



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Maestría en Restauración de Paisajes Tropicales

**Evaluación de la restauración pasiva en tres estadios sucesionales de la vegetación
en la Reserva Natural El Cristal, Loja, Ecuador**

**Trabajo de Titulación previa a la obtención
del título de Magister en Restauración de
Paisajes Tropicales**

AUTOR:

Cristian Geovanny Contento Yunga

DIRECTOR:

Zhofre Huberto Aguirre Mendoza Ph.D.

Loja - Ecuador

2024

Certificado del director del trabajo de integración curricular

Loja, 16 de abril de 2024

Zhofre Huberto Aguirre Mendoza, Ph.D.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Integración Curricular denominado: Evaluación de la restauración pasiva en tres estadios sucesionales de la vegetación en la Reserva Natural El Cristal, Loja, Ecuador, previo a la obtención del título de Master en Restauración de Paisajes Tropicales, de la autoría del estudiante Cristian Geovanny Contento Yunga, con cédula de identidad Nro.11105584013, 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.

Zhofre Huberto Aguirre Mendoza, Ph.D.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría del trabajo de titulación

Yo, Cristian Geovanny Contenido Yunga, declaro ser autor del presente Trabajo de Integración Curricular o de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular o de Titulación, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:

Cédula de identidad: 1105584013

Fecha: 16 de abril de 2024

Correo electrónico: cristian.contento@unl.edu.ec

Teléfono: 0994962288

Carta de autorización del estudiante

Yo, Cristian Geovanny Contenido Yunga, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular o de Titulación denominado: Evaluación de la restauración pasiva en tres estadios sucesionales de la vegetación en la Reserva Natural El Cristal, Loja, Ecuador, como requisito para optar por el título de Master en Restauración de Paisajes Tropicales, 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 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 o de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los 16 días del mes de abril de dos mil veinticuatro

Firma: Cristian Geovanny Contenido Yunga

Cédula: 1105584013

Dirección: Las Palmitas, Avenida de integración barrial y Aristóteles

Correo electrónico: cristian.contento@unl.edu.ec

Teléfono: 0994962288

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del Trabajo de Integración Curricular o de Titulación: Ing. Zhofre Aguirre Mendoza, Ph.D.

Dedicatoria

Con amor y cariño a mi querida familia que son el motor y motivo de superación personal y profesional, a mi apreciada madre Inés, que con su amor y valentía inquebrantable supo brindarme todo su apoyo durante la etapa de formación; a mis queridos hermanos Willan y Anita que fueron mi inspiración diaria.

A mi querido padre, aunque ya no esté físicamente con nosotros, su espíritu de trabajo y legado de perseverancia, continúan guiando cada uno de mis pasos, aseguro que en cada una de las páginas de esta tesis se encontrará una esencia de su ser, a través de lo que formó en mí, para mi amado padre también es este logro.

Este trabajo es el resultado de años de prolijidad, esfuerzo y dedicación, con la firme convicción de que cada desafío superado, era un peldaño más, escalado hacia la meta de alcanzar este triunfo que hasta hace poco aún era un sueño.

Cristian Geovanny Contento Yunga

Agradecimiento

Un sincero y profundo agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja, la facultad agropecuaria y de recursos naturales renovales y en especial a la maestría de Restauración de paisajes tropicales, por haberme brindado su espacio de aprendizaje y personal docente de formación, quienes me compartieron sus conocimientos de carácter científico y me formaron como profesional, a ellos mis eternos agradecimientos.

Asimismo, quiero expresar mi sentimiento de gratitud para el director de tesis, Ingeniero Zhofre Aguirre PhD, quien se convirtió en mi guía y tutor durante el desarrollo de la investigación, por medio de su conocimiento, liderazgo, compromiso y acompañamiento técnico y científico pude terminar con éxito este trabajo de tesis.

A la Reserva Natural El Cristal, de propiedad de la familia Samaniego Puertas y en especial al Dr. Gustavo Samaniego Rodríguez, por abrirme las puertas de su laboratorio y tesoro natural. Su amor por la naturaleza y compromiso con la conservación han facilitado el espacio para el desarrollo y éxito de este trabajo.

Finalmente agradezco a mi familia quienes me colaboraron en la fase de campo de la presente investigación, gracias por su constante e incondicional apoyo y comprensión durante las largas horas de estudio y trabajo, quienes fueron el pilar fundamental que sostuvo mi sueño y que hoy es una realidad, a ellos mi eterno agradecimiento.

Cristian Geovanny Contento Yunga

Índice de contenidos

Portada.....	i
Certificado del director del trabajo de integración curricular	ii
Autoría del trabajo de titulación.....	iii
Carta de autorización del estudiante.....	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos.....	vii
1. Título	15
2. Resumen	16
2.1. Abstract.....	18
3. Introducción	19
4. Marco teórico	22
4.1. Restauración ecológica	22
4.1.1. Tipos de restauración.....	22
4.1.2. Principios de la restauración.....	22
4.1.3. Ecosistemas de referencia.....	23
4.1.4. Áreas prioritarias para la restauración	24
4.2. Sucesión ecológica	24

4.2.1. Estadios de sucesión	25
4.3. Gremios ecológicos	26
4.4. Parámetros estructurales de la vegetación	27
4.4.1. Densidad absoluta.....	27
4.4.2. Densidad relativa	27
4.4.3. Dominancia relativa.....	27
4.4.4. Frecuencia relativa.....	28
4.4.5. Índice de valor de importancia (IVI)	28
4.4.6. Índice de diversidad alfa.....	28
4.4.7. Índice de similitud beta	28
4.5. Estudios similares en Ecuador	29
5. Metodología	31
5.1. Área de estudio	31
5.2. Enfoque de la investigación.....	32
5.3. Caracterización de la diversidad, estructura y composición florística de la vegetación en tres estadios de sucesión de la vegetación en la Reserva Natural El Cristal	33
5.4. Procesamiento de la información colectada en campo.....	35
5.5. Comparación la diversidad, estructura y composición florística de la vegetación en tres estadios de sucesión de la vegetación en la Reserva Natural El Cristal	36

