2023

Ing. Luis Fernando Muñoz Chamba Mg. Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Monitoreo de la regeneración natural de especies arbóreas y arbustivas del matorral andino afectado por incendios forestales en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”**, previo a la obtención del título de **Ingeniera Forestal**, de la autoría de la estudiante **Mitzi Gorety Giron Erazo**, con **cédula de identidad Nro. 0750180655**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.

Ing. Luis Fernando Muñoz Chamba Mg. Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Autoría

Yo, **Mitzi Gorety Giron Erazo**, declaro ser autora del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido de este. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mí Trabajo de Integración Curricular en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.



Firma:

Cédula de identidad: 0750180655

Fecha: 22 de agosto de 2023

Correo electrónico: mitzi.giron@unl.edu.ec

Teléfono: 0959767204

Carta de autorización por parte de la autora, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Integración Curricular.

Yo, **Mitzi Gorety Giron Eraz**, declaro ser autora del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Monitoreo de la regeneración natural de especies arbóreas y arbustivas del matorral andino afectado por incendios forestales en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”**, como requisito para optar el título de **Ingeniera Forestal**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Integración Curricular que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los veintidós días del agosto del año dos mil veintitrés

Firma: 

Autora: Mitzi Gorety Giron Erazo

Cédula: 0750180655

Dirección: Loja, Esteban Godoy.

Correo electrónico: mitzi.giron@unl.edu.ec

Teléfono: 0959767204

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del Trabajo de Integración Curricular: Ing. Luis Fernando Muñoz Chamba Mg. Sc.

Dedicatoria

Dedico este Trabajo de Integración Curricular a mis amados padres, Wilzon Giron y Rosa Erazo por su gran sacrificio realizado, su apoyo constante y ser parte fundamental en mi vida, haberme forjado valores, por sus consejos que fueron de gran impulso que hicieron que llegara hasta este momento de mi vida.

A mis hermanos Wilson y Gabriela que hemos estado juntos apoyándonos en cada momento.

A mis tíos en especial a mi Tío German, Tío Klever, Tío Darwin y Tía Yody, que me han ayudado con sus ánimos, apoyo y su constante motivación durante este camino.

Por esto y por más motivos, para mi es una gran satisfacción dedicarles este trabajo.

Mitzi Gorety Giron Erazo

Agradecimiento

A Dios por haberme dado la vida, llena de amor, de paz y felicidad. A mi papá, mamá y hermanos que han sido parte de mi vida que ha velado por mi bienestar en cada momento.

A la prestigiosa Universidad Nacional de Loja, institución abierta al libre pensamiento político, filosófico, investigativo y/o técnico; forjadora de profesionales con una mentalidad siempre proyectada a servir a la sociedad con valores éticos y morales.

Igualmente, mi agradecimiento al Ing. Luis Fernando Muñoz Chamba M. Sc., por brindarme su apoyo, enseñanzas, consejos y en especial por su paciencia compartiendo sus conocimientos y confiar en mí en la elaboración de este Trabajo de Integración Curricular siendo base para mi vida profesional.

Así mismo a Cristhian por su apoyo y su amor incondicional durante mucho tiempo. A todos los que han colaborado en la elaboración de mi Trabajo de Integración Curricular, les hago llegar mi imperecedera gratitud, ya que sin su aporte no lo hubiera conseguido.

Mitzi Gorety Giron Erazo

Índice de contenidos

| | |
|--|------------|
| Portada | i |
| Certificación | ii |
| Autoría | iii |
| Carta de autorización. | iv |
| Dedicatoria | v |
| Agradecimiento | vi |
| Índice de contenidos | vii |
| Índice de tablas | xi |
| Índice de figuras | xiii |
| Índice de anexos | xiv |
| 1. Título | 1 |
| 2. Resumen. | 2 |
| 2.1 Abstract | 3 |
| 3. Introducción | 4 |
| 4. Marco teórico | 6 |
| 4.1 Incendios forestales y diversidad biológica | 6 |
| 4.1.1 Incendios forestales en el Ecuador..... | 6 |
| 4.1.2 Importancia del fuego para los ecosistemas..... | 6 |
| 4.1.3 Concepto de Incendio forestal | 7 |
| 4.1.4 Tipos de incendios forestales | 7 |
| 4.1.5 Causas de los incendios forestales | 8 |
| 4.1.6 Impactos de los incendios forestales en procesos ecológicos de ecosistemas | 9 |
| 4.2 Regeneración natural | 9 |
| 4.2.1 Definición | 9 |
| 4.2.2 Etapas del ciclo de la regeneración natural..... | 10 |
| 4.2.3 Dinámica de la regeneración natural..... | 11 |

| | |
|---|-----------|
| 4.2.4 Efectos de la perturbación sobre la regeneración | 11 |
| 4.3 Sucesión natural | 12 |
| 4.3.1 Sucesión natural | 12 |
| 4.3.2 Tipos de sucesión natural..... | 12 |
| 4.4 Parámetros de estudio de la vegetación | 13 |
| 4.4.1 Composición florística..... | 13 |
| 4.4.2 Densidad absoluta (D)..... | 13 |
| 4.4.3 Densidad relativa (Dr)..... | 13 |
| 4.4.4 Frecuencia Relativa (Fr) | 14 |
| 4.4.5 Índice de valor de importancia (IVI) | 14 |
| 4.4.6 Índice de diversidad de Shannon (H)..... | 14 |
| 4.4.7 Reclutamiento y Mortalidad | 14 |
| 4.5 Parque Universitario Francisco Vivar Castro | 15 |
| 4.5.1 Bosque Natural..... | 15 |
| 4.5.2 Matorral alto..... | 16 |
| 4.5.3. Matorral bajo.. | 16 |
| 4.5.4 Páramo antrópico | 16 |
| 4.5.5 Pastizales | 16 |
| 4.5.6 Plantaciones forestales | 16 |
| 5. Metodología..... | 17 |
| 5.1 Área de estudio | 17 |
| 5.1.1 Características biofísicas..... | 17 |
| 5.2 Metodología... | 18 |
| 5.2.1 Tamaño, forma y número de unidades de muestreo | 18 |
| 5.3 Metodología para describir cambios en la regeneración natural de las especies arbóreas y arbustivas presentes en el matorral andino afectado por incendios forestales..... | 19 |
| 5.3.1 Identificación de las especies vegetales | 19 |
| 5.3.2 Registro y medición de variables | 19 |

| | |
|--|-----------|
| 5.4. Metodología para analizar el efecto de las variables ambientales sobre la regeneración natural de las especies arbóreas y arbustivas del matorral andino afectado por incendios forestales..... | 24 |
| 5.5. Análisis de la información | 25 |
| 6. Resultados..... | 27 |
| 6.1 Cambios en la regeneración natural de especies arbóreas y arbustivas presentes en el matorral andino afectado por incendios forestales | 27 |
| 6.1.1 Diversidad y composición florística | 27 |
| 6.1.2 Parámetros estructurales | 29 |
| 6.1.3 Crecimiento de la regeneración natural | 31 |
| 6.1.4 Supervivencia y mortalidad | 33 |
| 6.1.5 Reclutamiento | 35 |
| 6.2. Análisis del efecto de variables ambientales sobre la regeneración natural del matorral andino afectado por incendios forestales | 37 |
| 6.2.1 Asociación de la categoría plántula con las variables ambientales..... | 37 |
| 6.2.2 Asociación de la categoría brinzal con las variables ambientales | 38 |
| 6.2.3 Asociación de la categoría latizal con las variables ambientales..... | 38 |
| 7. Discusión..... | 40 |
| 7.1 Cambios en la regeneración natural de especies arbóreas y arbustivas presentes en el matorral andino afectado por incendios forestales | 40 |
| 7.1.1 Diversidad y composición de la regeneración natural | 40 |
| 7.1.2 Parámetros estructurales | 41 |
| 7.1.3. Crecimiento de la regeneración natural | 42 |
| 7.1.4 Supervivencia y mortalidad | 42 |
| 7.1.5 Reclutamiento | 43 |
| 7.2. Análisis del efecto de variables ambientales sobre la regeneración natural de especies arbóreas y arbustivas del matorral andino afectado por incendios forestales..... | 43 |
| 7.2.1 Apertura de dosel | 43 |
| 7.2.2 Profundidad de la capa orgánica | 44 |
| 7.2.3 Pendiente..... | 45 |

| | |
|---|-----------|
| 7.2.4 Cobertura de suelo | 45 |
| 7.2.5 Cobertura de Pteridium arachnoideum | 45 |
| 8. Conclusiones | 47 |
| 9. Recomendaciones | 48 |
| 10. Bibliografía | 49 |
| 11. Anexos..... | 58 |

Índice de tablas:

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Tamaño de las parcelas de inventario de la regeneración natural, considerando el tamaño de las plantas..... | 19 |
| Tabla 2. Hoja de campo para el registro de datos que corresponden a la regeneración natural del matorral andino del PUFVC..... | 20 |
| Tabla 3. Rangos de interpretación del índice de Shannon..... | 23 |
| Tabla 4. Rangos de interpretación del índice de Sorensen..... | 24 |
| Tabla 5. Escala de interpretación del coeficiente de correlación de Spearman..... | 26 |
| Tabla 6. Composición florística de la regeneración natural del matorral andino por tipo de categoría registrados en la medición 2..... | 27 |
| Tabla 7. Diversidad florística por categoría de regeneración natural del matorral andino para la medición 2..... | 28 |
| Tabla 8. Diversidad de la regeneración natural del matorral andino del PUFVC entre las mediciones 1 y 2..... | 29 |
| Tabla 9. Similitud de la composición florística por categoría de regeneración natural del matorral andino del PUFVC entre las mediciones 1 y 2..... | 29 |
| Tabla 10. Comparación del crecimiento en altura promedio entre las mediciones 1 y 2 por categoría de regeneración de arbustos en el matorral andino del PUFVC..... | 32 |
| Tabla 11. Comparación del crecimiento en altura promedio entre las mediciones 1 y 2 por categoría de regeneración de árboles en el matorral andino del PUFVC..... | 32 |
| Tabla 12. Supervivencia y mortalidad de la categoría de regeneración brinzal en el matorral andino del PUFVC en la medición 2..... | 34 |
| Tabla 13. Registro de nuevos individuos de regeneración natural para la categoría plántula en el matorral andino del PUFVC en la medición 2..... | 35 |
| Tabla 14. Recambio de individuos de la regeneración natural de arbustos en el matorral andino del PUFVC registrados en la medición 2..... | 36 |
| Tabla 15. Recambio de individuos de la regeneración natural del estrato arbóreo del matorral andino del PUFVC registrados en la medición 2..... | 36 |
| Tabla 16. Valores de las variables ambientales del matorral andino del PUFVC utilizadas en las asociaciones con la abundancia de la regeneración natural..... | 37 |

| | |
|---|----|
| Tabla 17. Coeficiente de correlación de Spearman y coeficiente de determinación respecto a la abundancia de la categoría plántula con las variables ambientales del matorral andino del PUFVC..... | 37 |
| Tabla 18. Coeficiente de correlación de Spearman y coeficiente de determinación respecto a la abundancia de la categoría brinzal con las variables ambientales del matorral andino del PUFVC..... | 38 |
| Tabla 19. Coeficiente de correlación de Spearman y coeficiente de determinación respecto a la abundancia de la categoría Latizal con las variables ambientales del matorral andino del PUFVC..... | 38 |

Índice de figuras:

| | |
|--|----|
| Figura 1. Mapa base de ubicación del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro” y el área del matorral andino. | 17 |
| Figura 2. Diseño de las parcelas y subparcelas de muestreo para la regeneración natural de las especies arbóreas y arbustivas en el matorral andino. | 18 |
| Figura 3. Valores del IVI simplificado para la regeneración natural de árboles en el matorral andino en 1a medición 1 y 2. a) plántulas, b) brinzal, c) latizal. | 30 |
| Figura 4. Valores del IVI simplificado para la regeneración natural de arbustos del matorral andino en 1a medición 1 y 2. a) plántulas, b) brinzal. | 31 |
| Figura 5. Supervivencia y mortalidad de la regeneración natural plántulas para especies arbóreas y arbustivas en el matorral andino del PUFVC en la medición 2. | 33 |
| Figura 6. Supervivencia y mortalidad de la regeneración natural latizales para especies arbóreas y arbustivas en el matorral andino del PUFVC en la medición 2. | 35 |

Índice de anexos:

| | | |
|-----------------|--|----|
| Anexo 1. | Cálculos realizados para determinar el Índice de Shannon por estrato y categoría de la regeneración natural. | 58 |
| Anexo 2. | Scripts de la prueba t-Student para la variable altura de la regeneración natural entre la medición 1 y 2. | 60 |
| Anexo 3. | Scripts de Wilcoxon para las variables de altura y diámetro para la categoría de latizal entre la medición 1 y 2. | 62 |
| Anexo 4. | Scripts de la prueba de correlación de Spearman entre las variables ambientales con la regeneración natural. | 63 |
| Anexo 5. | Variables ambientales por parcelas y subparcela de la regeneración natural. | 68 |
| Anexo 6. | Parámetros estructurales por categoría de regeneración natural del estrato arbóreo en la medición 2. | 70 |
| Anexo 7. | Parámetros estructurales por categoría de regeneración natural del estrato arbustivo en la medición 2. | 71 |
| Anexo 8. | Certificado de traducción del resumen. | 72 |

1. Título

Monitoreo de la regeneración natural de especies arbóreas y arbustivas del matorral andino afectado por incendios forestales en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”

2. Resumen

La regeneración natural es un proceso dinámico que restablece los ecosistemas de manera natural después de un disturbio. La investigación se realizó en un matorral andino afectado por incendios forestales en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”. El objetivo fue describir los cambios de la regeneración natural y el efecto de variables ambientales sobre su abundancia. Las categorías de regeneración evaluadas fueron plántulas, brinzales y latizales. Para determinar los cambios en la regeneración en un tiempo determinado, dentro de parcelas permanentes se midieron abundancias, especies, alturas y $DAP_{1,30\text{ m}}$, en especial para latizales. Se calculó composición, diversidad, parámetros estructurales, mortalidad, sobrevivencia y reclutamiento. Para evaluar el efecto de variables ambientales sobre la abundancia de la regeneración se correlacionó este valor con datos de pendiente, cobertura de suelo, cobertura de *Pteridium arachnoideum*, apertura de dosel, profundidad de la capa orgánica. En el periodo evaluado, la regeneración natural no presentó cambios significativos en diversidad, composición y parámetros estructurales. Se evidenció crecimiento en todas las categorías, tanto en arbustos y árboles, pero sin ser significativo. Existió reclutamiento de nuevos individuos en la categoría plántulas, 3 árboles y 8 arbustos, siendo las especies de mayor aporte *Baccharis* sp.1 y *Dendrophorbium scytophyllum*. La sobrevivencia en arbustos y árboles fue de 91 %. La mortalidad estuvo presente principalmente en brinzales y de pocas especies. Las variables ambientales no presentaron una asociación significativa con la regeneración, con excepción de la pendiente y cobertura del suelo que expresaron una asociación negativa fuerte con la categoría latizal. Los cambios de la regeneración natural estuvieron presentes, pero no fueron significativos; y, las variables ambientales analizadas no explicaron la abundancia de la regeneración en su conjunto, lo que demuestra la preferencia de las especies a sitios con condiciones biofísicas específicas.

Palabras claves: *composición, diversidad, reclutamiento, similitud, sobrevivencia.*

2.1. Abstract

Natural regeneration is a dynamic process that re-establishes ecosystems naturally after a disturbance. The research was carried out in an matorral andino affected by forest fires in the Francisco Vivar Castro University Park. The objectives were to describe the changes in natural regeneration and the effect of environmental variables on its abundance. The regeneration categories evaluated were plantula, brinzal and latizal. To determine the changes in regeneration over time, abundance, species, heights and diameters at 1.30 m were measured in permanent plots, especially for latizales, which were used to calculate composition, diversity, structural parameters, mortality, survival and recruitment. To evaluate the effect of environmental variables on the abundance of regeneration, this value was correlated with data on slope, soil cover, P. arachnoideum cover, canopy openness and depth of the organic layer. In the period evaluated, the natural regeneration did not show significant changes in diversity, composition and structural parameters. Growth was evident in all categories, both in shrubs and trees, but without being significant. There was recruitment of new individuals in the plantula category, 3 trees and 8 shrubs, with *Baccharis* sp.1 and *Dendrophorbium scytophyllum* being the species with the greatest contribution. Survival in shrubs and trees was adequate with 91 %. Mortality was present in brinzal and in few species. Environmental variables did not show a significant association with regeneration, except for slope and soil cover that expressed a strong negative association with the latizal category. Changes in natural regeneration were present but not significant; and the environmental variables analyzed did not explain the abundance of regeneration, demonstrating the preference of species to sites with specific biophysical conditions.

Key word: *composition, diversity, recruitment, similarity, survival.*

3. Introducción

Los matorrales andinos ecuatorianos son ecosistemas complejos y dinámicos, dominados por especies vegetales leñosas con alturas de sus individuos menor o hasta los cinco metros (Ministerio del Ambiente del Ecuador [MAE], 2013). En estos ecosistemas participan todos los organismos vivos de manera activa, con una importante biodiversidad y la ocurrencia de interacciones ecológicas que se establecen entre estos (Chauvín, 2007).

La región andina ecuatoriana se ha visto modificada por diferentes factores exógenos tales como: la deforestación, cambio climático, el incremento de la frontera agrícola, minería, introducción de las especies exóticas e incendios forestales, los cuales se dan de forma natural o antrópica (MAE, 2015); además, de los disturbios naturales como el fuego, viento y agua, que desplazan o eliminan a los diferentes organismos, interrumpiendo de manera abrupta en los procesos ecosistémicos.

En el año 2021 para el Ecuador continental se reporta un área afectada por incendios forestales de 76,98 %, donde la vegetación arbustiva y herbácea representó 267,87 ha (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, [MAATE], 2021). Para el cantón Loja la ocurrencia de incendios forestales tiene una probabilidad entre el 50 - 80 %, siendo la vegetación arbustiva susceptible en un 21,33 % (Reyes y Balcazar, 2021).

Dentro de la hoya de Loja, está ubicado el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro” (PUFVC), donde se desarrollan diversos ecosistemas diferenciables por composición, estructura y función; que han sido intervenidos por sucesos exógenos que han afectado a las diferentes formas de vida a lo largo de los años, alterando su dinámica y procesos ecológicos, ocasionando impactos en el paisaje, suelo y pérdida de especies de flora y fauna (Sarango et al., 2019).

El PUFVC es un espacio natural que ha sido afectado por varios incendios forestales, de acuerdo con Aguirre et al. (2016), en el año 2006 y 2010 ocurrieron incendios que afectaron al matorral alto y bajo y parte de páramo antrópico, con un total de 9 ha. Los incendios son en su mayoría provocados por las partes aledañas del PUFVC que realizan quemas no controladas, tal es el caso que en el año 2017 el incendio forestal ocurrido presentó impactos ecológicos en la flora del páramo antrópico, afectando también parte del matorral alto (Sarango et al., 2019). Además, los estratos arbóreo y arbustivo sufrieron una afectación del 75 % en su estructura, mientras que, el estrato herbáceo mostró una afectación del 25 % siendo la especie invasora *Pteridium*

arachnoideum presentó la mayor cobertura en el área dada las condiciones ambientales generadas por el incendio.

La regeneración natural es el principal proceso dinámico que permite la resiliencia de los ecosistemas a través del tiempo, donde se establece o modifica la composición y estructura de la vegetación (Fernández, et al., 2016; Norden, 2014; Carrasco y Tovar, 2006). La presente investigación forma parte del proyecto de investigación “Procesos ecológicos de la vegetación del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, UNL, Fase III” que busca comprender los procesos ecológicos de la vegetación, sucesión natural y crecimiento de especies arbóreas y arbustivas en ecosistemas que han sufrido perturbaciones. Los objetivos planteados para la presente investigación son:

Objetivo general

Contribuir al conocimiento de la dinámica del matorral andino afectado por incendios forestales a través del monitoreo de la regeneración natural de especies arbóreas y arbustivas para contar con conocimientos teóricos sobre los procesos de su recuperación natural.

Objetivos específicos

- Describir cambios en la regeneración natural de especies arbóreas y arbustivas presentes en el matorral andino afectado por incendios forestales.
- Analizar el efecto de variables ambientales sobre la regeneración natural de especies arbóreas y arbustivas del matorral andino afectado por incendios forestales.

4. Marco teórico

4.1. Incendios forestales y diversidad biológica

4.1.1 *Incendios forestales en el Ecuador*

Los incendios forestales son considerados como un problema ambiental y socioeconómico en el Ecuador, causados principalmente por la actividad antropogénica que se desarrolla en el territorio ecuatoriano. La frecuencia y severidad de los incendios son atribuidas por el cambio climático, sea por el aumento de la temperatura o cambio de uso del suelo, siendo estas actividades la principal causa de perturbación (Reyes y Balcázar, 2021).