6. Resultados	38
6.1. Composición florística de la vegetación por categoría sucesional en la Reserva Natural El Cristal	38
6.2. Composición florística de la vegetación por estadio sucesional en la Reserva Natural El Cristal	40
6.3. Parámetros estructurales de la vegetación por estadio sucesional en la Reserva Natural El Cristal	42
6.3.1. Estadio 1: abandono de entre 10 a 20 años.....	42
6.3.2. Estadio 2: abandono de entre 20 a 30 años.....	43
6.3.3. Estadio 3: abandono de entre 30 a 40 años.....	43
6.3.4. Ecosistema de referencia: bosque en área cercana	45
6.4. Parámetros estructurales de las especies por categorías de regeneración en la Reserva Natural El Cristal	45
6.4.1. Parámetros estructurales de la categoría fustal.....	45
6.4.2. Parámetros estructurales de la categoría latizal.....	46
6.4.3. Parámetros estructurales de la categoría brinzal.....	47
6.5. Diversidad por estadio sucesional de la vegetación en la Reserva Natural El Cristal.....	48
6.6. Diversidad por categoría de regeneración natural en la Reserva Natural El Cristal	48
6.7. Comparación de la composición, estructura y diversidad florística de la vegetación en tres estadios sucesionales en la Reserva Natural El Cristal.....	50

6.8. Comparación de la composición, estructura y diversidad florística de los estadios sucesionales, considerando las categorías de regeneración natural.....	51
7. Discusión.....	55
7.1. Composición florística de la vegetación por categoría sucesional en la Reserva Natural El Cristal	55
7.2. Parámetros estructurales de la vegetación en la Reserva Natural El Cristal	56
7.3. Diversidad por estadio sucesional y categoría de regeneración en la Reserva Natural El Cristal	57
7.4. Comparación de la diversidad, estructura y composición florística de la vegetación en tres estadios sucesionales de la vegetación en la Reserva Natural El Cristal	58
7.5. Comparación de la composición, estructura y diversidad florística de los estadios sucesionales, considerando las categorías de regeneración natural.....	58
8. Conclusiones	60
9. Recomendaciones.....	61
10. Bibliografía	62
11. Anexos.....	69

Índice de figuras

Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreo de la Reserva Natural El Cristal	32
Figura 2. Esquema metodológico de investigación para evaluar la restauración pasiva en tres estadios sucesionales de la vegetación en la Reserva Natural El Cristal.....	33
Figura 3. Diseño de las unidades de muestreo usadas en los estadios de sucesión en la Reserva El Cristal	34
Figura 5. Composición florística por estadio sucesional en la Reserva Natural El Cristal	41
Figura 6. Dendrograma de similitud entre estadios sucesionales estudiados en la Reserva Natural El Cristal.....	51
Figura 7. Dendrograma que muestra la similitud (Índice de Sorensen) de la categoría fustal registrado en los estadios estudiados en la Reserva Natural El Cristal	52
Figura 8. Dendrograma que demuestra la similitud de la categoría latizal registrados en la Reserva Natural El Cristal	53
Figura 9. Dendrograma que muestra la similitud de la categoría brinzal registrada en los estadios de sucesión estadios en la Reserva Natural El Cristal.	54

Índice de tablas

Tabla 1. Fórmulas para el cálculo de los parámetros estructurales e índices de diversidad	35
Tabla 2. Composición florística en los sitios de muestreo de la Reserva Natural El Cristal	38
Tabla 3. Composición florística de los individuos leñosos mayores a 5 cm de DAP (fustal) por estadio sucesional en la Reserva Natural El Cristal	39
Tabla 4. Composición florística de la categoría latizal por estadio sucesional en la Reserva Natural El Cristal	40
Tabla 5. Composición florística de la categoría brinzal por estadio sucesional en la Reserva Natural El Cristal	40
Tabla 6. Composición florística de la Reserva Natural El Cristal, por estadio sucesional	41
Tabla 7. Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies registradas en el estadio 1	42
Tabla 8. Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies registradas en el estadio 2	43
Tabla 9. Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies registradas en el estadio 3	44
Tabla 10. Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies registradas en el ecosistema de referencia	45
Tabla 11. Índice Valor de Importancia (IVI) de las 10 especies sobresalientes de los individuos leñosos mayores a 5 cm de DAP	46

Tabla 12. Índice Valor de Importancia simplificado (IVI) de las 10 especies sobresalientes de la categoría latizal	47
Tabla 13. IVI simplificado de las especies registradas en la categoría brinzal de los tres estadios	47
Tabla 14. Índices de diversidad por estadio sucesional.....	48
Tabla 15. Índice de diversidad de Shannon y de Equitatividad de Pielow para los individuos mayores a 5 cm de DAP	49
Tabla 16. Índice de diversidad de Shannon y de Equitatividad de Pielow para la categoría latizal	49
Tabla 17. Índice de diversidad de Shannon y de Equitatividad de Pielow para la categoría brinzal	50
Tabla 18. Índice de Sorensen entre estadios sucesionales.....	50
Tabla 19. Índice de similitud de Sorensen de la categoría fustal en los estadios de análisis	51
Tabla 20. Índices de similitud de Sorensen de la categoría latizal registrados en los estadios estudiados en la Reserva Natural El Cristal.....	53
Tabla 21. Índices de similitud de Sorensen de la categoría brinzal registrados en los estadios estudiados en la Reserva Natural El Cristal.....	54