El MAATE (2021) sostiene que la superficie de cobertura vegetal afectada por incendios forestales en el periodo comprendido entre 2010 – 2021 es de 202 618,38 ha, donde las cinco provincias con el mayor número de ocurrencia de incendios forestales son Pichincha con 26 594,69 ha quemadas, Guayas con 13 632,62 ha, Azuay con 20 087,00 ha, Loja con 39 205,37 ha y Imbabura con 22 022,20 ha.

Para el año 2021 el 76,98 % del total de superficie del Ecuador fue afectada por incendios forestales, registrándose para la vegetación arbustiva y herbácea 66 siniestros con una superficie quemada de alrededor de 267,87 ha (MAATE, 2021).

4.1.2 *Importancia del fuego para los ecosistemas*

La importancia del fuego para los ecosistemas varía en función de las condiciones climáticas y edáficas, las cuales determinan las características de la vegetación y el patrón de comportamiento, en respuesta al fuego (López, 2012). De acuerdo con Palomeque et al. (2020) cuando el fuego se lo utiliza de manera controlada y prudente ayuda al establecimiento de la regeneración natural, debido a se quema la cubierta vegetal muerto que es demasiado gruesa lo que impiden que las semillas este en contacto al suelo.

De acuerdo con Villers (2006) menciona que el fuego tiene un papel relevante en la estructura, funcionamiento y dinámica de los ecosistemas, pero cuando estos incendios están sin control en selvas, bosques, zonas áridas contribuye en el incremento de bióxido de carbono y a la deforestación, así mismo en la erosión de suelos o al cambio de la composición y estructura de estos

El fuego ha desarrollado diversas relaciones con los ecosistemas, donde presenta diferentes adaptaciones para poderse defender, como reducir la competencia por malezas (Carrasco y Núñez, 2019). En este sentido la relación del fuego con un ecosistema se denomina como régimen de fuego por la intensidad, la escala espacial, la estacionalidad y la fuente predominante de ignición, es decir el fuego posee un patrón específico de acuerdo a los ecosistemas. Según el régimen del fuego se clasifican en 3 categorías: ecosistemas sensibles, dependientes e independientes del fuego (Comisión Nacional Forestal, 2010).

❖ **Ecosistemas sensibles**

Estos ecosistemas no requieren el fuego para mantener el tipo de vegetación, y cuando los incendios resultan ser catastróficos la recuperación de estos puede durar siglos.

❖ **Ecosistemas dependientes del fuego**

La ocurrencia de incendios superficiales que ocurren en determinado periodo de tiempo, donde se remueve la materia orgánica acumulada; además, que las especies recuperan follaje de las copas que han sido afectadas por incendios.

❖ **Ecosistemas independientes del fuego**

Son las áreas son muy secas o frías y húmedas tales como los desiertos y la tundra, sin combustibles forestales para la continuidad fuego.

4.1.3 Concepto de Incendio forestal

Los incendios forestales son aquellos que se propagan sin control afectando a la vegetación arbórea, matorral, pastos y cultivos. Los incendios forestales se originan de forma natural o antrópica por la combustión de la vegetación del territorio (Plana et al., 2016).

Un incendio forestal es el fuego que se propaga sin control sobre cualquier tipo de vegetación natural o plantada, en áreas naturales o rurales, debido a la acción del ser humano o causas naturales; ocasionando serios daños ambientales, climáticos, económicos y sociales. Las quemadas controladas para la eliminación de residuos agrícolas y quemadas prescritas no se consideran incendios forestales (RCOA, 2019).

4.1.4 Tipos de incendios forestales

De acuerdo a la Comisión Nacional Forestal (2010) existen tres tipos de incendios:

❖ **De superficie**

Los incendios forestales superficiales afectan a vegetación que crece cerca del suelo o directamente sobre él, como hierbas, arbustos bajos, plantaciones jóvenes, pequeños matorrales, residuos de tala y otros desechos.

❖ **De copas**

Son los que se propagan a través de las copas de los árboles, impulsado por el viento en ellos hay dos avances: primero se queman las copas, ya que el viento es más intenso que a nivel de suelo, y las hojas son combustibles ligeros que arden bien, y después, por detrás, se van quemando los combustibles superficiales, como matorrales y pastos. Estos fuegos se producen en bosques densos con continuidad de combustible, tanto horizontal como vertical, y es necesario la presencia del viento. Estos incendios presentan serias dificultades para su control.

❖ **De subsuelo**

Son fuegos que progresan por debajo del suelo, quemando raíces, tallos subterráneos, etc., y muy lentos, ya que existe muy poco oxígeno, no tienen llama y prácticamente no desprenden humo, por lo que son muy difíciles de localizar. No son muy frecuentes, pero hay especies vegetales que debido a sus características tienen una propensión a presentar este tipo de fuego.

4.1.5 Causas de los incendios forestales

Los incendios forestales se producen de manera natural y antrópica. De acuerdo con Gil (1999) entre las causas naturales que producen los incendios forestales están: relámpagos, fogatas, las botellas de vidrio abandonadas en vegetación natural, entre otros.

Entre las actividades antrópicas que producen los incendios forestales están: las actividades agropecuarias, de urbanización, intencionados o por descuidos de personas (Comisión Nacional Forestal, 2010).

La Comisión Nacional Forestal (2010) determina que las causas que producen los incendios forestales pueden ser:

❖ **Accidentales**

Este incendio se ocasiona debido a las rupturas de líneas eléctricas, automovilísticos, vías férreas y aéreas.

❖ **Negligencias**

Se da por las quemas agropecuarias no controladas, quema de basura y el uso del fuego en otras actividades productivas.

❖ **Intencionales**

Esto se da por diferentes conflictos entre personas o comunidades, por tala ilegal.

❖ **Naturales**

Por caída de rayos o erupciones volcánicas.

4.1.6 Impactos de los incendios forestales en procesos ecológicos de ecosistemas

De acuerdo a Nasi et al. (2022) los incendios frecuentes de gran intensidad pueden alterar el equilibrio de los ecosistemas teniendo un efecto negativo sobre la diversidad vegetal ocasionando la reducción de las poblaciones de especies vegetales, centrándose en modificar su estructura, composición y servicios ecosistemas de los ecosistemas.

Los incendios forestales ocasionan diferentes impactos complejos en los ecosistemas, siendo un agente constante de cambios sobre la variedad de paisajes, capacidad de rebrote de las especies, liberación de semillas y germinación, formación de suelo, modificación del ciclo de nutrientes y la respuesta desconocida de la vegetación (Mataix y Cerda, 2009).

La frecuencia de los incendios genera cambios en la dinámica de los ecosistemas, siendo un proceso vital y esencial para el mantenimiento y estabilidad de los ecosistemas. Sin embargo, el aumento de incendios y los periodos de sequía genera la disminución de la productividad de los distintos ecosistemas, desertificación entre otros. Los efectos de los incendios se asocian con la intensidad, recurrencia y duración de los incendios forestales alterando este proceso natural, reflejado en importantes cambios en la estructura y composición de especies (González, 2017; Castillo, 2003).

Los tipos de vegetación en relación con los incendios responden de diversas formas de adaptarse como la tolerancia o resistencia al fuego; si las especies carecen de estas adaptaciones al fuego puede ocasionar grandes cambios en la dinámica y composición de la vegetación (González, 2017).

4.2. Regeneración natural

4.2.1. Definición

La regeneración natural es un proceso dinámico que permite la permanencia de los ecosistemas a través del tiempo, desde el establecimiento de las plántulas y su desarrollo como individuos maduros de forma natural. De acuerdo a Dosantos y Alván (2010) la regeneración

natural es un conjunto de procesos mediante los cuales los ecosistemas se restablecen por medios naturales, tiene dos sentidos, uno dinámico y otro estático.

Adicionalmente, la regeneración es de gran importancia en el mantenimiento de la biodiversidad de los ecosistemas, el cual tiene múltiples fases como la producción de semillas, la germinación y el establecimiento de las plántulas (Norden, 2014).

4.2.2. Etapas del ciclo de la regeneración natural

La regeneración natural contempla una serie de procesos complejos para el establecimiento de las especies vegetales en un área degradada:

❖ Floración

Proceso que transcurre desde la apertura de los capullos de la flor hasta la marchitez, tiene un papel funcional en términos de regeneración natural, ya que se lleva a cabo el proceso de la polinización. La sobrevivencia de las flores depende de tres factores: las condiciones fisiológicas de las especies vegetales, las condiciones ambientales y la presión por herbívoros (Pérez et al., 2013).

❖ Polinización

El grado en el que el éxito de la polinización se ve afectado por distintos factores bióticos y abióticos depende del sistema de apareamiento de las especies de plantas (Pérez et al., 2013).

❖ Desarrollo de las semillas

La regeneración depende de diferentes variables como la dispersión, los niveles y tipos de depredación, la facilidad para formar bancos de semillas, la latencia, la capacidad para germinar, para poder establecerse como plántula, cada una de estas están relacionadas a las condiciones ambientales e interacciones bióticas que determinan la sobrevivencia o mortalidad de las semillas (Pérez et al., 2013).

❖ Germinación y establecimiento de plántulas

Entre los factores bióticos que influyen en la germinación y el establecimiento de las plántulas son la depredación, la herbivoría y la competencia (Guevara et al., 2004). Por su parte, también son cruciales las características del suelo como el grado de compactación, la capacidad de infiltración, el contenido de materia orgánica y la disponibilidad de nutrientes. Adicionalmente, el exceso de nutrientes puede aumentar la probabilidad de invasiones biológicas de plantas y animales, alterando la composición y estructura de la comunidad (Pérez et al., 2013).

4.2.3. Dinámica de la regeneración natural

La regeneración es una fase de la dinámica de los ecosistemas forestales donde ocurren una serie de procesos (Aus der Beek, 1992). La heterogeneidad espacial en la lluvia de semillas, cobertura arbórea, claros en ecosistemas con estructura completa son consideradas como un determinante en la dinámica de la regeneración natural (Pardos et al., 2012). Aun no se conoce mucho sobre la dinámica de la regeneración debido al uso de reforestación como forma para combatir la falta de regeneración (Pulido, 2002). El éxito de la regeneración depende de diferentes premisas según de la especie arbórea o arbustiva que se trate (Lamprecht, 1990). En todo caso, son imprescindibles las siguientes condiciones para tener disponibilidad de regeneración natural:

- ❖ Cantidades suficientes de semillas viables
- ❖ Condiciones micro climáticas y edáficas para la germinación

4.2.4. Efectos de la perturbación sobre la regeneración

La variación en la intensidad, frecuencia y distribución de las perturbaciones determina la regeneración en un ecosistema natural. Las perturbaciones naturales consideradas importantes para la regeneración de los ecosistemas forestales pueden inhibir o favorecer la regeneración (Pérez et al., 2013). Cuando una perturbación es muy grande o severa elimina el banco de semillas existente provocando baja potencial de la regeneración, por lo cual es necesaria la intervención humana para que la regeneración comience o se acelere, lo que se denomina restauración ecológica (Martínez et al., 2022).

4.3. Sucesión natural

4.3.1. Sucesión natural

Es un término aceptado por la mayoría para definir los cambios temporales que ocurren en la estructura, composición taxonómica y las funciones de un ecosistema después de haber sido perturbado. En la sucesión natural, se produce una transición ordenada de cambios en el ecosistema. Esto significa que a lo largo de los años se observa que una comunidad biótica está siendo reemplazado gradualmente por un segundo. La segunda comunidad da lugar a la tercera, y así sucesivamente (Atilio de la Orden, 2013). Debido a los cambios que tienen lugar en un ecosistema, sobre el mismo hábitat a través del tiempo, éste se puede caracterizar como:

- ❖ Resultante de la modificación del medio físico por la comunidad.
- ❖ Un proceso direccional.
- ❖ Un proceso ordenado de desarrollo de la comunidad.
- ❖ Que culmina en un ecosistema estabilizado.

4.3.2. Tipos de sucesión natural

Se conocen los siguientes tipos de sucesión natural:

❖ Sucesión natural primaria

Es aquella donde se desarrolla vegetación en una zona donde carece de una comunidad preexistente, esto quiere decir que inicia un bosque virgen el cual no ha sido ocupado por otra comunidad previamente. Este proceso de sucesión también se genera en terrenos donde se han eliminado sus elementos bióticos originales (Aguirre et al., 2013).

En esta fase aparecen especies herbáceas, líquenes, musgos u otras especies pioneras que pueden tener una durabilidad anual y perenne, dando una composición de especies vegetales (Muñoz et al., 2012).

❖ Sucesión natural secundaria

Es aquella que se establece sobre una ya existente que ha sido eliminada por algún evento natural o antrópico. Sin embargo, es necesario considerar algunos aspectos como: la colonización que está condicionada por factores geográficos, la facilitación del crecimiento de especies que

puede ser física y abiótica, la competencia por el hábitat y la alelopatía entre especies (Alcaraz, 2013). La sucesión secundaria es más rápida que la sucesión primaria, debido a dos elementos como un suelo ya formado y semillas (Ferriol, 2016).

Las especies pioneras tienden a ser reemplazadas en cuanto existe la aparición y competición de especies arbustivas y arbóreas, lo cual genera mayor densidad y heterogeneidad en la composición florística, en donde llega a un punto de formación de grandes especies forestales en estado clímax (Muñoz et al., 2012).

4.4. Parámetros de estudio de la vegetación

4.4.1. Composición florística

Se basa en la variedad o heterogeneidad de especies que se puede identificar en la vegetación. Esto nos permite demostrar la riqueza de las especies, a través de la suma de todos los individuos registrados en un ecosistema de los diversos estratos vegetativos (Aguirre, 2019).

4.4.2. Densidad absoluta (D)

Según Aguirre (2019) la densidad absoluta se refiere a la relación entre el número de individuos de una especie o de todas las especies por unidad de área o superficie. Para el cálculo no es necesario contar todos los individuos de una zona, sino que se puede realizar muestreos en áreas representativas.

$$D = \left(\frac{\text{Nro. ind}}{A} \right)$$

D: Densidad

Nro. ind.: Número de individuos de una especie.

A= área o superficie muestreada.

4.4.3. Densidad relativa (Dr)

Esta dada por número de individuos de una misma especie con relación al total de individuos de la población (Aguirre, 2019).

$$DR\% = \left(\frac{\text{Nro. ind. sp.}}{\text{Nro. total ind.}} \right) * 100$$

DR%: Densidad relativa en porcentaje

Nro. ind. sp.: Número de individuos de una especie.

Nro. total ind.: Número total de individuos de todas las especies.

4.4.4. Frecuencia Relativa (Fr)

Esta dada por el número de parcelas que se encuentra la especie dividido para la sumatoria de las frecuencias de todas las especies por cien, en donde se obtendrá en un porcentaje (Aguirre, 2019).

$$FR\% = \left(\frac{\text{Nro. parc. apar. sp}}{\sum f_a} \right) * 100$$

FR: Frecuencia relativa en porcentaje.

Nro. parc. apar. sp: Numero de parcelas en las que se inventaría las especies.

4.4.5. Índice de valor de importancia (IVI)

Este índice indica qué tan importante es una especie dentro de una comunidad. La especie que presenta el valor de IVI más significativo es ecológicamente dominante; es decir que consume más recursos y controla en un porcentaje alto la energía que llega a ese ecosistema. Su ausencia implica cambios importantes en la estabilidad del ecosistema (Aguirre, 2019).

$$IVI = \frac{DR + FR}{2}$$

IVI: Índice de valor de importancia simplificado

DR: Densidad relativa

FR: Frecuencia relativa

4.4.6. Índice de diversidad de Shannon (H)

Aguirre (2019) menciona que el índice de diversidad de Shannon es el más utilizado en los estudios de vegetación, en especial cuando se quiere medir la diversidad de un lugar. Este índice calcula la probabilidad promedio de identificar correctamente la especie a la que pertenece un individuo seleccionado al azar de una comunidad representada en una muestra.

4.4.7. Reclutamiento y Mortalidad

El reclutamiento es un mecanismo que evidencia la capacidad de recuperación de un bosque que ha sido afectado por diferentes perturbaciones, manteniendo la estabilidad ecológica a través de la fecundidad y el crecimiento de nuevos individuos permitiendo la regeneración natural por vía sexual. La capacidad de rebrote permite mantener poblaciones después de un incendio a

pesar de tener un reclutamiento escaso en los primeros años ocurrido el evento, y restablecer la vegetación. Sin embargo, limita la variabilidad de las poblaciones y la colonización de nuevas áreas, sobre todo en comunidades de especies reclutadoras (Ocampo y Bravo, 2019).

La mortalidad hace referencia al porcentaje de individuos que mueren en un periodo de tiempo, se genera por diferentes factores endógenos y disturbios que afectan a las comunidades vegetales. Tanto la mortalidad como el reclutamiento son fundamentales para la regeneración natural y la diversidad de los ecosistemas (Mosquera et al., 2009).

4.5. Parque Universitario Francisco Vivar Castro

El Parque Universitario “Francisco Vivar Castro” (PUFVC), es fundado el 18 de mayo de 1983 por su importancia en su diversidad ecológica, florística, faunística, paisajística, por lo que es considerado como un espacio natural para la educación, investigación y recreación, de estudiantes de la Universidad Nacional de Loja y público de la ciudad. El objetivo del PUFVC es investigar, conservar los recursos genéticos, mostrar su vegetación, exponer la historia natural y exaltar la cultura de la región sur del Ecuador (Aguirre et al. 2019b).

Es una iniciativa privada de conservación, las características muy particulares que posee, como el remanente de bosque andino, hábitat de 100 especies de aves y 10 mamíferos, plantaciones de pinos, bosque de aliso, nogal, matorral y páramo antrópico, lo convierte en un importante escenario para conocer y disfrutar los recursos biológicos de la región sur del Ecuador. Además, nacen dos microcuencas: Los Nogales y León Huayco que sirve para abastecer de agua al jardín botánico “Reinaldo Espinosa”. Cabe recalcar que el PUFVC es un espacio de vital importancia para los estudiantes de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales y estudiantes de otras carreras de la Universidad Nacional de Loja para que puedan complementar su formación profesional mediante actividades de educación e interpretación Ambiental (Aguirre et al., 2016).

4.5.1. *Bosque Natural*

Se encuentra a una altitud de 2 250 msnm, con una extensión de 12,93 ha del área total de PUFVC, es la cobertura boscosa con mayor crecimiento y desarrollo con una gran diversidad florística formada por árboles, arbustos, hierbas, parásitas y epifitas. Existen suelos con una buena capa de materia orgánica compuesta de árboles caídos, ramas y hojas. Dentro de estos ecosistemas

se incluyen el bosque de *Juglans neotropica* (nogal) con 2,91 ha (3,03 %); y, el bosque de *Alnus acuminata* (aliso) con una extensión de 2,45 ha (2,55 %) (Aguirre et al., 2016).

4.5.2. Matorral alto

Este ecosistema se compone por especies secundarias que resultan de la destrucción del bosque primario, con una superficie de 28,4 ha del área del PUFVC. Se distinguen dos estratos: arbustivo y herbáceo; además de la presencia de una gran cantidad de plantas inferiores, protegiéndolo de la erosión y pérdida de la humedad (Aguirre et al., 2016).

4.5.3. Matorral bajo

Este ecosistema ocupa una extensión de 14,27 ha, se manifiesta por la destrucción de los bosques primarios al igual que el matorral alto, está ubicada en las zonas altas con fuertes pendientes, en transición con el páramo antrópico, desempeña un papel muy importante en la protección del suelo y del nacimiento de las quebradas (Aguirre et al., 2016).

4.5.4. Páramo antrópico

Este ecosistema tiene una superficie 20,58 ha con pendientes mayores a 35%, con dominio de *Calamagrostis intermedia* y *Puya eryngioides*; en conjunto forma una vegetación densa muy importante para la conservación por su capacidad de retención de agua. Esta cobertura vegetal ha sufrido alteraciones en la estructura y composición de su vegetación, que ha traído como consecuencia la degradación de los suelos (Aguirre et al., 2016).

4.5.5. Pastizales

Este ecosistema tiene una superficie de 0,65 ha y está asociado a especies forestales y frutales (Aguirre et al., 2016).

4.5.6. Plantaciones forestales

Este tipo de cobertura vegetal está compuesta principalmente por Eucalipto y Pino, tiene un área de 13,83 ha, encontrándose 12 especies de *Eucalyptus* sp. y 11 especies de Pino. Bajo el dosel se ha formado un interesante sotobosque con especies nativas (Aguirre et al., 2016).

5. Metodología

5.1. Área de estudio

La investigación se realizó en el Parque Universitario "Francisco Vivar Castro" (PUFVC), específicamente en el área de matorral andino, ubicada en la parte alta del PUFVC, localizado en el sector La Argelia, parroquia San Sebastián, cantón Loja. Tiene una superficie total de 99,13 ha, en un rango altitudinal de 2 130 a 2 520 m s.n.m., entre las coordenadas geográficas: 79° 11' 07'' y 79° 12' 03'' Longitud Oeste; 04° 01' 37'' y 04° 02' 02'' Latitud Sur (Figura 1) (Aguirre et al., 2016).

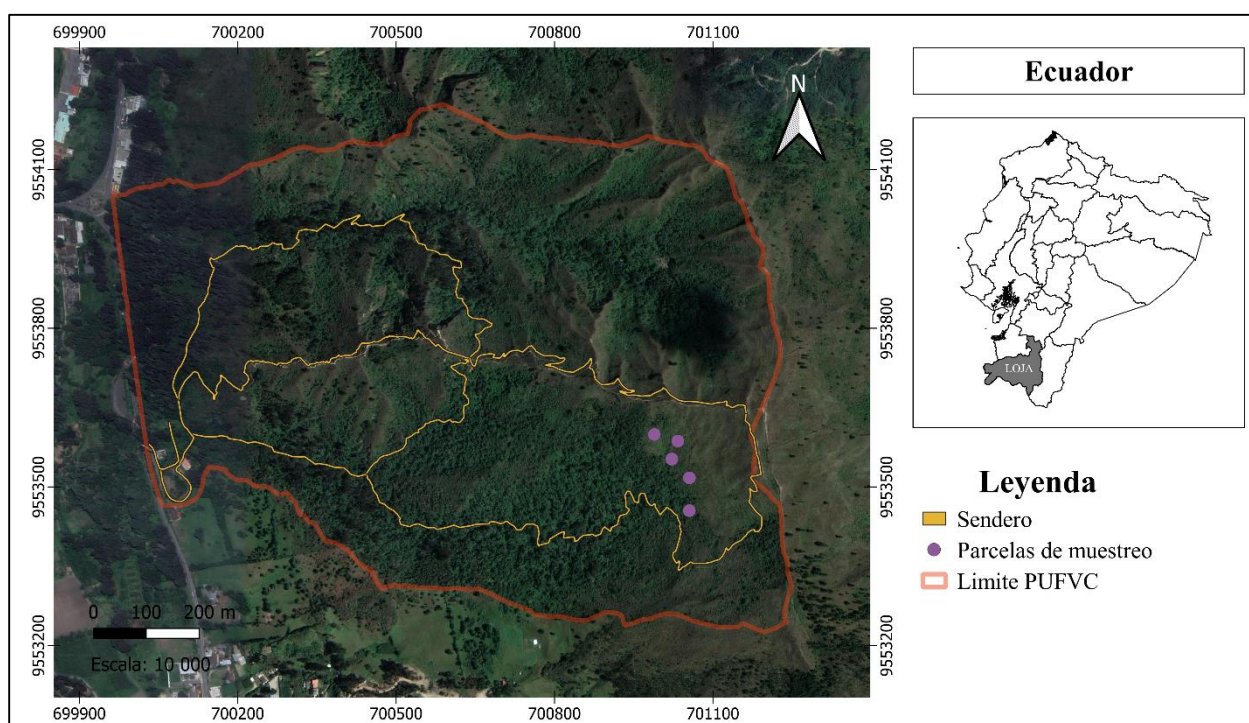


Figura 1. Mapa base de ubicación del Parque Universitario "Francisco Vivar Castro" y el área del matorral andino.

5.1.1. Características biofísicas

El área de estudio está ubicada en la zona de vida bosque seco montano bajo (bs-MB), presenta una temperatura media anual de 16,6 °C, precipitación media anual de 955 mm/año, el tipo de clima según Köppen es templado lluvioso, mesotérmico, frío e isotermal y bioclima subhúmedo templado (Rojas, 2012). El suelo proviene de rocas metamórficas como material parental, tiene una fertilidad baja y una profundidad de 60 cm. Su textura varía entre franco, franco

arenoso y franco arcilloso. Los suelos son coluviales producto de deslizamientos y la acción de la erosión pluvial, dando resultado la formación de estoraques y colinas (Aguirre et al., 2016).

5.2. Metodología

5.2.1. Tamaño, forma y número de unidades de muestreo

Para conocer la dinámica de la regeneración natural de especies arbóreas y arbustivas se instalaron de forma sistemática en el matorral andino cinco parcelas permanentes de 20 x 20 m con parcelas anidadas de 5 x 5 m y 1 x 1 m (Figura 2).

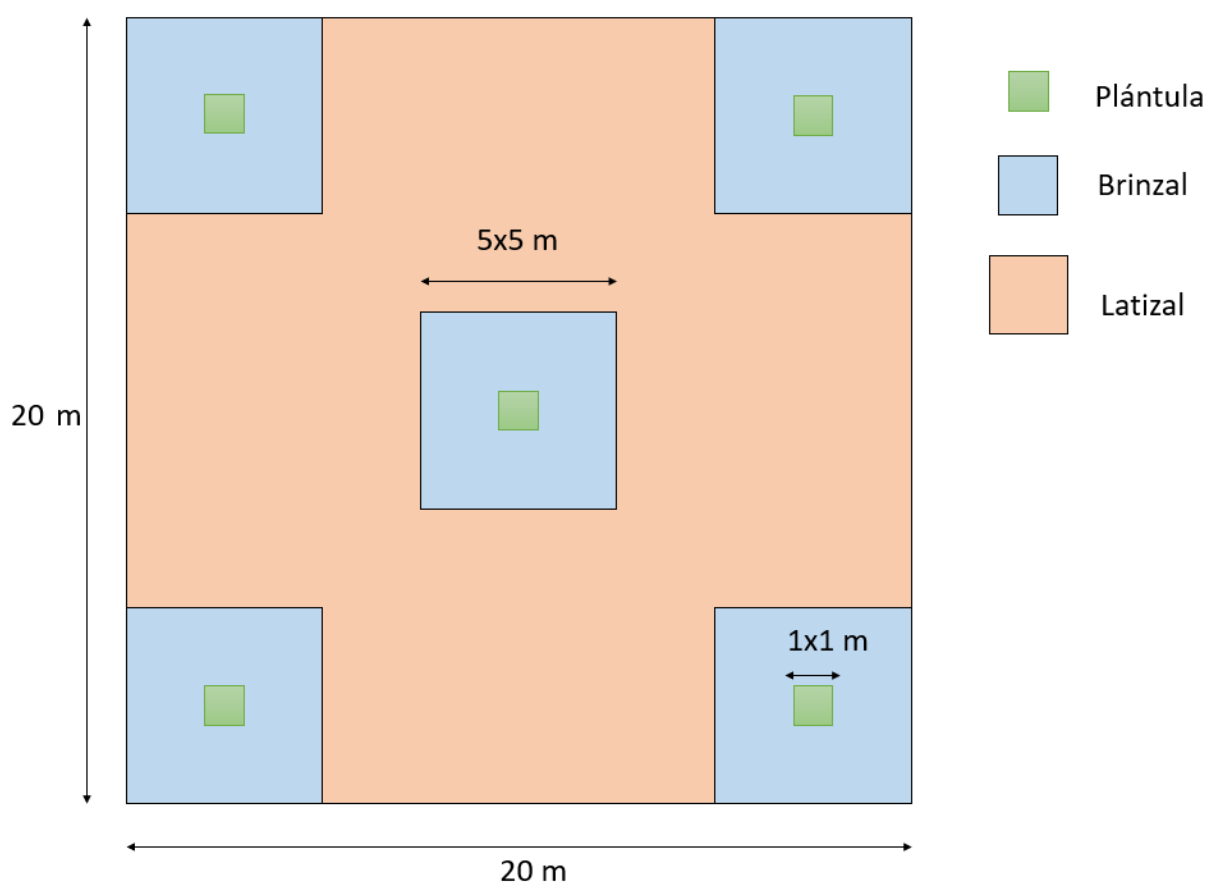


Figura 2. Diseño de las parcelas y subparcelas de muestreo para la regeneración natural de las especies arbóreas y arbustivas en el matorral andino.

Las categorías de regeneración natural estudiadas se presentan en la Tabla 1 y son propuestas en base a Orozco y Brumer (2002), junto con el tamaño y número de unidades de muestreo.

Tabla 1. Tamaño de las parcelas de inventario de la regeneración natural, considerando el tamaño de las plantas.

| Categoría de regeneración | Definición de la categoría | Tamaño de la unidad de registro | Número de unidades de muestreo |
|----------------------------------|---|--|---------------------------------------|
| Plántulas | Individuos \leq 30 cm de altura, y mayores a 5 cm. | 1 x 1 m | 25 |
| Brinzal | Individuos $>$ a 30 cm y \leq 1,50 m de altura | 5 x 5 m | 25 |
| Latizal | Individuos $>$ a 1,50 m de altura y \leq a 5 cm de diámetro | 20 x 20 m | 5 |

Fuente: Orozco y Brumer (2002).

5.3. Metodología para describir cambios en la regeneración natural de las especies arbóreas y arbustivas presentes en el matorral andino afectado por incendios forestales

5.3.1. Identificación de las especies vegetales

A partir de los registros realizados en el periodo octubre 2021 – marzo 2022, cada individuo de regeneración natural de las especies arbóreas y arbustivas del matorral andino, fueron etiquetados con un código único para su identificación y reconocimiento en territorio. Con la presente investigación se volvió a identificar las especies, en especial para las categorías plántulas y brinzal.

5.3.2. Registro y medición de variables

El monitoreo de la regeneración natural se realizó en el periodo octubre 2022 – marzo 2023, es decir después de un año de instalado el ensayo. Las variables medidas en campo fueron: especie, diámetro a la altura del pecho, altura y tipo de reproducción. En la Tabla 2 se presenta la hoja de campo para el registro de la información.

Tabla 2. Hoja de campo para el registro de datos que corresponden a la regeneración natural del matorral andino del PUFVC.

| Fecha: | | | | N°. Parcela: | | |
|--------|--------|-------------------|----------|------------------|----------------------|---------------|
| N° | Código | Nombre científico | DAP (cm) | Altura total (m) | Tipo de reproducción | Observaciones |
| | | | | | | |

Fuente: Aguirre (2019).

Con los datos levantados en campo se calculó variables relacionadas con parámetros de la vegetación para las especies arbóreas y arbustivas de regeneración natural, aplicando las fórmulas sugeridas por Aguirre (2019); y Orozco y Brumer (2002) que se describen a continuación:

❖ Crecimiento en altura

Para el cálculo del crecimiento en altura, se consideró los datos obtenidos de las especies inventariadas en la medición 1 y 2. El cálculo se hizo por especie y categoría de regeneración natural (plántula, brinzal, latizal). La fórmula utilizada fue:

$$C_r = H_f - H_i$$

Donde:

C_r : Crecimiento en altura

H_f : Altura al final del periodo (Medición 2)

H_i : Altura al inicio del periodo (Medición 1)

❖ Crecimiento en diámetro

Se evaluó el crecimiento en diamétrico solo para la categoría latizal de la regeneración natural de los individuos que sean menores a 5 cm de DAP, para ellos se calculó aplicando la fórmula:

$$C_{r.d} = d_f - d_i$$

Donde:

$C_{r.d}$: Crecimiento en altura

d_f : Altura al final del periodo (Medición 2)

d_i : Altura al inicio del periodo (Medición 1)

❖ **Porcentaje de Supervivencia**

El porcentaje de supervivencia se determinó con el número de individuos de la regeneración natural encontrados vivos en la medición 2 y se relacionó para el número de individuos registrados en la medición 1 o línea base, para ello se utilizó la fórmula:

$$\%S_{obr.} = \left(\frac{Nro. ind vivos}{Nro. total ind.} \right) * 100$$

Donde:

$\%S_{obr.}$: Porcentaje de supervivencia.

Nro. ind vivos: Número de individuos vivos (medición 2).

Nro. total ind: Número total de individuos (medición 1)

❖ **Porcentaje de mortalidad**

La mortalidad se evaluó con el número de individuos muertos por categoría de regeneración y fue calculada con la fórmula:

$$\%Mor = (Nro. ind muertos / Nro. total ind.) * 100$$

Donde:

$\%Mor$: Porcentaje de mortalidad.

Nro. ind muertos: Número de individuos muertos (medición 2).

Nro. total ind: Número total de individuos (medición 1).

❖ **Reclutamiento**

El reclutamiento se calculó considerando el número de individuos nuevos registrados en la medición 2 que ingresaron principalmente a la categoría plántula. Adicionalmente, como parte del reclutamiento en las categorías brinzal y latizal se consideró el número de individuos que pasaron de una categoría a otra, esto en función de las medidas registradas de altura de los individuos y su respectiva interpretación de la categoría de regeneración.

❖ **Densidad**

La densidad se determinó por especie y categoría de regeneración. Su cálculo se realizó en relación al número de individuos de las especies por el área muestreada. La fórmula utilizada fue:

$$D = \left(\frac{Nro. ind}{A} \right)$$

Donde:

D: Densidad

Nro. ind: Número de individuos de una especie.

A: área o superficie muestreada.

❖ **Densidad relativa**

La densidad relativa se determinó por especie y categoría de regeneración. Su cálculo fue en función de la relación del número de individuos de la especie por el número total de individuos de todas las especies, aplicando la fórmula:

$$DR\% = \left(\frac{Nro. ind. sp.}{Nro. total ind.} \right) * 100$$

Donde:

DR%: Densidad relativa en porcentaje

Nro. ind. sp: Número de individuos de una especie.

Nro. total ind: Número total de individuos de todas las especies.

❖ **Frecuencia relativa**

Se determinó por especie y categoría de regeneración. Se calculó relacionando el número de parcelas en la que está la especie para la sumatoria de las frecuencias absoluta de todas las especies. La fórmula utilizada fue:

$$FR\% = \left(\frac{Nro. parc. apar. sp}{\sum f_a} \right) * 100$$

Donde:

FR: Frecuencia relativa en porcentaje.

Nro. parc. apar. sp: Número de parcelas en las que se inventaría las especies.

$\sum f_a$: Sumatoria de las frecuencias absolutas de todas las especies inventariadas.

❖ Índice valor de importancia simplificado (IVIs)

El IVIs se determinó por especie y categoría de regeneración. Su cálculo se realizó entre la suma de las densidades y frecuencia relativas de las especies, dividido para 2. La fórmula utilizada fue:

$$IVI = \frac{DR + FR}{2}$$

Donde:

IVI: Índice de valor de importancia simplificado

DR: Densidad relativa de la especie

FR: Frecuencia relativa de la especie

❖ Índice de Shannon

El índice de Shannon se determinó con la fórmula propuesta por Aguirre (2019) y Moreno (2001), y su interpretación fue de acuerdo a los rangos presentados en la Tabla 3.

$$H = \sum_{i=1}^S (Pi)(\log_n Pi)$$

Donde

H: Índice de la diversidad de especie

S: Número de especie

Pi: Proporción de la muestra que corresponde a la especie i

Ln: Logaritmo natural

Tabla 3. Rangos de interpretación del índice de Shannon.

| Rangos | Significado |
|-------------|------------------|
| 0 – 1,35 | Diversidad baja |
| 1,36 – 3,5 | Diversidad media |
| Mayor a 3,5 | Diversidad alta |

❖ Índice de Sorensen

Para la comparación de las composiciones florísticas entre las mediciones 1 y 2 se utilizó el índice de Sorensen para datos cualitativos de acuerdo a la fórmula sugerida por Aguirre (2019) y Moreno (2001) e interpretada de acuerdo a los valores presentes en la Tabla 4.

$$I_s = \frac{2C}{A + B}$$

Donde:

Is: Índice de Sorensen

A: Número de especies encontradas en la comunidad A.

B: Número de especies encontradas en la comunidad B.

C: Número de especies comunes en ambas localidades.

Tabla 4. Rangos de interpretación del índice de Sorensen.

| Rangos | Significado |
|-------------|--|
| 0 – 0,33 | Disimiles o diferentes florísticamente |
| 0,34 – 0,66 | Medianamente disimiles florísticamente |
| 0,67 a 1 | Similares florísticamente |

5.4. Metodología para analizar el efecto de las variables ambientales sobre la regeneración natural de las especies arbóreas y arbustivas del matorral andino afectado por incendios forestales

Las variables ambientales consideradas para medir su efecto sobre la regeneración natural fueron: apertura de dosel, pendiente del terreno, profundidad de la capa orgánica, porcentaje de cobertura de *Pteridium arachnoideum*, porcentaje de suelo cubierto por hojarasca.

❖ Apertura de dosel

La apertura del dosel, expresada en porcentaje, se estimó mediante el uso de un densiómetro cóncavo esférico, para ello se colocó el densiómetro en el centro de cada una de las parcelas de regeneración natural, se mantuvo nivelado y por sitio se realizaron cuatro mediciones en dirección de los cuatro puntos cardinales. Como se trata de un instrumento de fácil manipulación y colocación a alturas deseadas (Strickler, 1959), se colocó para plántulas a 30 cm de altura y para brinzales y latizales la altura considerada fue de 1,30 m, tratando evitar que la cabeza del medidor no aparezca sobre la superficie de espejo cóncavo.

❖ **Porcentaje de suelo cubierto por hojarasca**

Esta variable representó el porcentaje de hojarasca que se encontró cubriendo el suelo, expresada en porcentaje. La medición fue realizada en cada parcela de 1 x 1 m y 5 x 5 m.

❖ **Cobertura de *Pteridium arachnoideum***

Pteridium arachnoideum (Kaulf.) Maxon (Dennstaedtiaceae), conocido comúnmente como “Llashipa” es un helecho de rápida propagación en áreas sometidas a una perturbación, llegando a tener influencia en el establecimiento y desarrollo de la regeneración natural de otras especies (Tillaguango, 2023). Para evaluar el efecto de esta especie sobre la regeneración natural, la cobertura de *Pteridium arachnoideum* se expresó en porcentaje y representó el espacio ocupado por las frondas de los individuos de *Pteridium arachnoideum* en la parcela. Esta medición se realizó en cada una de las parcelas de 1 x 1 m y 5 x 5 m.

❖ **Pendiente**

Para la medición de la pendiente se utilizó un clinómetro Suunto, tomando la medida en porcentaje (%). Su medición se hizo en un transecto lineal de 10 m en cada parcela; sobre esta distancia, se observó desde la parte baja, proyectando la visión hacia la parte alta del terreno.

❖ **Profundidad de la capa orgánica**

La capa orgánica del suelo fue medida con la ayuda de una regla graduada, en centímetros, y correspondió a la altura de la primera capa del suelo constituida por hojas, ramas, ramillas, frutos y detritos. Esta variable se midió en cada una de las parcelas de 1 x 1 m y 5 x 5 m.

5.5. Análisis de la información

La estructura de la regeneración fue descrita con los parámetros estructurales y composiciones florísticas. Para la diversidad se utilizó los índices de riqueza específica y Shannon. La mortalidad, sobrevivencia y reclutamiento fue interpretada con estadísticas descriptivas. Los cambios en la composición florística entre la medición 1 y 2 fueron determinados mediante el índice de Sorensen para datos cualitativos. El crecimiento de la regeneración entre la medición 1 y 2 y por categoría fue determinado con la prueba t de Student cuando los datos presentaron

normalidad y homogeneidad de varianzas, y la prueba de rangos de Wilcoxon cuando no hubo normalidad de los datos. Para conocer el efecto de las variables ambientales sobre la abundancia de la regeneración se aplicó la prueba de correlación de Spearman porque los datos no presentaron normalidad en la distribución de sus valores. La escala de interpretación del coeficiente de correlación de Spearman se presenta en la Tabla 5 (Martínez et al., 2009). Los análisis estadísticos fueron realizados en el software libre R Studio versión 4.0.4 (R Core Team, 2022) y Excel.

Tabla 5. Escala de interpretación del coeficiente de correlación de Spearman.

| Escala | Interpretación |
|---------------|-------------------------|
| 0 - 0,25 | Escasa o nula |
| 0,26 - 0,50 | Débil |
| 0,51 - 0,75 | Entre moderada y fuerte |
| 0,76 - 1,00 | Entre fuerte y perfecta |

6. Resultados

6.1. Cambios en la regeneración natural de especies arbóreas y arbustivas presentes en el matorral andino afectado por incendios forestales

6.1.1. Diversidad y composición florística

La composición florística de la regeneración natural con su respectiva abundancia se presenta en la Tabla 6. En la medición 2 se registró un total de 957 individuos, comprendidos en 33 especies, 31 géneros y 21 familias.