Índice de anexos

Anexo 1. Composición florística de la categoría fustal en la Reserva Natural El Cristal	69
Anexo 2. Composición florística de la categoría latizal en la Reserva Natural El Cristal	71
Anexo 3. Composición florística de la categoría brinzal en la Reserva Natural El Cristal	71
Anexo 4. Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies presentes en el estadio 1	72
Anexo 5. Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies presentes en el estadio 2	72
Anexo 6. Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies presentes en el estadio 3	73
Anexo 7. Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies presentes en el ecosistema de referencia (estadio 4)	74
Anexo 8. Índice de valor de importancia de la categoría fustal en la Reserva Natural El Cristal	76
Anexo 9. Índice de valor de importancia de las especies registradas en la categoría latizal	77
Anexo 10. Certificado de traducción del resumen	79

1. Título

Evaluación de la restauración pasiva en tres estadios sucesionales de la vegetación en la Reserva Natural El Cristal, Loja, Ecuador

2. Resumen

En Ecuador existen grandes extensiones de terreno que han sido perturbados por actividades antrópicas, y para recuperar estos ecosistemas se han establecido acciones de restauración que deben tener seguimiento y evaluación. Esta investigación se realizó en la Reserva Natural El Cristal (RNEC), con el objetivo de evaluar la restauración pasiva en tres estadios sucesionales de la vegetación a través del levantamiento de la diversidad, estructura y composición florística. Se estudiaron tres estadios sucesionales, diferenciados por el tiempo de abandono: 10-20, 20-30 y 30-40 años y el ecosistema de referencia. En cada estadio sucesional se establecieron tres parcelas de 20 x 20 m registrando individuos con DAP mayores a 5 cm, correspondientes a la categoría fustal; dentro de éstas se anidaron 5 subparcelas de 5 x 5 m, para la categoría latizal, donde se registró individuos menores a 5 cm de DAP y hasta 1,50 m de altura; y, a la vez dentro de estas se establecieron 5 subparcelas de 1 x 1 m para la categoría brinzal, registrando individuos de hasta 1,50 m de altura. Se determinó la diversidad, estructura y composición florística, se calculó los parámetros estructurales de la vegetación e índices de diversidad; y, se comparó los estadios de sucesión usando el índice de similitud de Sorensen. La composición florística fue de 14 especies de 12 géneros y 12 familias en el estadio uno; 15 especies de 14 géneros y 14 familias para el estadio dos; 20 especies, 19 géneros y 18 familias para el estadio tres y, 26 especies dentro de 24 géneros y 23 familias para el ecosistema de referencia. Respecto a la diversidad, el estadio uno con índice de Shannon de 0,74 presenta baja diversidad de especies y con 0,33 para Pielow es ligeramente heterogéneo en cuanto a la abundancia. El estadio dos y tres son medianamente similares en relación a la diversidad con valores de 1,73 y 1,96 respectivamente, mientras que el ecosistema de referencia registra un valor de 2,80 catalogado como diversidad alta. Existe similitud florística entre los estadios tres y cuatro con 69,57 % y 16 especies en común. En conclusión, la recuperación de la vegetación mediante procesos de sucesión natural son una importante estrategia *in situ* de restauración, ya que se observa la aparición y establecimiento de especies típicas que a futuro conducirán a la formación de ecosistemas parecidos a los sistemas de referencia.

Palabras clave: Restauración pasiva, diversidad, similitud, estadio, categorías de regeneración natural.

2.1. Abstract

There are large land areas in Ecuador which have been disturbed by anthropogenic activities, in order to recover these ecosystems, restoration actions have been established and these must be monitored and evaluated. This research was carried out at El Cristal Natural Reserve (RNEC), with the objective of evaluating passive restoration in three successional vegetation stages through a survey of diversity, structure and floristic composition. Three successional stages were studied, they were differentiated by the abandonment time: 10-20, 20-30 and 30-40 years and the reference ecosystem. In each successional stage, three 20 x 20 m plots were established, recording individuals with DAP higher than 5 cm, corresponding to the stem category; within these, 5 subplots of 5 x 5 m were nested for the latizal category, where individuals less than 5 cm of DAP and up to 1.50 m high were recorded; and, at the same time, within these, 5 subplots of 1 x 1 m were established for the sapling category, recording individuals up to 1.50 m in height. The diversity, structure and floristic composition were determined, the structural parameters of the vegetation and diversity indices were calculated; and, the succession stages were compared using the Sorensen similarity index. The floristic composition was; 14 species from 12 genera and 12 families in stage one; 15 species from 14 genera and 14 families in stage two; 20 species, from 19 genera and 18 families for stage three and 26 species within 24 genera and 23 families for the reference ecosystem. Regarding diversity, stage one with a Shannon index of 0.74 presents low species diversity and for Pielow with 0, 33, it is slightly heterogeneous in terms of abundance. Stage two and three are moderately similar related to diversity with numbers of 1.73 and 1.96 respectively, while the reference ecosystem registers numbers of 2.80 it is classified as high diversity. There is floristic similarity between stages three and four with 69.57% and 16 species in common. In conclusion, the vegetation recovery through natural succession processes is an important *in situ* restoration strategy, because the appearance and establishment of typical species are observed and they will lead to the formation of similar ecosystems to the reference systems in the future.

Keywords: Passive restoration, diversity, similarity, stage, natural regeneration categories.

3. Introducción

La restauración de ecosistemas y paisajes es un proceso complejo dada por la dinámica de sus propiedades: estructura, composición y función, los mismos que varían de un lugar a otro (Ariza, 2015). Por esta razón, el conocer y entender el tiempo de recuperación de los ecosistemas es una acción prioritaria en donde la participación de las comunidades es un factor clave, pues las principales actividades degradantes son causadas por sus propias acciones diarias (Aguirre et al., 2013; Ramírez et al., 2011).