Tabla 6. Composición florística de la regeneración natural del matorral andino por tipo de categoría registrados en la medición 2.

| Estrato | Especie | Abundancia por categoría de regeneración | | | | | |
|-----------|--|--|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | Medición 1 | | | Medición 2 | | |
| | | Plántula | Brinzal | Latizal | Plántula | Brinzal | Latizal |
| Arbóreo | <i>Alnus acuminata</i> Kunth | 0 | 4 | 6 | 0 | 4 | 5 |
| | <i>Axinaea macrophylla</i> (Naudin) Triana | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| | <i>Cinchona officinalis</i> L. | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 9 |
| | <i>Clethra fimbriata</i> Kunth | 20 | 162 | 62 | 16 | 155 | 62 |
| | <i>Clusia</i> sp. 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| | <i>Hedyosmum scabrum</i> (Ruiz & Pav.) Solms | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| | <i>Hesperomeles obtusifolia</i> (Pers.) Lindl. | 3 | 16 | 9 | 3 | 17 | 7 |
| | <i>Morella pubescens</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Wilbur | 5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| | <i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly | 0 | 92 | 1 | 4 | 89 | 2 |
| | <i>Oreopanax rosei</i> Harms | 0 | 1 | 4 | 0 | 1 | 4 |
| | <i>Persea</i> sp. 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| | <i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| | <i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC. | 0 | 8 | 0 | 0 | 6 | 1 |
| | <i>Viburnum triphyllum</i> Benth. | 1 | 6 | 6 | 1 | 6 | 6 |
| | <i>Vismia baccifera</i> (L.) Planch. & Triana | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| | <i>Weinmannia fagaroides</i> Kunth | 0 | 2 | 3 | 0 | 2 | 3 |
| | Total | 30 | 298 | 101 | 25 | 287 | 100 |
| Arbustivo | <i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers. | 0 | 1 | - | 0 | 1 | - |
| | <i>Baccharis obtusifolia</i> Kunth | 4 | 46 | - | 2 | 44 | - |
| | <i>Baccharis</i> sp.1 | 5 | 48 | - | 8 | 44 | - |
| | <i>Bejaria resinosa</i> Mutis ex L. | 1 | 2 | - | 1 | 4 | - |

| | | | | | | |
|---|-----------|------------|----------|-----------|------------|----------|
| <i>Cavendishia bracteata</i> (Ruiz & Pav.) | 0 | 3 | - | 0 | 3 | - |
| <i>Clinopodium taxifolium</i> (Kunth) Govaerts | 0 | 4 | - | 0 | 4 | - |
| <i>Cronquistianthus niveus</i> R.M. King & H. Rob | 3 | 2 | - | 4 | 1 | - |
| <i>Dendrophorbium scytophyllum</i> (Kunth) C. Jeffrey | 19 | 186 | - | 11 | 136 | - |
| <i>Desfontainia spinosa</i> Ruiz & Pav | 0 | 2 | - | 0 | 2 | - |
| <i>Gaultheria reticulata</i> Kunth | 8 | 82 | - | 9 | 72 | - |
| <i>Gynoxys nitida</i> Cass. | 1 | 45 | - | 1 | 39 | - |
| <i>Lepechinia mutica</i> (Benth.) Epling | 3 | 35 | - | 2 | 26 | - |
| <i>Palicourea</i> sp. 1 | 2 | 20 | - | 2 | 17 | - |
| <i>Pappobolus acuminatus</i> (S.F. Blake) Panero | 3 | 64 | - | 3 | 46 | - |
| <i>Piper</i> sp. 1 | 1 | 5 | - | 0 | 5 | - |
| <i>Solanum</i> sp. 1 | 0 | 5 | - | 0 | 5 | - |
| <i>Tibouchina laxa</i> Aubl. | 3 | 56 | - | 4 | 49 | - |
| Total | 53 | 606 | - | 47 | 498 | - |

Por tipo de categoría de regeneración natural, para árboles y arbustos la categoría brinzal fue la que presentó mayor riqueza específica y abundancia (Tabla 7). Para las tres categorías, tanto en árboles y arbustos, las diferencias encontradas en el periodo evaluado en riqueza y abundancia no fueron significativa (Prueba de Wilcoxon, p-valores > 0,05).

Tabla 7. Diversidad florística por categoría de regeneración natural del matorral andino para la medición 2.

| Estrato | Categoría | Riqueza específica | | Wilcoxon test | Abundancia | | Wilcoxon test |
|-----------|-----------|--------------------|------------|---------------|------------|------------|---------------|
| | | Medición 1 | Medición 2 | p-valor | Medición 1 | Medición 2 | p-valor |
| Arbóreo | Plántula | 5 | 5 | 0,8826 | 30 | 25 | 0,8234 |
| | Brinzal | 14 | 15 | 0,95 | 298 | 287 | 0,91 |
| | Latizal | 10 | 10 | 0,4498 | 101 | 100 | 0,481 |
| Arbustivo | Plántula | 12 | 11 | 0,29 | 53 | 47 | 0,4868 |
| | Brinzal | 17 | 17 | 0,2652 | 606 | 498 | 0,1424 |

Sobre la diversidad florística de la regeneración natural, de acuerdo con el índice de Shannon (Tabla 8), para el estrato arbóreo la uniformidad de las especies fue baja en las categorías

plántula y brinzal; y, media para los latizales. En el caso del estrato arbustivo, la uniformidad de las especies fue media para las categorías plántula y brinzal.

Tabla 8. Diversidad de la regeneración natural del matorral andino del PUFVC entre las mediciones 1 y 2.

| Estrato | Categoría | Índice de Shannon | | Interpretación |
|-----------|-----------|-------------------|------------|------------------|
| | | Medición 1 | Medición 2 | |
| Arbóreo | Plántula | 1,03 | 1,09 | Diversidad baja |
| | Brinzal | 1,27 | 1,28 | Diversidad baja |
| | Latizal | 1,44 | 1,42 | Diversidad media |
| Arbustivo | Plántula | 2,07 | 2,12 | Diversidad media |
| | Brinzal | 2,16 | 2,23 | Diversidad media |

La similitud florística de la composición por categoría de regeneración natural entre las mediciones 1 y 2 se presenta en la Tabla 9. Se evidenció una alta similitud, cercana a uno, en la composición florística para las tres categorías de regeneración.

Tabla 9. Similitud de la composición florística por categoría de regeneración natural del matorral andino del PUFVC entre las mediciones 1 y 2.

| Categoría de regeneración | Similitud de la regeneración (Índice de Sorensen) | | | |
|---------------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| | Índice de Sorensen | Número de especies medición 1 | Número de especies medición 2 | Número de especies compartidas |
| Plántula | 0,91 | 17 | 16 | 15 |
| Brinzal | 0,98 | 31 | 32 | 31 |
| Latizal | 0,90 | 10 | 10 | 9 |

6.1.2. Parámetros estructurales

En la Figura 3 se presenta los valores del IVI simplificado para la regeneración natural de árboles y por categoría de regeneración. La especie *Clethra fimbriata* fue las más importante ecológica y estructuralmente en las tres categorías de regeneración del matorral andino.

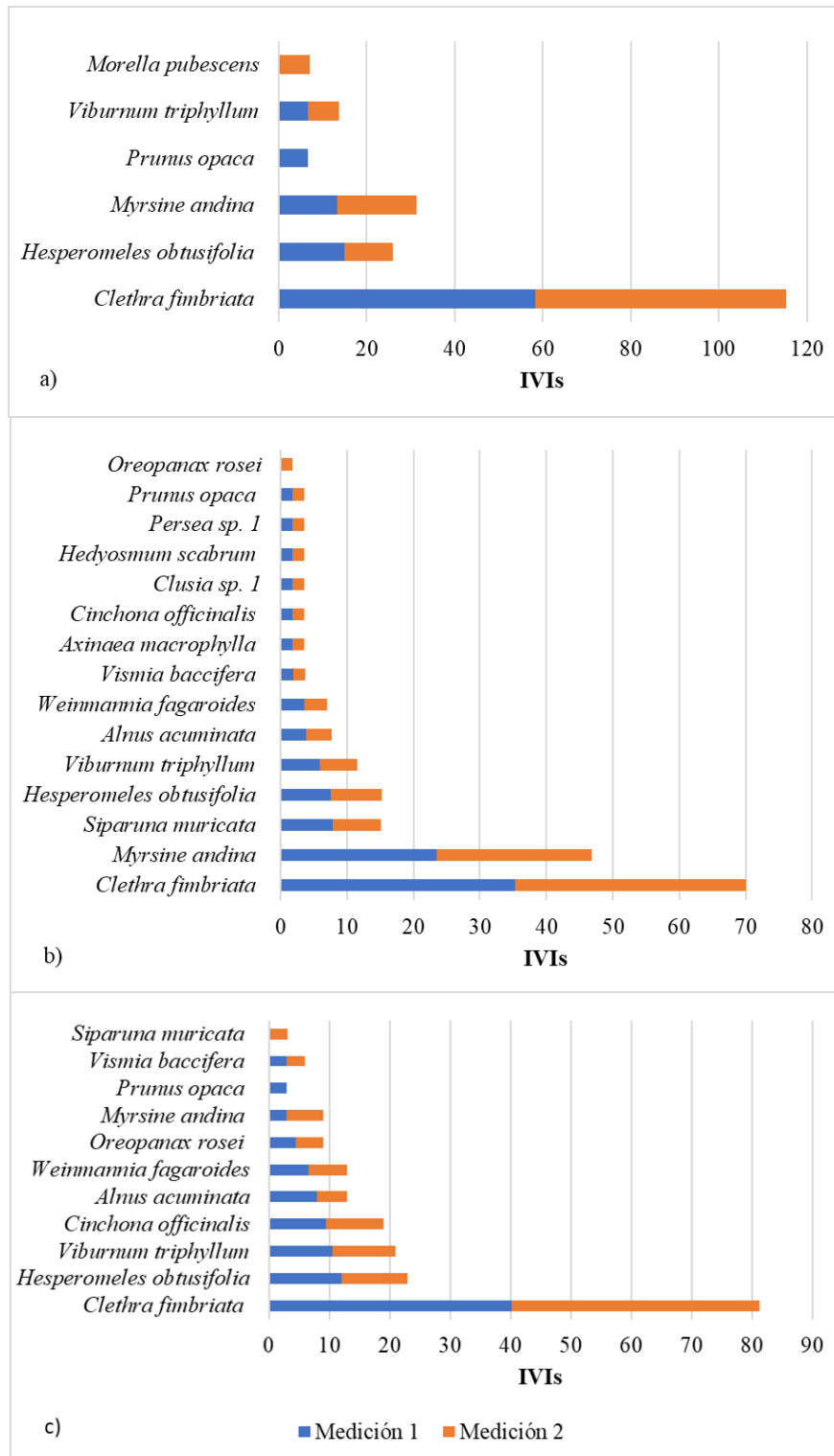


Figura 3. Valores del IVI simplificado para la regeneración natural de árboles en el matorral andino en 1a medición 1 y 2. a) plántulas, b) brinzal, c) latizal.

Para la regeneración de arbustos, en la Figura 4 se detalla las especies más representativas de acuerdo con el índice de valor de importancia simplificado (IVIs), siendo *Dendrophorbium scytophyllum* la más importante ecológica y estructuralmente.

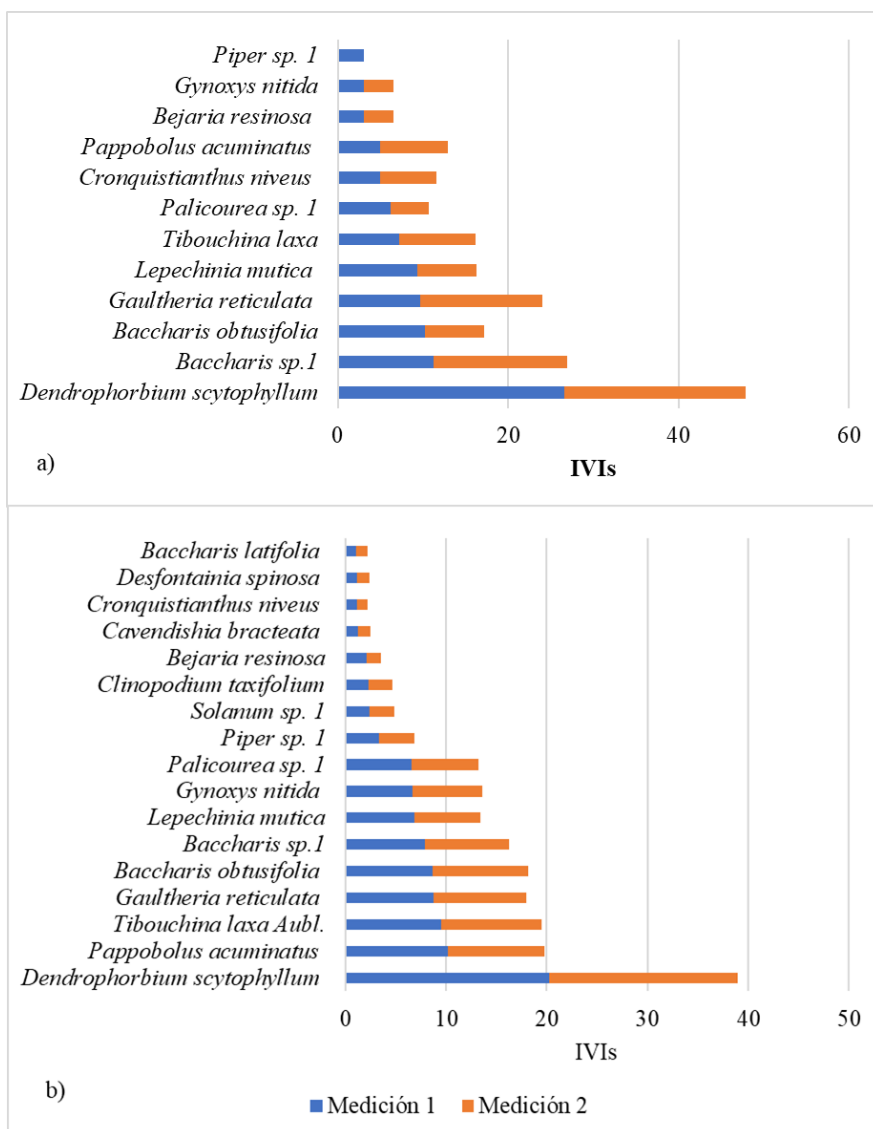


Figura 4. Valores del IVI simplificado para la regeneración natural de arbustos del matorral andino en la medición 1 y 2. a) plántulas, b) brinzal.

6.1.3. Crecimiento de la regeneración natural

Para el estrato arbustivo, en la Tabla 10 se presenta los valores del crecimiento y altura promedio de la regeneración natural entre las mediciones 1 y 2. El crecimiento en altura para las categorías plántula y brinzal no fue significativo entre las dos mediciones (t-Student, p-valores >

0,05, $\alpha=0,05$). Adicionalmente, se evidenció un crecimiento negativo en algunos individuos como producto de ápices muertos, plantas quebradas, forma e inclinación de los tallos de las plantas afectadas principalmente por otras especies como *Pteridium arachnoideum*.

Tabla 10. Comparación del crecimiento en altura promedio entre las mediciones 1 y 2 por categoría de regeneración de arbustos en el matorral andino del PUFVC.

| Categoría de regeneración | Estadística | Medición 1 | Medición 2 |
|---------------------------|----------------------------|------------|------------|
| Plántulas | Altura promedio (cm) | 15,54 | 18,65 |
| | Error estándar (\pm cm) | 1,05 | 1,17 |
| | Crecimiento en altura (cm) | | 3,10 |
| | p-valor (t-Student) | | 0,1823 |
| Brinzal | Altura promedio (cm) | 65,34 | 73,61 |
| | Error estándar (\pm cm) | 1,25 | 1,44 |
| | Crecimiento en altura (cm) | | 8,27 |
| | p-valor (t-Student) | | 0,2843 |

Para el estrato arbóreo, en la Tabla 11 se presenta por categoría de regeneración natural la comparación del crecimiento y altura de las plantas entre las mediciones 1 y 2. Los resultados en el crecimiento no mostraron diferencias significativas en las categorías plántula y brinzal (t-Student, p-valores $> 0,05$, $\alpha=0,05$). Similar caso fue para los latizales, donde el crecimiento en altura y diámetro de la regeneración no fue significativo entre ambas mediciones (Wilcoxon, p-valor=0,126, $\alpha=0,05$).

Se evidenció crecimientos negativos en algunos individuos de regeneración natural de árboles, en especial para *Clethra fimbriata* producto de ápices secos, plantas quebradas y aplastadas por *Pteridium arachnoideum*.

Tabla 11. Comparación del crecimiento en altura promedio entre las mediciones 1 y 2 por categoría de regeneración de árboles en el matorral andino del PUFVC.

| Categoría de regeneración | Estadística | Medición 1 | Medición 2 |
|---------------------------|----------------------------|------------|------------|
| Plántulas | Altura promedio (cm) | 17,2 | 18,77 |
| | Error estándar (\pm cm) | 1,51 | 1,53 |
| | Crecimiento en altura (cm) | | 1,57 |
| | p-valor (t-Student) | | 0,5241 |
| Brinzal | Altura promedio (cm) | 56,92 | 62,41 |

| | | | |
|---------|----------------------------|--------|--------|
| | Error estándar (\pm cm) | 1,43 | 1,61 |
| | Crecimiento en altura (cm) | | 5,49 |
| | p-valor (t-Student) | | 0,5421 |
| Latizal | Altura promedio (cm) | 218,87 | 251,46 |
| | Error estándar (\pm cm) | 5,18 | 6,10 |
| | Crecimiento en altura (cm) | | 32,59 |
| | p-valor (Wilcoxon) | | 0,1508 |
| Latizal | Diámetro promedio (cm) | 2,42 | 2,64 |
| | Error estándar (\pm cm) | 0,086 | 0,098 |
| | Crecimiento en DAP (cm) | | 0,22 |
| | p-valor (Wilcoxon) | | 0,126 |

6.1.4. Supervivencia y mortalidad

Para la categoría plántulas, tanto árboles y arbustos, en la medición 2 se registró un 91,14 % de supervivencia y 8,86 % de mortalidad. Las especies que presentaron mortalidad fueron el árbol *Clethra fimbriata* con 11,11 %; y, el arbusto *Dendrophorbium scytophyllum* con 31,25 % (Figura 5).

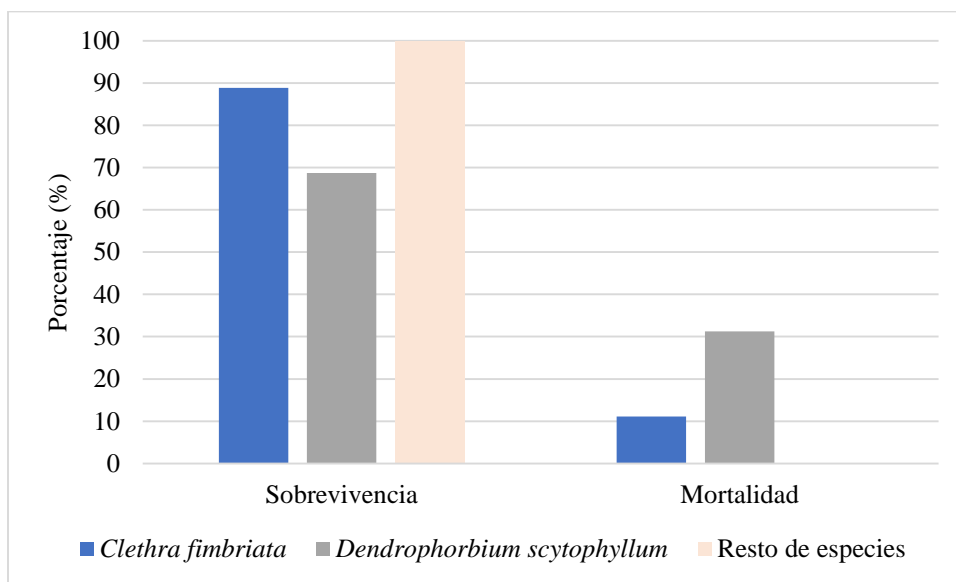


Figura 5. Supervivencia y mortalidad de la regeneración natural plántulas para especies arbóreas y arbustivas en el matorral andino del PUFVC en la medición 2.

En la categoría brinzal, tanto árboles y arbustos, en la medición 2 el porcentaje de supervivencia fue de 88,40 % y mortalidad de 11,60 %. En la Tabla 12 se presenta valores de supervivencia y mortalidad por especies arbóreas y arbustivas. De las 15 especies arbóreas cuatro

presentaron mortalidad, en especial *Vismia baccifera* con un 50 %. En el caso de arbustos, de las 17 especies nueve experimentaron mortalidad siendo *Dendrophorbium scytophyllum* la especie con el valor más alto con un 21 %.