En Ecuador existen áreas que han sido afectadas por la sobreexplotación de los recursos naturales. Para detener estos impactos se han planteado estrategias de restauración, tal es el caso del Plan Nacional de Restauración Forestal (Ministerio del Ambiente del Ecuador [MAE], 2019), cuyo objetivo es la recuperación de la cobertura vegetal a través de técnicas de restauración activa y pasiva, siendo una política del gobierno de Ecuador al formar parte de organismos, cumbres y eventos desarrollados en favor del ambiente (Domínguez et al., 2019; Narváez, 2007).

En la provincia de Loja existen grandes extensiones de terreno que por situaciones naturales y principalmente antrópicas han sido degradadas y posteriormente abandonadas, debido a que son consideradas tierras infértiles. Por ejemplo, la Reserva Natural El Cristal ubicada a 15 km de la ciudad de Loja, cuenta con una extensión aproximada de 600 ha, presenta áreas abandonadas que estaban destinadas a la agricultura y ganadería. Actualmente estas áreas se encuentran en procesos de recuperación; esto las convierte en un escenario idóneo para desarrollar investigación relacionados con la restauración.

En este sentido, existen áreas que son diferentes tanto en diversidad, composición y estructura, debido al periodo de abandono y se desconoce el tiempo de recuperación a través de la restauración pasiva. Bajo estas consideraciones, el problema central de la presente investigación fue el conocimiento limitado sobre la recuperación de áreas degradadas por medio de la restauración pasiva en diferentes estadios sucesionales en la Reserva Natural El Cristal.

Este estudio permitió conocer la diversidad, composición y estructura de la vegetación, así como entender el comportamiento ecológico en tres estadios sucesionales de la Reserva Natural El Cristal. Esta información es importante para la toma de decisiones en procesos de restauración asistida, considerando las especies adecuadas para este fin y de esta manera contar con bases científicas para la recuperación de la vegetación en periodos más cortos (Muñoz et al., 2014). Por lo tanto, estudiar los estadios sucesionales, sus especies y estructura, permite conocer cuán estables son estos ecosistemas y cómo cambia en el tiempo su composición florística.

Esta investigación tiene importancia, ya que apoya a la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, aborda el desafío de Bonn, se alinea con el Plan Nacional de Restauración Forestal y se enmarca en una de las líneas de investigación que promueve la Universidad Nacional de Loja, que se enfoca en el aprovechamiento de los recursos de la biodiversidad y cambio climático. Además, esta investigación establece un valioso punto de referencia para los procesos de restauración en la región sur del país y en ecosistemas que comparten características similares (Castillo y Cabrera, 2022; FAO, 2021).

Para orientar y desarrollar este trabajo, se propuso la pregunta de investigación: ¿Cuáles son las diferencias en diversidad, estructura y composición florística en los tres estadios sucesionales de restauración pasiva en la Reserva Natural El Cristal?; y, para responder la pregunta se cumplieron los objetivos:

Objetivo general

Evaluar la restauración pasiva en tres estadios sucesionales de la vegetación en la Reserva Natural El Cristal a través del estudio de la diversidad, estructura y composición.

Objetivos Específicos

Caracterizar la diversidad, estructura y composición florística de la vegetación en tres estadios de sucesión de la vegetación en la Reserva Natural El Cristal.

Comparar la diversidad, estructura y composición florística de la vegetación en tres estadios de sucesión de la vegetación en la Reserva Natural El Cristal.

4. Marco teórico

4.1. Restauración ecológica

La restauración ecológica es el proceso de recuperación de las condiciones naturales de un ecosistema que ha sido previamente degradado, ya sea por condiciones naturales o antrópicas. Es un proceso clave para el mantenimiento de la biodiversidad y garantiza la sostenibilidad de los recursos en el tiempo. Puede desarrollarse de manera natural, conocida como restauración pasiva y de manera asistida conocida como restauración activa (Gann et al., 2019; Sociedad Internacional para la Restauración Ecológica [SER], 2004).

4.1.1. Tipos de restauración

- Restauración pasiva, es una técnica que no requiere la intervención humana, que se enfoca en crear condiciones naturales adecuadas para que se desarrolle de manera natural la sucesión interna del ecosistema (Aguirre et al., 2013; Gann et al., 2019)
- Restauración activa, es una técnica que implica la intervención humana con el objetivo de acelerar los procesos de restauración (Gann et al., 2019).

4.1.2. Principios de la restauración

Para obtener una visión clara de los procesos de restauración es necesario realizar una revisión de los principios de la restauración ecológica, los cuales se fundamentan en la recuperación de ecosistemas degradados (Cole, s.f). Los principios de la restauración son:

- La restauración de los ecosistemas contribuye a los objetivos de desarrollo sostenible de las Naciones Unidas y a los objetivos de las Convenciones de Río de Janeiro.
- La restauración de los ecosistemas promueve la gobernanza inclusiva y participativa, la justicia social y la equidad desde el principio y durante todo el proceso hasta alcanzar resultados.

- La restauración de los ecosistemas aborda un continuo de actividades de restauración.
- La restauración de los ecosistemas tiene como objetivo lograr el nivel más alto de recuperación para la biodiversidad, la salud e integridad de los ecosistemas y el bienestar humano.
- La restauración de los ecosistemas trata las causas de la degradación.
- La restauración de los ecosistemas incorpora todo tipo de conocimientos y promueve su intercambio e integración a lo largo del proceso.
- La restauración de los ecosistemas se basa en objetivos y metas ecológicas, culturales y socioeconómicas bien definidas a corto, mediano y largo plazo.
- La restauración de los ecosistemas se adapta a los contextos ecológicos, culturales y socioeconómicos a nivel local, en tanto que considera el paisaje terrestre o marino en su conjunto.
- La restauración de los ecosistemas incluye el monitoreo, la evaluación y la gestión adaptativa a lo largo y después de la duración del proyecto o programa.
- El proceso de restauración de ecosistemas es facilitada por políticas y medidas que estimulan su progreso a largo plazo.