Tabla 12. Supervivencia y mortalidad de la categoría de regeneración brinzal en el matorral andino del PUFVC en la medición 2.

| Estrato | Especie | Número de individuos | Supervivencia (%) | Mortalidad (%) |
|----------------|---|-----------------------------|--------------------------|-----------------------|
| Arbóreo | <i>Clethra fimbriata</i> Kunth | 162 | 95,68 | 4,32 |
| | <i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly | 94 | 94,68 | 5,32 |
| | <i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC. | 7 | 85,71 | 14,29 |
| | <i>Vismia baccifera</i> (L.) Planch. & Triana | 2 | 50 | 50 |
| Arbustivo | <i>Baccharis obtusifolia</i> Kunth | 46 | 95,65 | 4,35 |
| | <i>Baccharis</i> sp.1 | 53 | 83,02 | 16,98 |
| | <i>Dendrophorbium scytophyllum</i> (Kunth) C. Jeffrey | 173 | 78,61 | 21,39 |
| | <i>Gaultheria reticulata</i> Kunth | 79 | 91,14 | 8,86 |
| | <i>Gynoxys nitida</i> Cass. | 44 | 88,64 | 11,36 |
| | <i>Lepechinia mutica</i> (Benth.) Epling | 35 | 74,29 | 25,71 |
| | <i>Palicourea</i> sp. 1 | 19 | 89,47 | 10,53 |
| | <i>Pappobolus acuminatus</i> (S.F. Blake) Panero | 58 | 79,31 | 20,69 |
| | <i>Tibouchina laxa</i> Aubl. | 55 | 89,09 | 10,91 |

Para latizales, en la medición 2, de las 10 especies arbóreas registradas dos presentaron mortalidad, que fueron *Clethra fimbriata* con 3,13 % y *Hesperomeles obtusifolia* con 22,22 % (Figura 6).

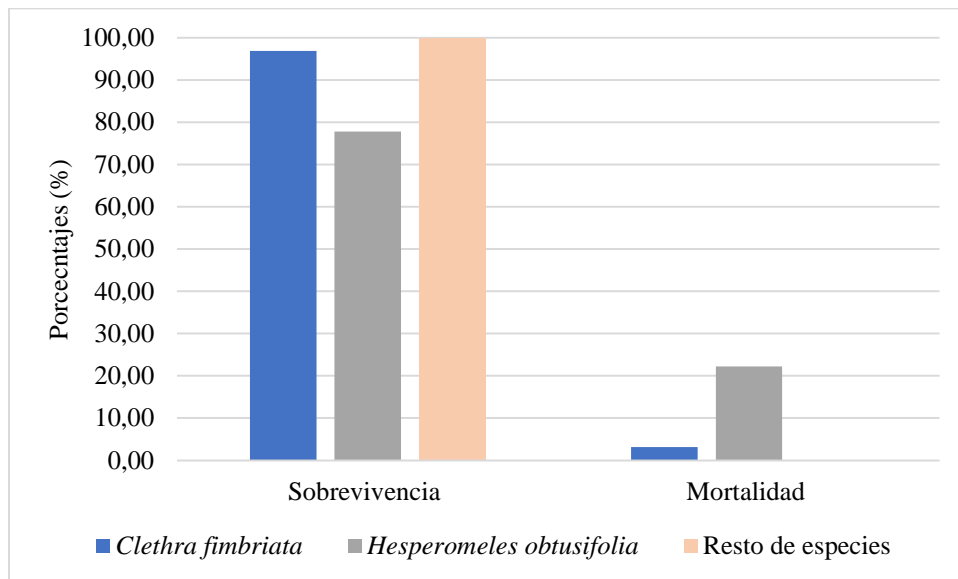


Figura 6. Sobrevivencia y mortalidad de la regeneración natural latizales para especies arbóreas y arbustivas en el matorral andino del PUFVC en la medición 2.

6.1.5. Reclutamiento

En la medición 2 ingresaron 11 nuevos individuos para la categoría plántula pertenecientes a siete especies (Tabla 13), cuatro correspondieron al estrato arbustivo y tres para el estrato arbóreo. Las especies con mayor número de individuos nuevos fueron los arbustos *Baccharis* sp.1 y *Dendrophorbium scytophyllum* con tres individuos respectivamente, y alturas promedio de 11,33 cm y 10,33 cm respectivamente; mientras que, el resto de las especies tuvieron un individuo nuevo, con un promedio en altura de 11 cm.

Tabla 13. Registro de nuevos individuos de regeneración natural para la categoría plántula en el matorral andino del PUFVC en la medición 2.

| Estrato | Especies | Número de individuos | Altura promedio (cm) |
|---------|--|----------------------|----------------------|
| Árbol | <i>Clethra fimbriata</i> Kunth | 1 | 12 |
| | <i>Hesperomeles obtusifolia</i> (Pers.) Lindl. | 1 | 13 |
| | <i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly | 1 | 13 |
| Arbusto | <i>Baccharis</i> sp.1 | 3 | 11,33 |
| | <i>Dendrophorbium scytophyllum</i> (Kunth) C. Jeffrey | 3 | 10,33 |
| | <i>Gynoxys nitida</i> Cass. | 1 | 8 |
| | <i>Morella pubescens</i> (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) Wilbur | 1 | 9 |

La regeneración natural experimentó recambio de individuos entre categorías. Para los arbustos, 15 individuos pasaron de plántula a brinzal y 23 individuos de brinzal a adultos. La especie con mayor paso de una categoría a otra fue *Dendrophorbium scytophyllum* con 20 individuos (Tabla 14).

Tabla 14. Recambio de individuos de la regeneración natural de arbustos en el matorral andino del PUFVC registrados en la medición 2.

| Especie | Recambio de número de individuos | |
|---|----------------------------------|------------------|
| | Plántula a brinzal | Brinzal a adulto |
| <i>Baccharis obtusifolia</i> Kunth | 2 | 0 |
| <i>Baccharis</i> sp.1 | 1 | 0 |
| <i>Dendrophorbium scytophyllum</i> (Kunth) C. Jeffrey | 6 | 14 |
| <i>Gaultheria reticulata</i> Kunth | 1 | 1 |
| <i>Gynoxys nitida</i> Cass. | 1 | 0 |
| <i>Lepechinia mutica</i> (Benth.) Epling | 1 | 0 |
| <i>Palicourea</i> sp. 1 | 1 | 1 |
| <i>Pappobolus acuminatus</i> (S.F. Blake) Panero | 1 | 6 |
| <i>Piper</i> sp. 1 | 1 | 0 |
| <i>Bejaria resinosa</i> Mutis ex L. | 0 | 1 |
| Total | 15 | 23 |

Para las especies arbóreas, 13 individuos pasaron de una categoría a otra, siendo las plántulas las que experimentaron mayor paso de 8 individuos a brinzal; seguida de 4 individuos de brinzal a latizal y un individuo de latizal a adulto. La especie arbórea con mayor paso de individuos entre categorías fue *Clethra fimbriata* con 7 individuos (Tabla 15).

Tabla 15. Recambio de individuos de la regeneración natural del estrato arbóreo del matorral andino del PUFVC registrados en la medición 2.

| Especie | Recambio de número de individuos | | |
|--|----------------------------------|-------------------|------------------|
| | Plántula a brinzal | Brinzal a Latizal | Latizal a adulto |
| <i>Clethra fimbriata</i> Kunth | 4 | 3 | 0 |
| <i>Hesperomeles obtusifolia</i> (Pers.) Lindl. | 1 | 0 | 0 |
| <i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly | 2 | 1 | 0 |

| | | | |
|-----------------------------------|---|---|---|
| <i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp | 1 | 0 | 0 |
| <i>Alnus acuminata</i> Kunth | 0 | 0 | 1 |
| Total | 8 | 4 | 1 |

6.2. Análisis del efecto de variables ambientales sobre la regeneración natural del matorral andino afectado por incendios forestales

En la Tabla 16 se presenta las variables ambientales utilizadas para conocer el efecto sobre la regeneración natural del matorral andino, en especial sobre su abundancia.

Tabla 16. Valores de las variables ambientales del matorral andino del PUFVC utilizadas en las asociaciones con la abundancia de la regeneración natural.

| Variable ambiental | Valor |
|--|-------|
| Apertura de dosel a 1,30 m del suelo (%) | 53,24 |
| Apertura del dosel a 30 cm del suelo (%) | 29,39 |
| Profundidad de la capa orgánica (cm) | 7,672 |
| Pendiente (%) | 59 |
| Cobertura de suelo por hojarasca en parcelas de un metro (%) | 94,07 |
| Cobertura de suelo por hojarasca en parcelas de cinco metros (%) | 94,32 |
| Cobertura de <i>Pteridium arachnoideum</i> en parcelas de un metro (%) | 28,76 |
| Cobertura de <i>Pteridium arachnoideum</i> en parcelas de cinco metros (%) | 48,36 |

6.2.1. Asociación de la categoría plántula con las variables ambientales

La relación de la abundancia de plántulas por tipo de estratos con las variables ambientales presentó una asociación negativa escasa o nula, con valores cercanos a cero (Tabla 17).

Tabla 17. Coeficiente de correlación de Spearman y coeficiente de determinación respecto a la abundancia de la categoría plántula con las variables ambientales del matorral andino del PUFVC.

| Estrato | Variable ambiental | R | p-valor | R ² |
|-----------|---|--------|---------|----------------|
| Arbóreo | Apertura del dosel (%) a 30 cm del suelo | -0,015 | 0,94 | -0,0395 |
| | Profundidad de la capa orgánica (cm) | -0,17 | 0,42 | -0,004136 |
| | Cobertura de suelo en parcelas de un metro (%) | -0,15 | 0,47 | -0,00784 |
| | Cobertura de <i>Pteridium arachnoideum</i> parcelas de un metro | 0,079 | 0,71 | -0,01892 |
| Arbustivo | Apertura del dosel (%) a 30 cm del suelo | 0,042 | 0,84 | 0,0823 |
| | Profundidad de la capa orgánica (cm) | -0,36 | 0,076 | 0,1321 |
| | Cobertura de suelo en parcelas de un metro (%) | -0,13 | 0,54 | 0,2188 |

Cobertura de *Pteridium arachnoideum* parcelas de un metro -0,29 0,16 -0,04345

R: Coeficiente de correlación de Spearman, R²: Coeficiente de determinación.

6.2.2. Asociación de la categoría brinzal con las variables ambientales

La relación de la abundancia de brinzales por tipo de estrato con las variables ambientales presentó dos tipos de asociaciones que, en el caso del estrato arbóreo fueron negativas y moderadas: mientras que, para el estrato arbustivo las asociaciones en su mayoría fueron negativas escasas y débiles con excepción de la apertura de dosel donde la asociación fue escasa positiva (Tabla 18).

Tabla 18. Coeficiente de correlación de Spearman y coeficiente de determinación respecto a la abundancia de la categoría brinzal con las variables ambientales del matorral andino del PUFVC.

| Estrato | Variable ambiental | R | P-valor | R ² |
|---------|---|--------|---------|----------------|
| Arbóreo | Apertura del dosel (%) a 1,30 cm del suelo | -0,059 | 0,78 | -0,04124 |
| | Profundidad de la capa orgánica (cm) | -0,037 | 0,86 | -0,03073 |
| | Cobertura de suelo en parcelas de cinco metros (%) | -0,58 | 0,0023 | 0,5161 |
| | Cobertura de <i>Pteridium arachnoideum</i> parcelas de cinco metros | -0,33 | 0,11 | 0,5161 |
| Arbusto | Apertura del dosel (%) a 1,30 cm del suelo | 0,15 | 0,47 | 0,00115 |
| | Profundidad de la capa orgánica (cm) | -0,37 | 0,072 | 0,151 |
| | Cobertura de suelo en parcelas de cinco metros (%) | -0,36 | 0,076 | 0,7365 |
| | Cobertura de <i>Pteridium arachnoideum</i> parcelas de cinco metros | -0,16 | 0,44 | -0,003372 |

R: Coeficiente de correlación de Spearman, R²: Coeficiente de determinación.

6.2.3. Asociación de la categoría latizal con las variables ambientales

La relación de la abundancia de latizales con las variables ambientales, fueron positivas y negativas principalmente, con asociaciones escasas o nulas, moderadas a fuerte, y entre fuerte a perfecta fuerte (Tabla 19). Esta última asociación fue para la variable porcentaje de cobertura del suelo.

Tabla 19. Coeficiente de correlación de Spearman y coeficiente de determinación respecto a la abundancia de la categoría Latizal con las variables ambientales del matorral andino del PUFVC.

| Variable ambiental | R | p-valor | R ² |
|--------------------------------------|------|---------|----------------|
| Apertura de dosel a 1,30 m | -0,1 | 0,95 | -0,2497 |
| Profundidad de la capa orgánica (cm) | 0,2 | 0,78 | -0,3294 |

| | | | |
|---|-------|--------|---------|
| Pendiente | -0,9 | 0,083 | 0.3315 |
| Cobertura de suelo en parcelas de 20 metros (%) | -0,97 | 0,0048 | 0,9521 |
| Cobertura de <i>Pteridium arachnoideum</i> en parcelas de 20 metros (%) | -0,5 | 0,45 | -0,2344 |

R: Coeficiente de correlación de Spearman, R²: Coeficiente de determinación.

7. Discusión

7.1. Cambios en la regeneración natural de especies arbóreas y arbustivas presentes en el matorral andino afectado por incendios forestales

El entendimiento de los cambios temporales de la vegetación luego de sufrir perturbaciones es esencial para conocer la abundancia, riqueza y estado de la regeneración natural en procesos de sucesión natural (Aguirre et al., 2013; Noble y Slatyer, 1980). Una manera de conocer los cambios en la composición florística de la regeneración natural del matorral andino se realizó mediante la aplicación del índice de similitud de Sorensen, el cual mide la similitud entre dos muestras (Moreno, 2001; Aguirre, 2019), por lo que, entre la medición 1 y 2 la composición fue prácticamente similar para las tres categorías y tipo de estrato, es decir, existió un alto número de especies compartidas en el periodo evaluado, lo que puede ser resultado del tiempo de medición que fue un año. Esto es ratificado por Iturre et al. (2021) quienes mencionan que el periodo de tiempo como mínimo para conocer más sobre la dinámica de la vegetación y tener una mejor confiabilidad en las estimaciones es de 20 años. No obstante, para la regeneración natural se registró un mínimo recambio de especies entre ambas mediciones, dado por una especie, lo que podría obedecer a que el matorral andino se encuentra en un proceso de sucesión natural (Muñoz-Chamba et al., 2022; Mora et al., 2019).

7.1.1. *Diversidad y composición de la regeneración natural*

La diversidad específica de la regeneración natural del matorral andino en la medición 2 fue media, según el índice de Shannon, similar a lo reportado en la medición 1 (Muñoz-Chamba et al., 2022). El transcurso del tiempo para ecosistemas alterados por incendios es un elemento clave para comprender la sucesión natural de estos ecosistemas y la trayectoria en composición que podrían asumir (Galindo et al., 2021); lo que es sostenido por Graciano et al. (2018), al mencionar que la vegetación en áreas quemadas se va haciendo florísticamente diferente a las áreas no perturbadas conforme transcurre el tiempo.

Los cambios registrados en diversidad para la regeneración natural del matorral andino no mostraron diferencias significativas, sin embargo se evidenció una mayor dinámica en las abundancias de las especies y mínima en la riqueza específica, lo que podría ser un efecto de la intensidad moderada del incendio forestal ocurrido en el año 2017 (Sarango et al., 2019), pues

Fernández et al. (2016) y Verzino et al. (2005) sostienen que la velocidad de recuperación de la vegetación luego de un incendio forestal está determinada por la intensidad del fuego, clima y topografía. Investigaciones de Larsen et al. (2019) y Lima et al. (2018) indican la importancia del tiempo en la recuperación de la vegetación y diversidad en ecosistema alterados, lo que pudiera argumentar la idea de que encontrar diferencias en la composición y diversidad de la regeneración natural del matorral andino puede ser evidenciado con mayor claridad en periodos de medición más amplios; así como también, ante la ocurrencia de algún tipo de disturbio (Galindo et al., 2021).

La composición florística de la regeneración natural presente en el matorral andino en la medición 2 estuvo constituida por 957 individuos en 33 especies, 31 géneros y 21 familias; mientras que, en la medición 1 se registró 1088 individuos en 32 especies, 30 géneros y 20 familias (Muñoz-Chamba et al., 2022), resultados que ratifican la ocurrencia de una dinámica mayor en las abundancias de las especies. Una respuesta a estos cambios encontrados puede ser por la alteración que se produce durante las mediciones pues este ecosistema es muy denso y dominado por *Pteridium arachnoideum* (Muñoz-Chamba et al., 2022), donde es necesario abrir claros para la movilización, lo que crea condiciones micro ambientales que estimula la germinación, crecimiento y establecimiento de unas especies y perjudicando a otras (Corredor y Vargas, 2007).

7.1.2. Parámetros estructurales

La estructura de la regeneración natural en la medición 2 estuvo definida principalmente por las especies arbóreas *Clethra fimbriata* y *Myrsine andina* y especies arbustivas como *Dendrophorbium scytophyllum* y *Tibouchina laxa*, resultados similares a los reportados por Muñoz-Chamba et al. (2022) en la medición 1. Con el primer monitoreo de la regeneración del matorral andino se ratifica la dominancia en abundancia y riqueza de especies arbustivas, lo que es justificado por Bran et al. (2007) al mencionar que los arbustos requieren de ciclos más cortos para producir semilla y aparecen más rápidos en espacios libres. La investigación de Gómez et al. (2009) mencionan resultados similares a la presente investigación al reportar bajo una plantación de pino al estrato arbustivo como el de mayor dominancia en la composición florística seguido de hierbas y árboles.

Un aspecto importante de destacar en esta investigación es la presencia de regeneración de especies arbóreas con abundancias mayores a los individuos adultos, lo que podría constituir un indicador de recuperación de vegetación arbórea con procesos de germinación y brotamiento de

estas especies beneficiadas por el incendio (Gómez y Hahn, 2017; Verzino et al., 2005). Es importante mencionar que, la regeneración arbórea con mayor IVIs en el matorral también es considerada como representativa en otros ecosistemas del PUFVC pues están presentes en ecosistemas como el bosque andino (Muñoz-Chamba et al., 2022), sucesión natural bajo plantaciones de *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus* (Aguirre et al., 2019a) y áreas de páramo antrópico (Tillaguango, 2023; Sarango et al., 2019).

7.1.3. Crecimiento de la regeneración natural

El crecimiento de la regeneración natural de especies arbustivas y arbóreas, entre la medición 1 y 2, experimentó crecimientos positivos en todas las categorías evaluadas, en especial los arbustos que en promedio registraron un crecimiento mayor a los árboles, en especial para la categoría brinzal. La justificación a un crecimiento mayor de los arbustos es dada por Bran et al. (2007) y Lamprecht (1990) quienes sostienen que las especies arbóreas tiene un crecimiento más lento que los arbustos, precisamente porque estos últimos tienen periodos de vida menores. El crecimiento de la regeneración natural registrado constituye la base para la continuidad de las especies y la comunidad vegetal (Patiño et al., 2022), el mismo que está asociado a una serie de factores como los nutrientes del suelo y clima (Norden, 2014), la presencia de especies invasoras (Martínez y García, 2007) y presencia de claros, aunque no es una variable significativa (Gobbi, 2007).

7.1.4. Supervivencia y mortalidad

La supervivencia de la regeneración del matorral en el PUFVC, ente la medición 1 y 2, fue alta en todas las categorías. Pocas fueron las especies que experimentaron mortalidad, en especial ocurrió en las de mayor abundancia como *Clethra fimbriata*, *Dendrophorbium scytophyllum*, *Lepechinia mutica* y *Hesperomeles obtusifolia*, y en la categoría brinzal lo que pudiera obedecer a la alta competencia con especies pioneras invasoras presentes en el matorral. Estos resultados, constituyen una variable muy importante para el monitoreo de la sucesión y podrían constituir el inicio de la selección de especies para recuperar áreas afectadas por incendios (González et al., 2023). De acuerdo a Gomide et al. (2002) en la categoría de latizales empieza a disminuir la mortalidad cuando empieza a aumentar su diámetro por lo que se mantiene constante el número de individuos con el paso de tiempo.

7.1.5. Reclutamiento

En cuanto al reclutamiento, el ingreso de 11 individuos en la categoría plántula, ratifica el estado sucesional que atraviesa el matorral del PUFVC (Muñoz-Chamba et al., 2022), el mismo que según Mosquera et al. (2009) es producto de una superación de factores o barreras indirectas del fuego, manifestadas a mediano y largo plazo. Adicionalmente, se evidenció el recambio de individuos de una categoría a otra, lo que podría ser resultado de la fisiología de las especies y su adaptación a las condiciones ambientales y ecológicas presentes en el matorral andino (Muñoz, 2017; Madrigal et al., 2011; Mosquera, et al., 2009).