4.1.3. Ecosistemas de referencia

Un ecosistema de referencia es un área sin alteración antrópica que se utiliza como modelo para evaluar la condición actual y el éxito de la restauración de ecosistemas degradados o perturbados (Harris et al., 2006; Palmer et al., 1997; Suding et al., 2015).

Según Campos (2014) un ecosistema de referencia es un área o conjunto de áreas naturales que se consideran representativas de un ecosistema en particular y que se utilizan como base para comparar y evaluar otros ecosistemas similares.

Por su parte, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, 2021) define a los ecosistemas de referencia como áreas de tierra y agua que han

permanecido intactas, es decir, que no han sido significativamente alteradas por las actividades antrópicas, y que éstas son empleadas como referencia para comparar y evaluar los efectos de las actividades humanas en ecosistemas similares.

El Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico de España (2019) define un ecosistema de referencia como una región que exhibe un entorno ambiental de alta calidad y ha experimentado una mínima o nula influencia por parte de los seres humanos. Este tipo de área sirve como un punto de comparación para la restauración y conservación de otros ecosistemas. Los ecosistemas de referencia se caracterizan por la existencia de diversas comunidades biológicas autóctonas, procesos ecológicos funcionales y, una configuración paisajística y geológica que representa de manera representativa un ecosistema específico.

4.1.4. Áreas prioritarias para la restauración

Las áreas prioritarias para la restauración se refieren a aquellos ecosistemas o paisajes naturales degradados, de importancia crítica para la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, que han sido identificados como principales objetivos para la implementación de acciones de restauración ambiental. Estas áreas se seleccionan en base a criterios técnicos científicos y de conservación, considerando factores como la diversidad biológica, la vulnerabilidad del ecosistema, la función en la provisión de agua, la captura de carbono y otros beneficios socioambientales. La restauración en estas áreas busca revertir la degradación y promover la recuperación de procesos ecológicos fundamentales, con el fin de mejorar la resiliencia de los ecosistemas y garantizar su sustentabilidad a largo plazo (Aguirre et al., 2013; MAE, 2019).

4.2. Sucesión ecológica

Se entiende como sucesión natural al proceso interno de un ecosistema, en el cual se observa un dinamismo propio en su diversidad, estructura y composición; este cambio interno se conoce como sucesión. Por su parte Moreno (2012), menciona que la sucesión ecológica es el proceso gradual y predecible de cambio en la composición de una

comunidad biológica a lo largo del tiempo, como resultado de la interacción entre los organismos y su entorno.

4.2.1. Estadios de sucesión

Los estadios de sucesión hacen referencia a las diferentes etapas en un proceso de sucesión ecológica y se caracteriza por poseer una diversidad, estructura y composición diferente en cada etapa sucesional, a medida que este se recupera de una perturbación (Chapin et al., 2011). Los tipos de sucesión son:

4.2.1.1. Sucesión primaria. Se refiere al proceso de colonización y desarrollo de un ecosistema en un área que ha sido completamente desprovista de vida biológica, como en el caso de una erupción volcánica, es un proceso ecológico que se produce en áreas completamente estériles, como rocas desnudas, arena volcánica o glaciares recién retirados. Durante este proceso, los organismos pioneros, como líquenes y musgos, colonizan el área y descomponen el sustrato, lo que permite la entrada de nuevas especies y el desarrollo de una comunidad más diversa y compleja (Enciclopedia Británica, s.f.). Por su parte, Linding- Cisneros (2017) define a la sucesión primaria como un proceso gradual en el que se establece una comunidad biológica en un área previamente desprovista de vida vegetal y suelo, comenzando con organismos pioneros y eventualmente dando paso a una comunidad vegetal más diversa y estable.

4.2.1.2. Sucesión secundaria. Se refiere al proceso de restauración ecológica en una zona que ha sido perturbada, pero aún conserva su suelo y cierta cantidad de material orgánico, como en el caso de un bosque que ha sido talado y/o incendiado (Palmer et al., 1997; Soliveres y García, 2019; Vargas, 2011).

En ecología, la sucesión secundaria se refiere al proceso de colonización y desarrollo de una comunidad biológica en un área que ha sido previamente alterada o perturbada, pero que aún conserva parte de su sustrato o suelo original. A diferencia de la sucesión primaria, que se presenta en áreas completamente estériles o sin un sustrato previo, la sucesión secundaria comienza con la presencia de suelo, semillas, esporas o

formas de vida que permiten una rápida colonización y recuperación del área (Walker y Del Moral, 2003).

La sucesión secundaria es un proceso ecológico en el cual una comunidad biológica se desarrolla en un área que ha sido previamente perturbada, pero que retiene parte de su sustrato o suelo. Durante este proceso, las especies pioneras colonizan el área y crean condiciones favorables para que otras especies más especializadas se establezcan de manera gradual, conduciendo a una comunidad más compleja y diversa (Erazo y Cárdenas, 2013).

4.3. Gremios ecológicos

Según Vargas-Mena et al. (2019), los gremios ecológicos son grupos de especies que desempeñan funciones similares en un ecosistema determinado. Estos gremios se caracterizan por compartir características morfológicas, fisiológicas o comportamentales que permiten ocupar nichos similares en el ecosistema. Los diferentes tipos de especies que conforman un gremio ecológico pueden desempeñar funciones clave en el funcionamiento y la estabilidad del ecosistema.

Los gremios ecológicos buscan fomentar la conciencia ambiental, promover la adopción de políticas y prácticas ecológicas y, colaborar en proyectos y actividades que contribuyan a la protección y preservación del ambiente. Esto puede incluir la organización de eventos educativos, campañas de sensibilización, proyectos de restauración ambiental, promoción de la energía renovable y la reducción de residuos, entre otras iniciativas en pro de la conservación y recuperación de áreas degradadas (Rodríguez, 2009).

Según Finegan (1996) propone una clasificación de los gremios ecológicos de acuerdo a su requerimiento de luz, de la siguiente manera:

- Las plantas heliófitas efímeras, o pioneras, son aquellas que exigen plena exposición al sol a lo largo de su vida. Caracterizadas por un rápido crecimiento y una vida breve, desempeñan un papel crucial en la

colonización de áreas abiertas, siendo esenciales para la restauración, contribuyendo además a la preservación del banco de semillas del suelo.

- Heliófitas duraderas, o secundarias tardías, muestran intolerancia a la sombra, presentan un crecimiento rápido y un ciclo de vida más prolongado. Estas especies ocupan los espacios despejados una vez que las heliófitas efímeras han desaparecido, estableciéndose durante períodos mucho más extensos.
- Esciófitas parciales son plantas tolerantes a la sombra en las etapas tempranas de su desarrollo, aunque requieren iluminación para pasar de las fases intermedias a la madurez.
- Esciófitas totales son aquellas que se desarrollan exclusivamente en la sombra, sin la capacidad de incrementar significativamente su crecimiento con la apertura del dosel a lo largo del tiempo.

4.4. Parámetros estructurales de la vegetación

4.4.1. Densidad absoluta

Es una medida de abundancia de las especies en un área determinada y puede ser utilizada para hacer comparaciones de la presencia de la misma especie en diferentes sitios o periodos de tiempo (Magurran, 2021).

4.4.2. Densidad relativa

Es una medida que proporciona información sobre la abundancia de una especie en una comunidad o ecosistema en relación con las otras especies presentes. Por lo general se utiliza para evaluar el grado de importancia de una especie en la comunidad y su rol en la estructura y funcionalidad del ecosistema (Magurran, 2021).

4.4.3. Dominancia relativa

La dominancia relativa se utiliza para evaluar la distribución vertical de las especies en el estrato herbáceo, arbustivo o arbóreo y, su influencia en el funcionamiento y dinámica del ecosistema (Magurran, 2021).

4.4.4. Frecuencia relativa

La frecuencia relativa es una medida utilizada para determinar la proporción de veces que una especie aparece en un conjunto de muestras en relación con el número total de muestras analizadas. Este parámetro se calcula dividiendo el número de muestras en las que aparece la especie por el número total de muestras analizadas (Magurran, 2021).

4.4.5. Índice de valor de importancia (IVI)

Es un parámetro que permite evaluar la importancia relativa de una especie en una comunidad o población de plantas. Se obtiene a partir de la adición de los valores porcentuales de la abundancia relativa, frecuencia relativa y dominancia relativa de cada especie en la población de plantas. Además, este parámetro facilita la identificación de plantas con un alto nivel de importancia, y a la vez puede ser útil para la toma de decisiones en el ámbito de conservación y gestión de los ecosistemas (Campo y Duval, 2014; Magurran, 2021).

4.4.6. Índice de diversidad alfa

Es un parámetro que calcula la diversidad de especies dentro de una comunidad local, un hábitat o ecosistema específico. Este índice mide la riqueza de especies y la equitatividad en la distribución de individuos entre las diferentes especies presentes en un lugar determinado (Aguirre, 2019; Magurran, 2021; Moreno, 2001).

4.4.7. Índice de similitud beta

Es una medida que estima el nivel de similitud entre dos poblaciones basadas en el número de especies compartidas por ambas poblaciones, se obtiene dividiendo el doble del número de especies compartidas entre ambas comunidades por la suma total de las especies presentes en ambas comunidades (Aguirre, 2019; Magurran, 2021; Moreno, 2001).

4.5. Estudios similares en Ecuador

A nivel nacional son escasos los estudios sobre el análisis y evaluación de la restauración pasiva en estadios sucesionales de los ecosistemas, considerando diferentes periodos de abandono; se puede encontrar información relacionada a niveles más amplios, por citar el estudio del efecto de la restauración pasiva sobre la recuperación de la vegetación en un área degradada por minería a cielo abierto, investigación desarrollada en Colombia por Bonilla (2019).

Aguirre et al. (2021) en un estudio sobre la sucesión de especies vegetales leñosas desarrollado en la hoya de Loja, identificaron 648 individuos pertenecientes a 24 especies, 21 géneros y 22 familias. La categoría que presentó la mayor diversidad fue latizal en donde se observó que las especies *Piper barbatum* y *Viburnum triphyllum* fueron importantes en las tres categorías de regeneración. En cuanto a la sobrevivencia, los latizales presentaron mayor porcentaje (99,37 %), seguidos de los brinzales (87,59 %) y las plántulas (82,76 %). En términos de crecimiento de altura y diámetro, se observó que las especies arbóreas como *Frangula granulosa*, *Clusia latipes*, *Critoniopsis pycnantha* y *Alnus acuminata* dominaron esos aspectos. Además, para el análisis de la regeneración natural consideraron factores ambientales como: ingreso de luz al sotobosque 31,40 %, pendiente de 41,71 % y profundidad del horizonte O del suelo que varió entre 1 cm y 3,50 cm.

De manera similar Aguirre et al. (2022), realizaron un estudio sobre la dinámica sucesional de las especies vegetales presentes en el sotobosque de las plantaciones de *Pinus* sp. y *Eucalyptus globulus* Labill en el Parque Universitario "Francisco Vivar Castro" de la ciudad y provincia de Loja, quienes fundamentan que las especies arbóreas representativas que mostraron regeneración fueron *Rhamnus granulosa* y *Oreopanax rosei* en la plantación de *Pinus* sp., y *Rhamnus granulosa*, *Oreopanax rosei* y *Clusia latipes* en la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill. En conclusión, se identificaron 15 especies ecológicas importantes en ambas plantaciones, utilizando una matriz de calificación de especies y el IVI.