El recambio de individuos de una categoría a otra según Lamprecht (1990) ocurre cuando la vegetación comienza a estructurarse dentro de los ecosistemas para ocupar posiciones importantes. En el estudio de Galindo et al. (2021), reportan que el reclutamiento de individuos regeneración natural en áreas de restauración empieza a evidenciarse a los 8 años de ocurrido el disturbio, lo que implica periodos de tiempo largos. Por otra parte, Laser et al. (2019) en un periodo de dos años registran un reclutamiento de regeneración natural mayor al del presente estudio, esto como producto de un tiempo de evaluación superior.

7.2. Análisis del efecto de variables ambientales sobre la regeneración natural de especies arbóreas y arbustivas del matorral andino afectado por incendios forestales

Las condiciones ambientales donde se desarrolla la regeneración natural podrían explicar la presencia y ausencia de las especies, en especial sobre su abundancia (Muñoz, 2017; Mosquera, et al., 2009, Pérez-Ramos, 2007). En varios estudios de regeneración natural no se ha encontrado correlaciones altas con variables climáticas como temperatura y precipitación (Armijos, 2021; Aguirre et al., 2020; León, 2014; Sánchez et al., 2011) lo que podría obedecer a que este tipo de variables tienen mayor influencia sobre las especies a escalas globales y regionales, en cambio a escalas más locales es mejor considerar variables a nivel de micrositio como la vegetación, condiciones de suelo, entre otros (Flores et al., 2022; Quiroga, 2009, Kangting et al., 2023).

7.2.1. Apertura de dosel

En el caso de la variable apertura de dosel, no se registró asociación alguna con la abundancia de la regeneración natural de plántulas, brinzales y latizales, tanto para especies

arbustivas y arbóreas, lo que podría obedecer a las condiciones de la estructura de la vegetación del matorral, que presenta una altura promedio de dos metros (Muñoz-Chamba et al., 2022), donde la luz pudiera no ser una barrera para la regeneración o porque el actual dosel del matorral andino no está generando microclimas que ayudan a la abundancia de la regeneración pero si a su desarrollo y establecimiento (Valladares, 2006). Los criterios sobre la influencia de esta variable sobre la regeneración son diversos, por ejemplo Di Stefano y Fournier (2009) mencionan la influencia de esta variable sobre la regeneración, quienes sostienen que en aperturas intermedias de dosel existe mayor abundancia que en aperturas de dosel cerradas; y, Gobbi (2007) indica que probablemente los ecosistemas con dosel cerrado presentan refugio con condiciones más estables para la sobrevivencia de las plántulas; por otra parte, León (2014) sostiene que en plantaciones de *Pinus patula* y rodales de *Alnus acuminata* no existe correlación entre la apertura de dosel y la regeneración natural, de la misma forma Aguirre et al. (2020) reportan que la luminosidad bajo una plantación *Pinus radiata* tiene una correlación negativa y moderadamente débil no significativa sobre el número de individuos de la regeneración natural.

7.2.2. Profundidad de la capa orgánica

En cuanto a la profundidad de la capa orgánica y su influencia sobre la abundancia de la regeneración natural, ésta presentó una correlación escasa y nula con las plántulas, brinzales y latizales, tanto para especies arbustivas y arbóreas. En comparación con otros estudios los resultados son diversos, por ejemplo, Armijos (2021) encontró una asociación escasa en un bosque montano, Aguirre et al. (2020) bajo una plantación de *Pinus radiata* reportó una asociación negativa débil, Kangting et al. (2023) manifiestan que el factor suelo presenta asociaciones negativas en la diversidad de la regeneración natural y Sánchez et al. (2011) quienes no encontraron correlaciones. Por su parte, Pando et al. (2018), Gaspar et al. (2015) y Portela y Dos Santos (2009) sostienen que el grosor de la capa orgánica es un factor que ayuda en el establecimiento y desarrollo de las plántulas, donde la descomposición de la hojarasca enriquece la fertilidad del suelo integrando diferentes nutrientes según el material que la componga, además de la presencia de organismos, condiciones climáticas, tipo de vegetación y el estado de sucesión. Por su parte, Muñoz (2017) menciona que la capa de hojarasca en el bosque podría ser una limitante para el establecimiento de las especies, aunque, estas logran germinar en lugares inhóspitos.

7.2.3. Pendiente

La variable pendiente presentó una asociación negativa entre fuerte y perfecta con la regeneración natural del estrato arbóreo, donde la vegetación se encuentra desarrollándose en pendientes muy escarpadas. Los criterios sobre la influencia de esta variable sobre la regeneración son diversos, Espinoza (2020) menciona resultados similares con la presente investigación al sostener que la pendiente tiene una correlación fuerte con el número de individuos de la categoría de latizal; por el contrario, Aguirre et al. (2020) y Armijos (2021) reportaron asociaciones negativas o casi nulas entre la abundancia de regeneración y la pendiente, en especial para especies forestales. Por otra parte, Flores et al. (2022) evidencia una correlación no significativa entre regeneración y pendiente, Kangting et al. (2023) menciona la topografía del terreno sobre la densidad de la regeneración tiene una relación positiva; y, Díaz et al. (2012) mencionan que la pendiente y altitud son factores que influye en la distribución y la disminución de la vegetación.

7.2.4. Cobertura de suelo

En relación con la cobertura de suelo dado por hojarasca y su influencia sobre la regeneración natural, los resultados del presente trabajo muestran diversas asociaciones con las categorías evaluadas, con excepción de plántulas de árboles y arbustos. Para los brinzales se encontró una asociación negativa moderada y débil para el estrato arbóreo y arbustivo respectivamente; y, en la categoría latizal para el estrato arbóreo presentó una asociación negativa entre fuerte y perfecta. En comparación a otros estudios, Sánchez et al. (2011) no encuentra correlación entre la cobertura de hojarasca y la abundancia y riqueza de la regeneración, no obstante, reconoce la importancia de este variable en la acumulación de semillas y retención de la humedad del suelo, aspectos importantes para el desarrollo y establecimiento de plantas.

7.2.5. Cobertura de *Pteridium arachnoideum*

Con respecto a la cobertura de *Pteridium arachnoideum*, se encontró una asociación negativa escasa y débil con la abundancia de la regeneración de plántulas, brinzales y latizales, en árboles y arbustos. Estos resultados coinciden con los reportados por Tillaguango (2023) quien menciona que la presencia de *Pteridium arachnoideum* no influye en la abundancia y la riqueza de las especies en el páramo, por lo tanto, permiten inferir que en las condiciones actuales del matorral andino la abundancia de la regeneración natural es independiente a la presencia de *P.*

arachnoideum, esto posiblemente se trata de individuos ya establecidos que, en muchos de los casos tienen mayor altura que los individuos de *Pteridium arachnoideum*. Es importante recordar que en algunas investigaciones realizadas por Castro et al. (2020), Ramírez et al. (2007) y Hartig y Beck (2003) sostienen que la presencia de *Pteridium arachnoideum* tiene influencia negativa en el establecimiento de las plántulas por competencia de nutrientes.

8. Conclusiones

Los cambios de la regeneración natural en el matorral andino del PUFVC en cuanto a la abundancia y diversidad, después de un año de monitoreo, estuvieron presentes, pero no fueron representativos. La riqueza y diversidad de la regeneración entre ambas mediciones se mantuvo casi similar con un alto número de especies compartidas y la abundancia experimentó una disminución, lo que permite inferir que, a nivel de regeneración, principalmente diversidad, los cambios son lentos bajo las actuales condiciones biofísicas presentes en el matorral andino.

La regeneración natural durante el periodo de evaluación experimentó un crecimiento no significativo en alturas y diámetros, pero dicho crecimiento garantizaría el paso de individuos de una categoría de regeneración a otra, en algún momento y, con ello cambios en la estructura de la vegetación, los cuales podrían suceder a largo plazo.

La sobrevivencia de la regeneración natural del matorral andino entre las dos mediciones fue alta en todas las categorías, lo que indica condiciones biofísicas adecuadas y estables para las especies. Las especies que experimentaron mortalidad son *Clethra fimbriata*, *Dendrophorbium scytophyllum*, *Lepechinia mutica* y *Hesperomeles obtusifolia*, en especial en la categoría brinzal, como producto de la competencia inter e intraespecífica de la regeneración, al ser la categoría más abundante.

El reclutamiento de nuevas plántulas de regeneración natural entre las dos mediciones sugiere la preferencia de condiciones biofísicas que tienen ciertas especies como *Baccharis* sp.1 y *Dendrophorbium scytophyllum* que fueron las de mayor ingreso de individuos.

De manera general, no se encontraron correlaciones significativas entre la regeneración natural y las variables estudiadas, con excepción de la pendiente y la cobertura de suelo con latizales de árboles, por lo que las variables ambientales analizadas no explican la abundancia de la regeneración natural en su conjunto, lo que demuestra la preferencia particular de las especies a sitios con condiciones biofísicas particulares, por lo que el manejo de estas variables pudiera ser una opción para favorecer la regeneración de especies arbóreas y la recuperación de estos ecosistemas.

9. Recomendaciones

Realizar actividades de monitoreo de la regeneración natural del matorral andino del PUFVC a largo plazo, para contar con bases que ayuden a entender la dinámica de la regeneración y, así contar con mejor conocimiento de los cambios presentes en la vegetación del matorral.

Realizar estudios experimentales en el matorral andino relacionadas con el manejo de las variables ambientales como apertura de dosel, remoción de hojarasca y manejo de cobertura de *Pteridium arachnoideum* “llashipa” que favorezca la regeneración natural y acelerar la sucesión del matorral.

Investigar la asociación de la abundancia de la regeneración natural con variables de suelo como textura, profundidad, nutrientes, humedad del suelo para conocer si estas influyen o no en los procesos en la regeneración natural.

10. Bibliografía

- Aguirre, N., Torres, J., y Velasco P. (2013). *Guía para la restauración ecológica en los páramos del Antisana*. Fondo de protección del agua, 9-13. <https://bit.ly/3n7C8yG>
- Aguirre, Z., Gaona, T. y Yaguana, C. (2016). *Parque universitario de educación ambiental y recreación Ing. Francisco Vivar Castro*. Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador.
<https://n9.cl/6867w>
- Aguirre, Z. (2019). *Métodos para medir la biodiversidad*. Loja, Ecuador. Universidad Nacional de Loja.
<https://n9.cl/30ms6>
- Aguirre, Z., Díaz, E., Muñoz, J. y Muñoz-Chamba L. (2019a). Sucesión natural bajo plantaciones de *Pinus radiata* D. Don (Pinaceae) y *Eucalyptus globulus* Labill. (Myrtaceae), en el sur del Ecuador. *Arnaldoa*. 26(3), 943-964.
<http://www.scielo.org.pe/pdf/arnal/v26n3/a06v26n3.pdf>
- Aguirre, Z., Gaona, T., Granda, V. y Carrión, J. (2019b). Sobrevivencia, mortalidad y crecimiento de tres especies forestales plantadas en matorral andino en el sur del Ecuador. Loja, Ecuador. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*. 7(3), 325-340
<http://scielo.sld.cu/pdf/cfp/v7n3/2310-3469-cfp-7-03-325.pdf>
- Aguirre, N., Gaona, T. y Samaniego C. (2019). Valoración ecológica y económica del Parque Universitario Francisco Vivar Castro. Loja, Ecuador. *Arnaldoa*, 26(1), 305-324.
<https://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.261.26114>
- Aguirre, Z., González, L., Jaramillo, N. y Peña, J. (2020). Monitoreo de la sucesión de especies vegetales leñosos bajo una plantación de *Pinus radiata* D. Don, en el parque universitario “Francisco Vivar Castro”, provincia de Loja, Ecuador. *South Florida Journal of Development*, 2(1), 1018-1039
<https://ojs.southfloridapublishing.com/ojs/index.php/jdev/article/view/198/199>
- Alcaraz, F. (2013). *Sucesión sin dinámica*. España: Universidad de Murcia.
- Armijos, C. (2021). *Diversidad florística y factores asociados a la abundancia de la regeneración natural del bosque montano del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Loja].

- <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/23940/1/C%20c3%a9sar%20Fernando%20Armijos%20Labanda.pdf>
- Atilio de la Orden, E. (2013). *Tendencias esperadas. San Fernando del Valle de Catamarca*. Científica Universitaria de Catamarca. <https://n9.cl/jf3uf>
- Aus der Beek, R. (1992). *Manejo forestal basado en la regeneración natural del bosque: Estudio de caso en los robledales de altura del Cordillera de Talamanca, Costa Rica* (Vol. 200). Bib. Orton IICA/CATIE. <https://bit.ly/42rlv17>
- Bran, D., Cecchi, G., Gaitán, J., Ayesa, J., y López, C. (2007). Efecto de la severidad de quemado sobre la regeneración de la vegetación en el Monte Austral. *Ecología austral*, 17(1), 123-131. <https://bit.ly/3TtDCQ1>
- Carrasco, V. y Tovar, E. (2006). Recuperación de ambientes perturbados. *Narraciones de la ciencia*. 2(4). <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2540912.pdf>
- Carrasco, Y. y Núñez, M. (2019). Los incendios forestales y su impacto ambiental en las reservas ecológicas. *Ciencia digital*. 3(3). <https://bit.ly/3JAqPXd>
- Castillo, P. y Peña, E. (2003). Incendios forestales y medio ambiente: una síntesis global. *Revista ambiente y desarrollo de CIPMA*. 19(3-4). <https://bit.ly/3LFAI8T>
- Comisión Nacional Forestal (2010). *Incendios forestales. Guía práctica para comunicadores*. <https://n9.cl/gnlx>
- Corredor, S. y Vargas, O. (2007). *Efectos de la creación de claros experimentales con diferentes densidades, sobre los patrones iniciales de sucesión vegetal en plantaciones de Pinus patula*. 336–352. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Departamento de Biología, Bogotá. <https://bit.ly/40OVkR9>
- Castro, A., Gil, P. y Morales, M. (2020). Vegetación asociada con helechales en el Parque Nacional Serranía de los Yariguies, Colombia. *Revista de Biología Tropical*. 68(4). <https://bit.ly/42w2xX6>
- Chauvín, S. (2007). *La biodiversidad en los ecosistemas*. Buenos Aires: Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la Nación.
- Díaz, V., Ramírez J. y Pérez D. (2012). Distribución y abundancia de las especies arbóreas y arbustivas en la sierra fría, Aguascalientes, México. *Polibotánica*. (34), 99-126. <https://www.redalyc.org/pdf/621/62123051004.pdf>

- Di Stefano J. y Fournier, L. (2009). Regeneración natural de plantas leñosas en una plantación costarricense de *Vochysia guatemalensis* (Vochysiaceae) y el efecto de la fertilización con P y NPK. *Revista de Biología Tropical*, 57(1), 111-118. <https://bit.ly/42qFOvI>
- Dosantos, E. y Alván, J. (2010). Regeneración de un bosque natural de terraza alfa con fines de manejo, carretera Iquitos-Nauta, Loreto, Perú. *Conoc. Amaz.* 1(1) 33-40
- Espinoza, F. (2020). *Dinámica sucesional de especies vegetales leñosas nativas bajo la plantación de Eucalyptus globulus Labill., en el Parque Universitario "Francisco Vivar Castro", Provincia de Loja, Ecuador.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/23688/1/Francis%20David%20Espinoza%20Ami.pdf>
- Fernández, F., Velasco V., Guerrero, J., Galvis, M. y Neri, A. (2016). Recuperación ecológica de áreas afectadas por un incendio forestal en la microcuenca Tintales (Boyacá, Colombia). Colombia. *Colombia Forestal*, 19(2), 143-160 <https://www.redalyc.org/journal/4239/423946648002/html/>
- Ferriol, M. (2016). *La sucesión vegetal.* Universitat Politècnica de València. <https://n9.cl/lfshp>
- Flores, A., Flores, J., González, D., Gallegos, A., Zarazúa, P., Mena, S., Lomelí, M., y Cadena, D. (2022). Variables ambientales que determinan la regeneración natural de pinos en ecosistemas alterados por incendios. *Ecología Aplicada*, 21(1), 25-33. <https://dx.doi.org/10.21704/rea.v21i1.1872>
- Galindo, N., Bannister, J. y Laage, K. (2021). Monitoreo a corto y largo plazo en ensayos de restauración de la conífera longeva y de lento crecimiento *Pilgerodendron uviferum*. *Bosque* 42(2): 217-229, DOI: 10.4067/S0717-92002021000200217
- Gaspar, E., González, M., Ramírez, N. y Álvarez, J. (2015). Acumulación y descomposición de hojarasca en bosques secundarios del sur de la Sierra madre de Chiapas, México. *Bosque (Valdivia)* 36 (3). Numero de paginas https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-92002015000300013
- Gil, J. (1999). *Incendios Forestales: Causas y Efectos.* Lima, Perú- SERNANP. <https://xdoc.mx/preview/incendios-forestales-causas-y-efectos-607519a34680c>
- Gobbi, M. (2007). Condiciones de micrositio para juveniles de *Austrocedrus chilensis* y respuesta a intervenciones extractivas. *Bosque (Valdivia)*, 28(1), 50-56.

- <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002007000100008>
- Gómez, P. y Hahn, S. (2017). Regeneración postincendio de plantas leñosas en plantaciones de *Pinus radiata* D. Don, zona costera, Región del Maule, Chile. *Gayana Botánica*, 74(2).
https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-66432017000200302&script=sci_arttext
- Gómez, P., Han, S. y San, M. (2009). Estructura y composición florística de un matorral bajo plantaciones de *Pinus radiata* D. DON en Chile central. *Gayana Botánica*, 66(2), 256-268.
<https://dx.doi.org/10.4067/S0717-66432009000200010>
- Gomide, G., Finegan, B., Sanquetta, C. y Silva, J. (2002). *Cambios en la estructura, patrones de reclutamiento y mortalidad en dos bosques secundarios neotropicales durante la segunda fase de sucesión*. Simpósio Internacional da IUFRO
<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/403400/1/Cambios.pdf>
- González, P. (2017). *Impacto de los Incendios Forestales en Suelo, Agua, Vegetación y Fauna*. Santiago, Chile. <https://n9.cl/nnyxj>
- González, L. Muñoz Chamba, L. y Aguirre, Z. (2023). Monitoreo del crecimiento en un ensayo de restauración de matorral andino en la hoya de Loja, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 13(1), 68 - 82. <https://doi.org/10.54753/blc.v13i1.1735>
- Graciano, G., Alanís, E., Aguirre, O., Rubio, E., y González, E. (2018). *Estructura y diversidad postincendio en un área del matorral espinoso tamaulipeco*. *Polibotánica*, 45(23), 89-100.
<https://doi.org/10.18387/polibotanica.45.7>
- Hartig, K. y Beck, E. (2003). The bracken fern (*Pteridium arachnoideum* (Kaulf.) Maxon) Dilemma in the Andes of southern Ecuador. *Ecotropica* (9), 3–13.
<https://www.soctropecol.eu/publications/pdf/9%201-2/Hartig,%20Beck,%202003.pdf>
- Iturre, M., Araujo, A., Rueda, V. y Pece, G. (2021). Reclutamiento y mortalidad de las principales especies arbóreas del chaco Semiárido, Argentina. Quebracho. *Revista de Ciencias Forestales*, 28(2), 134-144.
<https://www.redalyc.org/journal/481/48170468005/html/>
- Kangting, L., Zhou, M., Ding, Y., Runguo, Z., Yao, J., Luo, Y. y Dongfeng, Y. (2023). Regeneration characteristics and influencing factors of woody plant on natural evergreen secondary broad-leaved forests in the subtropical, China. *Global Ecology and Conservation*. 42. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2023.e02394>
- Lamprecht, H. (1990). *Silvicultura en los trópicos: los ecosistemas forestales en los bosques*

- tropicales y sus especies arbóreas; posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido*. Traducción del Alemán por Antonio Carrillo. Alemania, GTZ. 335 p.
- Larsen, J., Duarte, E., Brixner, J., Pizutti, J., Monteiro, L., Neto, G., Rodrigues, L., Lima, C., da-Silva, A. Y Higuchi, P. (2019). Variación espacio-temporal de la regeneración natural arbórea y arbustiva de bosque de alta montaña en etapa inicial de desarrollo en el sur de Brasil. *Bosque (Valdivia)*, 40(2), 185-193.
<https://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002019000200185>
- León, K. (2014). *Evaluación de la influencia de la luz en la Regeneración natural de especies leñosas bajo Plantaciones de pino (Pinus patula) y rodales Naturales de aliso (Alnus acuminata) en bosques Montanos de la región sur del Ecuador*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Loja].
[https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/12345/1/Karina%20Maricela%20Le%
%c3%b3n%20Zumba.pdf](https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/12345/1/Karina%20Maricela%20Le%c3%b3n%20Zumba.pdf)
- Lima, A., Armijos, J., Jaramillo, N., y Peña, J. (2018) Regeneración natural en zonas alteradas e identificación de especies forestales potenciales para recuperación hídrica en la microcuenca del río Jipiro, Loja, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 8(2), 51 - 63.
- López, R. (2012). Percepción social del fuego forestal y su ecología: la necesidad de un cambio de orientación. *Foresta* (56), 46-55. <https://bit.ly/3JT0mFV>
- Madrigal, J., Hernando, C. y Guijarro, M. (2011). *El papel de la regeneración natural de la restauración tras grandes incendios forestales: el caso del pino negral*. CIFOR-INIA. (10),5-22. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3868144>
- Martínez, C., Juan I., León K. y Hernández, M. (2022). La regeneración del bosque después de incendio. *Inventio. La génesis de la cultura universitaria en Morelos*. 18(44)
<http://inventio.uaem.mx/index.php/inventio/article/view/676/904>
- Martínez, M. y García X. (2007). Sucesión ecológica y restauración de las selvas húmedas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. (80), 69-84.
<https://www.redalyc.org/pdf/577/57708008.pdf>
- Martínez, R., Tuya, L., Martínez, M., Pérez, A. y Cánovas, A. (2009). El coeficiente de correlación de los rangos de Spearman caracterización. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 8(2)
<https://bit.ly/3lsaAnj>
- Mataix, J. y Cerda, A. (2009). *Incendios forestales en España. Ecosistemas terrestres y suelos*.