Por su parte, Aguirre et al. (2022) realizaron un estudio en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro” (PUFVC), sobre la sucesión vegetal bajo plantaciones forestales, con el objetivo de conocer la dinámica poblacional de tres especies y los bancos de semillas en el suelo del bosque, concluyen que bajo las plantaciones forestales la regeneración natural es alta, el dinamismo poblacional de las tres especies es buena, por lo tanto se asegura su permanencia y los bancos de semillas del suelo son activos.

De manera similar, se desarrolló un estudio sobre la sucesión de especies vegetales leñosas nativas bajo una plantación de *Eucalyptus globulus* en el PUFVC, con el objetivo de determinar la composición florística y monitorear la regeneración natural, en donde establecieron parámetros estructurales, crecimiento y sobrevivencia, bajo la influencia de variables ambientales como: profundidad del suelo, pendiente y luminosidad sobre la diversidad florística. Además, analizaron la abundancia de la regeneración natural, registrando 28 especies dentro de 24 géneros y 21 familias, estos resultados reflejan que la diversidad florística presente en los latizales se correlaciona con las variables ambientales (Aguirre et al., 2021).

Ramírez (2023), en un estudio acerca de la regeneración natural del bosque siempreverde piemontano, y su relación con los factores ambientales, desarrollado en Zamora Chinchipe registró 1 811 individuos que corresponden a 125 especies, 88 géneros y 41 familias botánicas, también determinó que los factores más influyentes en la regeneración natural de plántulas, brinzales y latizales, fueron la altitud, profundidad del suelo, arcilla, pH, Mn, N, P, K. finalmente concluye que la intervención de manejo forestal favorece a la aparición de nuevas especies pioneras, dando paso a la regeneración natural y generando cambios en la estructura y diversidad florística de los ecosistemas. También asevera que el tiempo es un factor clave para la recuperación de la abundancia y riqueza de especies.

5. Metodología

5.1. Área de estudio

La Reserva Natural El Cristal (RNEC) está ubicada a 15 km de la ciudad de Loja, entre las comunidades de Tres Leguas y Pueblo Nuevo, pertenece a la parroquia San Sebastián, cantón y provincia de Loja; es propiedad de la familia Samaniego Puertas, tiene una extensión de 602,51 ha, ubicada en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Podocarpus; la precipitación oscila entre 1 500 – 2 000 mm; la temperatura varía según la altitud entre 6 – 22 °C.; su rango altitudinal va desde 1 950 hasta 3 250 m s.n.m. (Samaniego, 2020).

Dentro de la RNEC se diferencian las formaciones vegetales: páramo herbáceo, páramo arbustivo, bosque montano en la parte alta de la propiedad; en la parte media existen plantaciones de *Pinus patula* y rodales dominados por aliso *Alnus acuminata* (alisales), y en la parte baja de la propiedad existen plantaciones de *Pinus patula* y *Eucalyptus* sp., y sistemas agroforestales de pino con café, frutales con especies arbóreas como: *Handroanthus chrysanthus* (guayacán), *Cedrela montana* (cedro), *Cordia alliodora* (laurel costeño), *Lafoensia acuminata* (guararo), *Triplaris cumingiana* (Fernán Sánchez), *Podocarpus oleifolius* (romerillo) y *Cinchona officinalis* (cascarilla). En la Figura 1 se indica la ubicación de la Reserva Natural El Cristal.

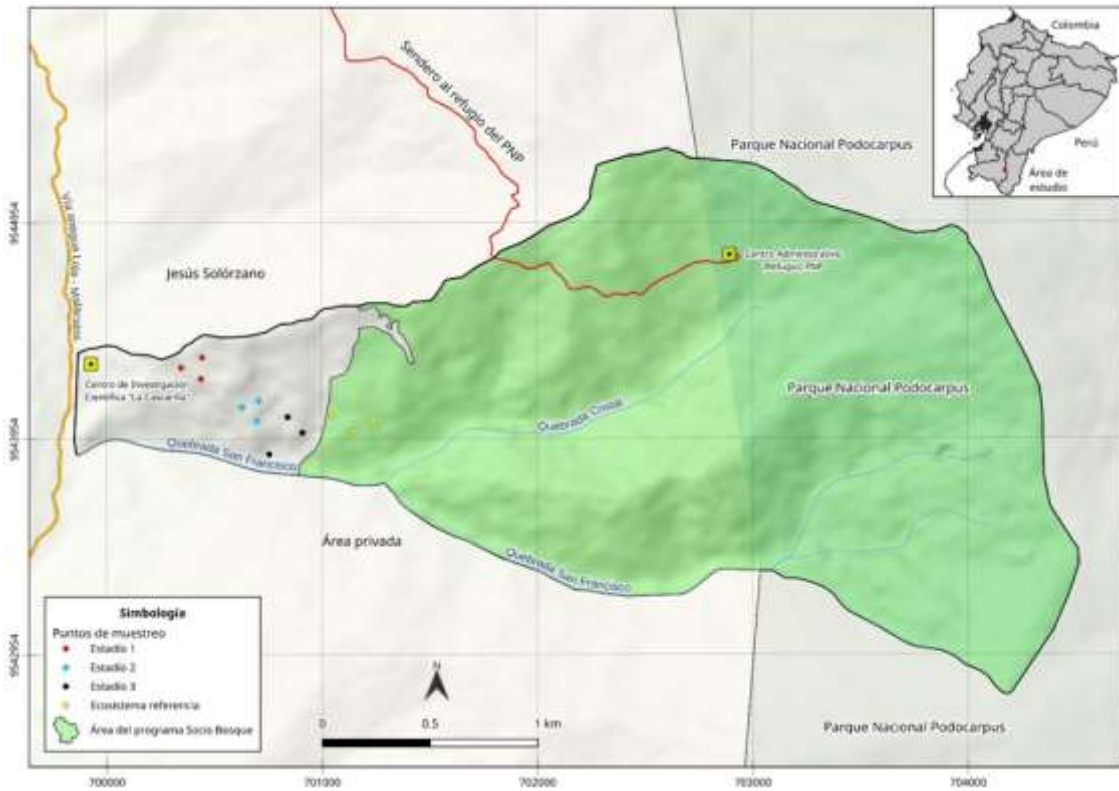


Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreo de la Reserva Natural El Cristal

5.2. Enfoque de la investigación

Para evaluar la restauración pasiva en tres estadios sucesionales de la vegetación en la Reserva Natural El Cristal se utilizó un enfoque cuantitativo que permitió determinar las diferencias en la composición florística. En la Figura 2 se ilustra la ruta metodológica que se siguió para alcanzar los objetivos planteados.