- <https://bit.ly/40pIDeu>
- Ministerio del Ambiente de Ecuador [MAE]. (2013). *Sistema de clasificación de ecosistemas del Ecuador continental*. Quito, Ecuador.
- https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEYENDA-ECOSISTEMAS_ECUADOR_2.pdf
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2015). *Quinto Informe Nacional para el Convenio sobre la Diversidad Biológica*. Quito, Ecuador.
- <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/06/QUINTO-INFORME-BAJA-FINAL-19.06.2015.pdf>
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica [MAATE]. (2021). *BOLETÍN. Estadísticas de incendios forestales -2021*. Dirección de información Ambiental y del Agua.
- <https://nextcloud.ambiente.gob.ec/index.php/s/PL5qEjzczNNZNyt>
- Mosquera, H., Ibarquien, R. y Ramos, Y. (2009). Mortalidad y reclutamiento de árboles en un bosque pluvial tropical de Chocó (Colombia). *Revista Facultad Nacional de Agronomía*. 62(1): 4855-4868. <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v62n1/a13v62n1.pdf>
- Moreno, C. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T-Manuales y Tesis SEA, vol 1. Zaragoza, 84 pp.
- <http://entomologia.rediris.es/sea/manytas/metodos.pdf>
- Muñoz, J. (2017). Regeneración Natural: Una revisión de los aspectos ecológicos en el bosque tropical de montaña del sur del Ecuador. *Bosque Latitud Cero*. 7(2), 130-143
- <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/download/326/294>
- Muñoz-Chamba, L., Ulloa, E., Muñoz J. y Aguirre Z. (2022). Composición y diversidad florística del matorral andino afectado por incendios forestales en el sur del Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 12(2), 1-25. <https://doi.org/10.54753/blc.v12i2.1616>
- Muñoz, J., García, A., y Alanís, R. (2012). Colonización y sucesión vegetal en el fondo de una barranca afectada por flujos hidrovulcánicos recientes: la barranca Huiloac. *Ería*, (87), 19–37.
- Nasi, R., Meijaard, E., Applegate, G. y Moore, P. (2022). *Diversidad biológica forestal*. FAO.
- <https://www.fao.org/3/y3582s/y3582s08.htm>
- Norden, N. (2014) Del porqué la regeneración natural es tan importante para la coexistencia de especies en los bosques tropicales. *Colombia Forestal*, 17(2), 247-261.

- <http://www.scielo.org.co/pdf/cofo/v17n2/v17n2a09.pdf>
- Ocampo, K. y Bravo, S. (2019). Reclutamiento de especies leñosas en bosques tropicales expuestos a incendios. *Ecosistemas*. 28(1),106-117. Doi.: 10.7818/ECOS.1642
- Orozco, L. y Brumer, C. (2002). *Inventarios forestales para bosques latifoliados en América central*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica.
- Palomeque, E., Corral, J., Monreal, S., Ramírez, R., Flores, M., López, R., González, J. y Salaya, A. (2020). *Incendios forestales*. México. Reforesta.
- https://www.researchgate.net/publication/340903643_INCENDIOS_FORESTALES
- Pando, M., Mendoza, D., Cuellar, G. y Jurado, E. (2018). Descomposición de la hojarasca del matorral espinoso Tamaulipeco y de una especie vegetal introducida. *Revista mexicana de ciencias forestales*. 9(50)
- https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322018000600174
- Pardos, M., Bravo, F., Gordo, F., Montero, G. y Calama, R. (2012). *La regeneración natural de los pinares en los arenales de la Meseta Castellana*. Instituto Universitario de Investigación en Gestión Forestal Sostenible (Universidad de Valladolid-INIA). Valladolid. (17-36)
- http://sostenible.palencia.uva.es/system/files/publicaciones/2012_PardosBravoetal_InvestigacionRegeneracionNaturalMasasForestales_BD.pdf
- Patiño, A., Alanís, E., Molina, V., Jurado, E., González, H., Aguirre, O., Collantes, A., (2022). Regeneración natural en un área restaurada del matorral espinoso tamaulipeco del noreste de México. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 9(1).
- <https://doi.org/10.19136/era.a9n1.2853>
- Pérez, P., López, F., García, F., Cueva, P. y Gonzales, A. (2013). Procesos de regeneración natural en bosques de encinos: factores facilitadores y limitantes. *Revista Biológicas*. (1), 18-24
- <https://www.biologicas.umich.mx/index.php?journal=biologicas&page=article&op=view&path%5B%5D=148&path%5B%5D=pdf>
- Pérez-Ramos, I. M. (2007). Factores que condicionan la regeneración natural de especies leñosas en un bosque mediterráneo del sur de la Península Ibérica: *Ecosistemas*, 16(2),131:136
- <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/459>
- Portela, R. y Dos-Santos, F. (2009). Mortality and mechanical damage of seedlings in different size

- fragments of the Brazilian Atlantic Forest. *Tropical Ecology* 50 (2), 267-275
https://www.academia.edu/22940298/Mortality_and_mechanical_damage_of_seedlings_in_different_size_fragments_of_the_Brazilian_Atlantic_Forest
- Plana, E., Font, M. y Serra, M. (2016). *Los incendios forestales, guía para comunicadores y periodistas*. Proyecto eFIRECOM. Ediciones CTFC.
https://efirecom.ctfc.cat/docs/efirecomperiodistes_es.pdf
- Quiroga, R. (2009). *Guía metodológica para desarrollar indicadores ambientales y de desarrollo sostenible en países de América latina y el Caribe*. CEPA.
https://www.cepal.org/sites/default/files/courses/files/8_manual-61-cepal_formatoserie_color.pdf
- R, Core Team (2022). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
- Ramírez, M., Pérez, B. y Orozco A. (2007). Helechos invasores y sucesión secundaria post-fuego. *Ciencias*. (85) 18-25.
<https://www.redalyc.org/pdf/644/64408503.pdf>
- Reglamento al Código Orgánico del Ambiente [RCOA]. (2019). *Reglamento al Código Orgánico de Ambiente*. Registro oficial, suplemento 507
<https://site.inpc.gob.ec/pdfs/lotaip2020/REGLAMENTO%20AL%20CODIGO%20ORGANICO%20DEL%20AMBIENTE.pdf>
- Reyes, F., y Balcazar, C. (2021). Factores que inciden en la probabilidad de ocurrencia de incendios forestales en Ecuador. *FIGEMPA: Investigación Y Desarrollo*, 11(1), 50–60.
<https://doi.org/10.29166/revfig.v11i1.2634>
- Rojas, P. (2012). *Evaluación del manejo, cumplimiento de objetivos y actualización del plan de manejo del PUEAR*. . [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Loja].
<https://n9.cl/zv0xu>
- Sarango, J., Muñoz, J., Muñoz-Chamba, L., y Aguirre, Z. (2019). Impacto ecológico de un incendio forestal en la flora del páramo antrópico del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 9(2), 101–114.
<https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/687>
- Sánchez, B., Castillo, O. y Cámara, L. (2011). Regeneración natural de la selva alta perennifolia en el parque estatal agua blanca, Macuspana, Tabasco, México. *Polibotánica*. (32), 63-88.

- <https://www.redalyc.org/pdf/621/62119933004.pdf>
- Strickler, G. S. (1959). Use of the densiometer to estimate density of forest canopy on permanent sample plots. *US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station*.
- Tillaguango, J., Muñoz-Chamba, L., Muñoz, J., y Aguirre, Z. (2023). Caracterización poblacional de *Pteridium arachnoideum* (Kaulf.) Maxon y su vegetación asociada al páramo antrópico del sur del Ecuador. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 20(47), 40–57. <https://doi.org/10.18845/rfmk.v20i47.6820> (2023).
- Valladares, F. (2006). Disponibilidad de luz bajo el dosel de los bosques y matorrales Ibéricos estimada mediante fotografía hemisférica. *Ecología*. (20), 22-30
https://www.miteco.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_REPN%2FECO_2006_20_11_30.pdf
- Verzino, G., Joseau, J., Dorado, M., Gellert, E., Rodríguez, S. y Nóbile, R. (2005). Impacto de los incendios sobre la diversidad vegetal, sierras de Córdoba, Argentina. *Ecología Aplicada*, 4(1-2), 25-34.
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162005000100004&lng=es&tlng=es.
- Villers, M. (2006). *Incendios Forestales*. Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México
<https://www.redalyc.org/pdf/644/64408110.pdf>

11. Anexos

Anexo 1. Cálculos realizados para determinar el Índice de Shannon por estrato y categoría de la regeneración natural.

| Especie | Número de individuos | Pi(n/N) | LnPi | Pi*LnPi | Shannon |
|--|----------------------|---------|--------|---------|---------|
| Arbóreo | | | | | |
| Plántula | | | | | |
| <i>Clethra fimbriata</i> Kunth | 16 | 0,64 | -0,45 | -0,286 | |
| <i>Hesperomeles obtusifolia</i> (Pers.) Lindl. | 3 | 0,12 | -2,12 | -0,254 | |
| <i>Morella pubescens</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Wilbur | 1 | 0,04 | -3,22 | -0,129 | 1,091 |
| <i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly | 4 | 0,16 | -1,83 | -0,293 | |
| <i>Viburnum triphyllum</i> Benth. | 1 | 0,04 | -3,22 | -0,129 | |
| Brinzal | | | | | |
| <i>Alnus acuminata</i> Kunth | 4 | 0,014 | -4,27 | -0,060 | |
| <i>Axinaea macrophylla</i> (Naudin) Triana | 1 | 0,003 | -5,66 | -0,020 | |
| <i>Cinchona officinalis</i> L. | 1 | 0,003 | -5,66 | -0,020 | |
| <i>Clethra fimbriata</i> Kunth | 155 | 0,540 | -0,62 | -0,333 | |
| <i>Clusia</i> sp. 1 | 1 | 0,003 | -5,66 | -0,020 | |
| <i>Hedyosmum scabrum</i> (Ruiz & Pav.) Solms | 1 | 0,003 | -5,66 | -0,020 | |
| <i>Hesperomeles obtusifolia</i> (Pers.) Lindl. | 17 | 0,059 | -2,83 | -0,167 | |
| <i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly | 89 | 0,310 | -1,17 | -0,363 | 1,277 |
| <i>Oreopanax rosei</i> Harms | 1 | 0,003 | -5,66 | -0,020 | |
| <i>Persea</i> sp. 1 | 1 | 0,003 | -5,66 | -0,020 | |
| <i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp | 1 | 0,003 | -5,66 | -0,020 | |
| <i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC. | 6 | 0,021 | -3,87 | -0,081 | |
| <i>Viburnum triphyllum</i> Benth. | 6 | 0,021 | -3,87 | -0,081 | |
| <i>Vismia baccifera</i> (L.) Planch. & Triana | 1 | 0,003 | -5,66 | -0,020 | |
| <i>Weinmannia fagaroides</i> Kunth | 2 | 0,007 | -4,97 | -0,035 | |
| Latizal | | | | | |
| <i>Alnus acuminata</i> Kunth | 5 | 0,05 | -2,996 | -0,150 | |
| <i>Cinchona officinalis</i> L. | 9 | 0,09 | -2,41 | -0,217 | |
| <i>Clethra fimbriata</i> Kunth | 62 | 0,62 | -0,48 | -0,296 | |
| <i>Hesperomeles obtusifolia</i> (Pers.) Lindl. | 7 | 0,07 | -2,66 | -0,186 | |
| <i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly | 2 | 0,02 | -3,91 | -0,078 | |
| <i>Oreopanax rosei</i> Harms | 4 | 0,04 | -3,22 | -0,129 | 1,422 |
| <i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC. | 1 | 0,01 | -4,61 | -0,046 | |
| <i>Viburnum triphyllum</i> Benth. | 6 | 0,06 | -2,81 | -0,169 | |
| <i>Vismia baccifera</i> (L.) Planch. & Triana | 1 | 0,01 | -4,61 | -0,046 | |
| <i>Weinmannia fagaroides</i> Kunth | 3 | 0,03 | -3,51 | -0,105 | |
| Arbustivo | | | | | |

| Plántula | | | | | |
|---|-----|-------|-------|--------|-------|
| <i>Baccharis obtusifolia</i> Kunth | 2 | 0,043 | -3,16 | -0,134 | |
| <i>Baccharis</i> sp.1 | 8 | 0,170 | -1,77 | -0,301 | |
| <i>Bejaria resinosa</i> Mutis ex L. | 1 | 0,021 | -3,85 | -0,082 | |
| <i>Cronquistianthus niveus</i> R.M. King & H. Rob | 4 | 0,085 | -2,46 | -0,210 | |
| <i>Dendrophorbium scytophyllum</i> (Kunth) C. Jeffrey | 11 | 0,234 | -1,45 | -0,340 | |
| <i>Gaultheria reticulata</i> Kunth | 9 | 0,191 | -1,65 | -0,317 | 2,120 |
| <i>Gynoxys nitida</i> Cass. | 1 | 0,021 | -3,85 | -0,082 | |
| <i>Lepechinia mutica</i> (Benth.) Epling | 2 | 0,043 | -3,16 | -0,134 | |
| <i>Palicourea</i> sp. 1 | 2 | 0,043 | -3,16 | -0,134 | |
| <i>Pappobolus acuminatus</i> (S.F. Blake) Panero | 3 | 0,064 | -2,75 | -0,176 | |
| <i>Tibouchina laxa</i> Aubl. | 4 | 0,085 | -2,46 | -0,210 | |
| Brinzal | | | | | |
| <i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers. | 1 | 0,002 | -6,21 | -0,012 | |
| <i>Baccharis obtusifolia</i> Kunth | 44 | 0,088 | -2,43 | -0,214 | |
| <i>Baccharis</i> sp.1 | 44 | 0,088 | -2,43 | -0,214 | |
| <i>Bejaria resinosa</i> Mutis ex L. | 4 | 0,008 | -4,82 | -0,039 | |
| <i>Cavendishia bracteata</i> (Ruiz & Pav.) | 3 | 0,006 | -5,11 | -0,031 | |
| <i>Clinopodium taxifolium</i> (Kunth) Govaerts | 4 | 0,008 | -4,82 | -0,039 | |
| <i>Cronquistianthus niveus</i> R.M. King & H. Rob | 1 | 0,002 | -6,21 | -0,012 | |
| <i>Dendrophorbium scytophyllum</i> (Kunth) C. Jeffrey | 136 | 0,273 | -1,30 | -0,354 | |
| <i>Desfontainia spinosa</i> Ruiz & Pav | 2 | 0,004 | -5,52 | -0,022 | 2,228 |
| <i>Gaultheria reticulata</i> Kunth | 72 | 0,145 | -1,93 | -0,280 | |
| <i>Gynoxys nitida</i> Cass. | 39 | 0,078 | -2,55 | -0,199 | |
| <i>Lepechinia mutica</i> (Benth.) Epling | 26 | 0,052 | -2,95 | -0,154 | |
| <i>Palicourea</i> sp. 1 | 17 | 0,034 | -3,38 | -0,115 | |
| <i>Pappobolus acuminatus</i> (S.F. Blake) Panero | 46 | 0,092 | -2,38 | -0,220 | |
| <i>Piper</i> sp. 1 | 5 | 0,010 | -4,60 | -0,046 | |
| <i>Solanum</i> sp. 1 | 5 | 0,010 | -4,60 | -0,046 | |
| <i>Tibouchina laxa</i> Aubl. | 49 | 0,098 | -2,32 | -0,228 | |

Anexo 2. Scripts de la prueba t-Student para la variable altura de la regeneración natural entre la medición 1 y 2.

```
# Análisis estadístico
```

```
# Comparación de medias por medio de la prueba t de Student para la variable altura de las plantas entre las mediciones 1 y 2.
```

```
# Definir directorio de trabajo
```

```
setwd("C:/Users/mineg/Documents/MITZI/9 ciclo/Tesis Base de datos/BBDD_R")
```

```
# cargar bases de datos
```

```
datos <- read.csv("crecimiento.csv", header=T)
```

```
#Datos por categoría de regeneración
```

```
plantulas <- datos [1:10,1:5]
```

```
Arbol <- datos [1:5,1:5]
```

```
Arbusto <- datos [6:10,1:5]
```

```
#brinzales <- datos [6:10,1:4]
```

```
Arbol <- datos [11:15,1:5]
```

```
Arbusto <- datos [16:20,1:5]
```

```
#latizal
```

```
latizal <- datos [21:25,1:5]
```

```
#Prueba de normalidad con Shapiro test (Plantulas)
```

```
shapiro.test(Arbol$altura.1)
```

```
shapiro.test(Arbol$altura.2)
```

```
shapiro.test(Arbusto$altura.1)
```

```
shapiro.test(Arbusto$altura.2)
```

```
#Prueba de normalidad con Shapiro test (Brinzales)
```

```
shapiro.test(Arbol$altura.1)
```

```
shapiro.test(Arbol$altura.2)
```

```
shapiro.test(Arbusto$altura.1)
```

```
shapiro.test(Arbusto$altura.2)
```

```
#Prueba de normalidad con Shapiro test (Latizales)
```

```
shapiro.test(latizal$altura.1)
```

```
shapiro.test(latizal$altura.2)
```

```
#Prueba t Student muestras plantulas
```

```
t.test(x = Arbol$altura.2, y = Arbol$altura.1, alternative = "two.sided",  
mu = 0, paired = TRUE, conf.level = 0.95)
```

```
t.test(x = Arbusto$altura.2, y = Arbusto$altura.1, alternative = "two.sided",  
mu = 0, paired = TRUE, conf.level = 0.95)
```

```
#Prueba t Student muestras Brinzales
```

```
t.test(x = Arbol$altura.2, y = Arbol$altura.1, alternative = "two.sided",  
mu = 0, paired = TRUE, conf.level = 0.95)
```

```
t.test(x = Arbusto$altura.2, y = Arbusto$altura.1, alternative = "two.sided",  
mu = 0, paired = TRUE, conf.level = 0.95)
```

```
#Prueba t Student muestras Latizales
```

```
#t.test(x = latizal$altura.2, y = latizal$altura.1, alternative = "two.sided",  
# mu = 0, paired = TRUE, conf.level = 0.95)
```

```
# Prueba Wilcoxon para la variable crecimiento en altura
```

```
wilcox.test(x= latizal$altura.2, y= latizal$altura.1)
```

Anexo 3. Scripts de Wilcoxon para las variables de altura y diámetro para la categoría de latizal entre la medición 1 y 2.

```
# Definir directorio de trabajo
```

```
setwd("C:/Users/mineg/Documents/MITZI/9 ciclo/Tesis Base de datos/BBDD_R")
```

```
# cargar bases de datos
```

```
datos <- read.csv("crecimiento en diametro.csv", header=T)
```

```
#Prueba de normalidad con Shapiro test (Latizales)
```

```
shapiro.test(datos$DAP_cm)
```

```
shapiro.test(datos$DAP_cm_2)
```

```
#Prueba t Student muestras Latizales
```

```
#t.test(x = datos$DAP_cm_2, y = datos$DAP_cm, alternative = "two.sided",
```

```
#mu = 0, paired = TRUE, conf.level = 0.95)
```

```
wilcox.test(x= datos$DAP_cm_2, y= datos$DAP_cm)
```

Anexo 4. Scripts de la prueba de correlación de Spearman entre las variables ambientales con la regeneración natural.

```
#Análisis estadístico
```

```
# Definir directorio de trabajo
```

```
setwd("C:/Users/mineg/Documents/MITZI/9 ciclo/Tesis Base de datos/BBDD_R")
```

```
# cargar bases de datos
```

```
datos <- read.csv("OBJ_2.va.csv", header=T)
```

```
datos1 <- read.csv("Pendiente.csv", header=T)
```

```
#plantulas <- datos [1:10,1:5]
```

```
Plantula <- datos [1:25,1:9]
```

```
Brinzal <- datos [26:50,1:9]
```

```
Latizal <- datos [51:55,1:9]
```

```
#Cagar libreria
```

```
library("tidyverse")
```

```
library("rstatix")
```

```
library("ggpubr")
```

```
#Normalidad de plantula < no normal > normal
```

```
shapiro.test(Plantula$AD) #0.04642
```

```
#shapiro.test(Plantula$AD2)
```

```
shapiro.test(Plantula$GH)#0.0204
```

```
shapiro.test(Plantula$Ind_arbustivo)# 2.308e-07
```

```
shapiro.test(Plantula$Ind_arboreo)# 4.666e-07
```

```
shapiro.test(Plantula$SC) # 3.076e-08
```

```
shapiro.test(Plantula$CLL)# 0.2103
```

```
#Normalidad de brinzales
```

```
shapiro.test(Brinzal$AD)
```

```
shapiro.test(Brinzal$GH)
```

```
shapiro.test(Brinzal$Ind_arbustivo)
```

```
shapiro.test(Brinzal$Ind_arboreo)
```

```

shapiro.test(Brinzal$SC)
shapiro.test(Brinzal$CLL) #> a p 0.05 con 0.8425
#Normalidad de latizal
shapiro.test(Latizal$AD) #> p 0.05
shapiro.test(Latizal$GH)
shapiro.test(Latizal$Ind_arboreo)#
shapiro.test(Latizal$SC)
shapiro.test(Latizal$CLL)

shapiro.test(datos1$Pendiente)
shapiro.test(datos1$ind)
#correlacion de spearman para plantulas
Plantula %>%
  cor_test(Ind_arboreo, AD, method = "spearman")#
#Plantula %>%
  #cor_test(Ind_arboreo, AD2, method = "spearman")#
Plantula %>%
  cor_test(Ind_arboreo, GH, method = "spearman")#
Plantula %>%
  cor_test(Ind_arboreo, SC, method = "spearman")#
Plantula %>%
  cor_test(Ind_arboreo, CLL, method = "spearman")#

Plantula %>%
  cor_test(Ind_arbustivo, AD, method = "spearman")#
Plantula %>%
  cor_test(Ind_arbustivo, AD2, method = "spearman")#
Plantula %>%
  cor_test(Ind_arbustivo, GH, method = "spearman")#
Plantula %>%
  cor_test(Ind_arbustivo, SC, method = "spearman")#

```

```

Plantula %>%
  cor_test(Ind_arbustivo, CLL, method = "spearman")#
#correlacion de spearman para brinzal
Brinzal %>%
  cor_test(Ind_arboreo, AD, method = "spearman")#
Brinzal %>%
  cor_test(Ind_arboreo, GH, method = "spearman")#
Brinzal %>%
  cor_test(Ind_arboreo, SC, method = "spearman")#
Brinzal %>%
  cor_test(Ind_arboreo, CLL, method = "spearman")#

Brinzal %>%
  cor_test(Ind_arbustivo, AD, method = "spearman")#
Brinzal %>%
  cor_test(Ind_arbustivo, GH, method = "spearman")#
Brinzal %>%
  cor_test(Ind_arbustivo, SC, method = "spearman")#
Brinzal %>%
  cor_test(Ind_arbustivo, CLL, method = "spearman")#
#correlacion de spearman para latizal
Latizal %>%
  cor_test(Ind_arboreo, AD, method = "spearman")#
Latizal %>%
  cor_test(Ind_arboreo, GH, method = "spearman")#
Latizal %>%
  cor_test(Ind_arboreo, SC, method = "spearman")#
Latizal %>%
  cor_test(Ind_arboreo, CLL, method = "spearman")#
datos1 %>%
  cor_test(ind, Pendiente, method = "spearman")#

```

```
#####
```

```
#R2 coeficiente de determinación
```

```
#Plantulas
```

```
RLM <- lm(formula(Ind_arboreo~AD),Plantula)
```

```
summary(RLM)
```

```
RLM <- lm(formula(Ind_arboreo~GH),Plantula)
```

```
summary(RLM)
```

```
RLM <- lm(formula(Ind_arboreo~SC),Plantula)
```

```
summary(RLM)
```

```
RLM <- lm(formula(Ind_arboreo~CLL),Plantula)
```

```
summary(RLM)
```

```
RLM <- lm(formula(Ind_arbustivo~AD),Plantula)
```

```
summary(RLM)
```

```
RLM <- lm(formula(Ind_arbustivo~GH),Plantula)
```

```
summary(RLM)
```

```
RLM <- lm(formula(Ind_arbustivo~SC),Plantula)
```

```
summary(RLM)
```

```
RLM <- lm(formula(Ind_arbustivo~CLL),Plantula)
```

```
summary(RLM)
```

```
#Brinzales
```

```
RLM <- lm(formula(Ind_arboreo~AD),Brinzal)
```

```
summary(RLM)
```

```
RLM <- lm(formula(Ind_arboreo~GH),Brinzal)
```

```
summary(RLM)
```

```
RLM <- lm(formula(Ind_arboreo~SC),Brinzal)
```

```
summary(RLM)
```

```
RLM <- lm(formula(Ind_arboreo~CLL),Brinzal)
```

```
summary(RLM)
```

```
RLM <- lm(formula(Ind_arbustivo~AD),Brinzal)
```

```
summary(RLM)
```

```
RLM <- lm(formula(Ind_arbustivo~GH),Brinzal)
```



```
summary(RLM)
RLM <- lm(formula(Ind_arbustivo~SC),Brinzal)
summary(RLM)
RLM <- lm(formula(Ind_arbustivo~CLL),Brinzal)
summary(RLM)
#Latizal
RLM <- lm(formula(Ind_arboreo~AD),Latizal)
summary(RLM)
RLM <- lm(formula(Ind_arboreo~GH),Latizal)
summary(RLM)
RLM <- lm(formula(Ind_arboreo~SC),Latizal)
summary(RLM)
RLM <- lm(formula(Ind_arboreo~CLL),Latizal)
summary(RLM)
RLM <- lm(formula(ind~Pendiente),datos1)
summary(RLM)
```

Anexo 5. Variables ambientales por parcelas y subparcela de la regeneración natural.

| Parcela | Sub parcela | Categoría regeneración | Apertura dosel 1,30 | Apertura dosel 0,3 | Grosor hojarasca | Suelo cubierto | Cobertura llashipa |
|----------------|--------------------|-------------------------------|----------------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------------|
| 1 | 1 | plántula | | 11,18 | 11 | 100 | 15 |
| 1 | 2 | plántula | | 39 | 4,3 | 100 | 50 |
| 1 | 3 | plántula | | 69,42 | 2,5 | 80 | 25 |
| 1 | 4 | plántula | | 8,58 | 15 | 100 | 50 |
| 1 | 5 | plántula | | 16,38 | 6,2 | 97 | 35 |
| 1 | 1 | plántula | 10,4 | | 11 | 85 | 45 |
| 1 | 2 | brinzal | 54,08 | | 4,3 | 60 | 48 |
| 1 | 3 | brinzal | 94,12 | | 2,5 | 65 | 30 |
| 1 | 4 | brinzal | 9,88 | | 15 | 88 | 65 |
| 1 | 5 | brinzal | 44,46 | | 6,2 | 93 | 47 |
| 1 | 1 | latizal | 42,59 | | 7,8 | 78,2 | 47 |
| 2 | 1 | plántula | | 22,62 | 4,8 | 90 | 5 |
| 2 | 2 | plántula | | 14,3 | 5,2 | 100 | 35 |
| 2 | 3 | plántula | | 32,76 | 7,8 | 100 | 70 |
| 2 | 4 | plántula | | 16,64 | 4,5 | 100 | 60 |
| 2 | 5 | plántula | | 15,34 | 6,2 | 91 | 20 |
| 2 | 1 | brinzal | 20,54 | | 4,8 | 86 | 55 |
| 2 | 2 | brinzal | 20,02 | | 5,2 | 96 | 50 |
| 2 | 3 | brinzal | 66,04 | | 7,8 | 87 | 67 |
| 2 | 4 | brinzal | 36,92 | | 4,5 | 97 | 53 |
| 2 | 5 | brinzal | 15,08 | | 6,2 | 96 | 42 |
| 2 | 1 | latizal | 32,99 | | 5,7 | 92,4 | 53,4 |
| 3 | 1 | plántula | | 27,25 | 12 | 100 | 36 |
| 3 | 2 | plántula | | 31,2 | 8,2 | 98 | 15 |
| 3 | 3 | plántula | | 52 | 6,6 | 100 | 30 |
| 3 | 4 | plántula | | 49,92 | 9 | 100 | 50 |
| 3 | 5 | plántula | | 65,78 | 18 | 100 | 50 |
| 3 | 1 | brinzal | 30,68 | | 12 | 95 | 10 |
| 3 | 2 | brinzal | 78,52 | | 8,2 | 93 | 50 |
| 3 | 3 | brinzal | 93,08 | | 6,6 | 97 | 70 |
| 3 | 4 | brinzal | 60,84 | | 9 | 98 | 65 |
| 3 | 5 | brinzal | 94,12 | | 18 | 100 | 23 |
| 3 | 1 | latizal | 71,448 | | 10,76 | 96,6 | 43,6 |
| 4 | 1 | plántula | | 28,34 | 4,4 | 96 | 18 |
| 4 | 2 | plántula | | 23,92 | 8,2 | 100 | 4 |
| 4 | 3 | plántula | | 32,75 | 6,8 | 100 | 12 |
| 4 | 4 | plántula | | 36,14 | 8,4 | 100 | 30 |
| 4 | 5 | plántula | | 20,28 | 7,6 | 100 | 21 |
| 4 | 1 | brinzal | 90,48 | | 4,4 | 99 | 65 |
| 4 | 2 | brinzal | 48,36 | | 8,2 | 86 | 31 |
| 4 | 3 | brinzal | 78,52 | | 6,8 | 90 | 24 |
| 4 | 4 | brinzal | 91 | | 8,4 | 91 | 45 |

| | | | | | | | |
|---|---|----------|-------|-------|------|------|------|
| 4 | 5 | brinzal | 66,56 | | 7,6 | 96 | 38 |
| 4 | 1 | latizal | 77,98 | | 7,08 | 92,4 | 40,6 |
| 5 | 1 | plántula | | 42,64 | 7,3 | 100 | 50 |
| 5 | 2 | plántula | | 16,12 | 9,4 | 100 | 6 |
| 5 | 3 | plántula | | 9,88 | 8 | 100 | 12 |
| 5 | 4 | plántula | | 40,82 | 3,4 | 100 | 20 |
| 5 | 5 | Plántula | | 11,44 | 7 | 100 | 0 |
| 5 | 1 | brinzal | 88,92 | | 7,3 | 98 | 53 |
| 5 | 2 | brinzal | 14,3 | | 9,4 | 97 | 30 |
| 5 | 3 | brinzal | 10,14 | | 8 | 95 | 48 |
| 5 | 4 | brinzal | 97,5 | | 3,4 | 100 | 80 |
| 5 | 5 | brinzal | 11,44 | | 7 | 99 | 75 |
| 5 | 1 | latizal | 46,24 | | 7,02 | 97,8 | 57,2 |

Anexo 6. Parámetros estructurales por categoría de regeneración natural del estrato arbóreo en la medición 2.

| Especie | Número de individuos | D Ind / ha | DR % | FR % | IVI % |
|---|----------------------|---------------|-----------|-----------|-----------|
| Plántula | | | | | |
| <i>Clethra fimbriata</i> Kunth | 16 | 80 | 64 | 50 | 57 |
| <i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly | 4 | 20 | 16 | 20 | 18 |
| <i>Hesperomeles obtusifolia</i> (Pers.) Lindl. | 3 | 15 | 12 | 10 | 11 |
| <i>Morella pubescens</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Wilbur | 1 | 5 | 4 | 10 | 7 |
| <i>Viburnum triphyllum</i> Benth. | 1 | 5 | 4 | 10 | 7 |
| Brinzal | | | | | |
| <i>Clethra fimbriata</i> Kunth | 155 | 775 | 54,0 1 | 15,6 3 | 34,8 2 |
| <i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly | 89 | 445 | 31,0 1 | 15,6 3 | 23,3 2 |
| <i>Hesperomeles obtusifolia</i> (Pers.) Lindl. | 17 | 85 | 5,92 | 9,38 | 7,65 |
| <i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC. | 6 | 30 | 2,09 | 12,5 | 7,3 |
| <i>Viburnum triphyllum</i> Benth. | 6 | 30 | 2,09 | 9,38 | 5,73 |
| <i>Alnus acuminata</i> Kunth | 4 | 20 | 1,39 | 6,25 | 3,82 |
| <i>Weinmannia fagaroides</i> Kunth | 2 | 10 | 0,7 | 6,25 | 3,47 |
| <i>Axinaea macrophylla</i> (Naudin) Triana | 1 | 5 | 0,35 | 3,13 | 1,74 |
| <i>Cinchona officinalis</i> L. | 1 | 5 | 0,35 | 3,13 | 1,74 |
| <i>Clusia</i> sp. 1 | 1 | 5 | 0,35 | 3,13 | 1,74 |
| <i>Hedyosmum scabrum</i> (Ruiz & Pav.) Solms | 1 | 5 | 0,35 | 3,13 | 1,74 |
| <i>Oreopanax rosei</i> Harms | 1 | 5 | 0,35 | 3,13 | 1,74 |
| <i>Persea</i> sp. 1 | 1 | 5 | 0,35 | 3,13 | 1,74 |
| <i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp | 1 | 5 | 0,35 | 3,13 | 1,74 |
| <i>Vismia baccifera</i> (L.) Planch. & Triana | 1 | 5 | 0,35 | 3,13 | 1,74 |
| Latizal | | | | | |
| <i>Clethra fimbriata</i> Kunth | 62 | 310 | 62 | 20 | 41 |
| <i>Hesperomeles obtusifolia</i> (Pers.) Lindl. | 7 | 35 | 7 | 15 | 11 |
| <i>Viburnum triphyllum</i> Benth. | 6 | 30 | 6 | 15 | 10,5 |
| <i>Cinchona officinalis</i> L. | 9 | 45 | 9 | 10 | 9,5 |
| <i>Weinmannia fagaroides</i> Kunth | 3 | 15 | 3 | 10 | 6,5 |
| <i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly | 2 | 10 | 2 | 10 | 6 |
| <i>Alnus acuminata</i> Kunth | 5 | 25 | 5 | 5 | 5 |
| <i>Oreopanax rosei</i> Harms | 4 | 20 | 4 | 5 | 4,5 |
| <i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC. | 1 | 5 | 1 | 5 | 3 |
| <i>Vismia baccifera</i> (L.) Planch. & Triana | 1 | 5 | 1 | 5 | 3 |

Densidad (D); densidad relativa (DR); frecuencia relativa (FR); índice de valor importancia simplificado (IVIs)

Anexo 7. Parámetros estructurales por categoría de regeneración natural del estrato arbustivo en la medición 2.

| Especie | Número de individuos | D Ind / ha | DR % | FR % | IVI % |
|---|----------------------|---------------|---------|---------|----------|
| Plántula | | | | | |
| <i>Dendrophorbium scytophyllum</i> (Kunth) C. Jeffrey | 11 | 55 | 23,4 | 19,05 | 21,23 |
| <i>Baccharis</i> sp.1 | 8 | 40 | 17,02 | 14,29 | 15,65 |
| <i>Gaultheria reticulata</i> Kunth | 9 | 45 | 19,15 | 9,52 | 14,34 |
| <i>Tibouchina laxa</i> Aubl. | 4 | 20 | 8,51 | 9,52 | 9,02 |
| <i>Pappobolus acuminatus</i> (S.F. Blake) Panero | 3 | 15 | 6,38 | 9,52 | 7,95 |
| <i>Baccharis obtusifolia</i> Kunth | 2 | 10 | 4,26 | 9,52 | 6,89 |
| <i>Lepechinia mutica</i> (Benth.) Epling | 2 | 10 | 4,26 | 9,52 | 6,89 |
| <i>Cronquistianthus niveus</i> R.M. King & H. Rob | 4 | 20 | 8,51 | 4,76 | 6,64 |
| <i>Palicourea</i> sp. 1 | 2 | 10 | 4,26 | 4,76 | 4,51 |
| <i>Bejaria resinosa</i> Mutis ex L. | 1 | 5 | 2,13 | 4,76 | 3,44 |
| <i>Gynoxys nitida</i> Cass. | 1 | 5 | 2,13 | 4,76 | 3,44 |
| Brinzal | | | | | |
| <i>Dendrophorbium scytophyllum</i> (Kunth) C. Jeffrey | 136 | 680 | 27,31 | 10 | 18,65 |
| <i>Tibouchina laxa</i> Aubl. | 49 | 245 | 9,84 | 10 | 9,92 |
| <i>Pappobolus acuminatus</i> (S.F.Blake) Panero | 46 | 230 | 9,24 | 10 | 9,62 |
| <i>Baccharis obtusifolia</i> Kunth | 44 | 220 | 8,84 | 10 | 9,42 |
| <i>Gaultheria reticulata</i> Kunth | 72 | 360 | 14,46 | 4 | 9,23 |
| <i>Baccharis</i> sp.1 | 44 | 220 | 8,84 | 8 | 8,42 |
| <i>Gynoxys nitida</i> Cass. | 39 | 195 | 7,83 | 6 | 6,92 |
| <i>Palicourea</i> sp. 1 | 17 | 85 | 3,41 | 10 | 6,71 |
| <i>Lepechinia mutica</i> (Benth.) Epling | 26 | 130 | 5,22 | 8 | 6,61 |
| <i>Piper</i> sp. 1 | 5 | 25 | 1 | 6 | 3,5 |
| <i>Solanum</i> sp. 1 | 5 | 25 | 1 | 4 | 2,5 |
| <i>Clinopodium taxifolium</i> (Kunth) Govaerts | 4 | 20 | 0,8 | 4 | 2,4 |
| <i>Bejaria resinosa</i> Mutis ex L. | 4 | 20 | 0,8 | 2 | 1,4 |
| <i>Cavendishia bracteata</i> (Ruiz & Pav.) | 3 | 15 | 0,6 | 2 | 1,3 |
| <i>Desfontainia spinosa</i> Ruiz & Pav | 2 | 10 | 0,4 | 2 | 1,2 |
| <i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers. | 1 | 5 | 0,2 | 2 | 1,1 |
| <i>Cronquistianthus niveus</i> R.M. King & H. Rob | 1 | 5 | 0,2 | 2 | 1,1 |

Densidad (D); densidad relativa (DR); frecuencia relativa (FR); índice de valor importancia simplificado (IVIs)

Anexo 8. Certificado de traducción del resumen.



Juan Pablo Ordóñez Salazar

**CELTA-Certified English Teacher,
traductor e intérprete.**

Certificación de traducción al idioma inglés.

Juan Pablo Ordóñez Salazar.
CELTA-certified English Teacher, traductor e intérprete.

CERTIFICA:

Que el documento aquí compuesto es fiel traducción del idioma español al idioma inglés, del resumen del trabajo de integración curricular: **Monitoreo de la regeneración natural de especies arbóreas y arbustivas del matorral andino afectado por incendios forestales en el Parque Universitario "Francisco Vivar Castro**, de autoría de la estudiante Mitzi Gorety Giron Erazo, con número de cédula 0750180655, egresada de la carrera de Ingeniería Forestal de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja.

Lo certifico en honor a la verdad, y autorizo a la interesada hacer uso del presente en lo que a sus intereses convenga.

Loja, 13 de agosto del 2023

1103601090 Firmado digitalmente por
JUAN PABLO ORDÓÑEZ SALAZAR
Fecha: 2023.08.13 19:22:26 -05'00'

Juan Pablo Ordóñez Salazar
DNI: 110360109-0
Código de perito: 12298374
CELTA – CERTIFIED ENGLISH TEACHER, TRADUCTOR E INTÉRPRETE

juanpabloopsal@gmail.com | O99-429-0147 | 717-53 Miguel Morelos St., Loja- EC 110111