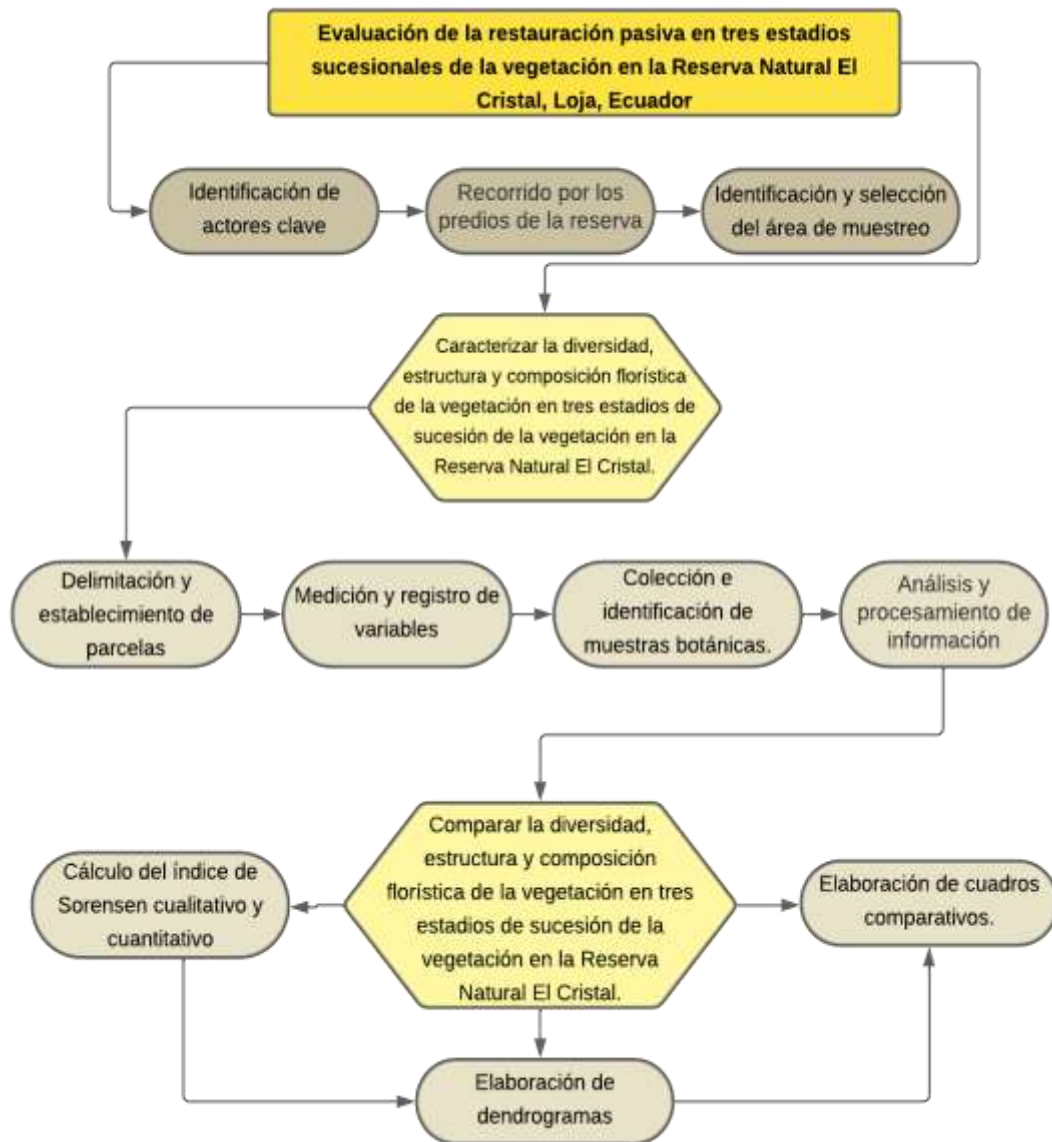


Figura 2. Esquema metodológico de investigación para evaluar la restauración pasiva en tres estadios sucesionales de la vegetación en la Reserva Natural El Cristal

5.3. Caracterización de la diversidad, estructura y composición florística de la vegetación en tres estadios de sucesión de la vegetación en la Reserva Natural El Cristal

Para la identificación y selección de áreas de muestreo, se contó con el apoyo de actores claves conocedores del historial del uso del suelo de la propiedad El Cristal, mismos que a través de un recorrido facilitaron la información requerida, logrando

identificar tres estadios de sucesión con diferente tiempo de abandono: 10-20, 20-30 y 30-40 años. Además, se seleccionó el ecosistema de referencia para la comparación.

Una vez identificadas las áreas de estudio se procedió a la instalación de las unidades de muestreo. En cada área que corresponde a un estadio de restauración se instalaron tres unidades de muestreo de 20 x 20 m (400 m²), con una distancia de 100 m entre parcelas. Dentro de cada parcela se anidaron cinco subparcelas de 5 x 5 m (25 m²), a la vez dentro de éstas se estableció una parcela de 1 x 1 m (1 m²) como se ilustra en la Figura 3 (Aguirre, 2019).

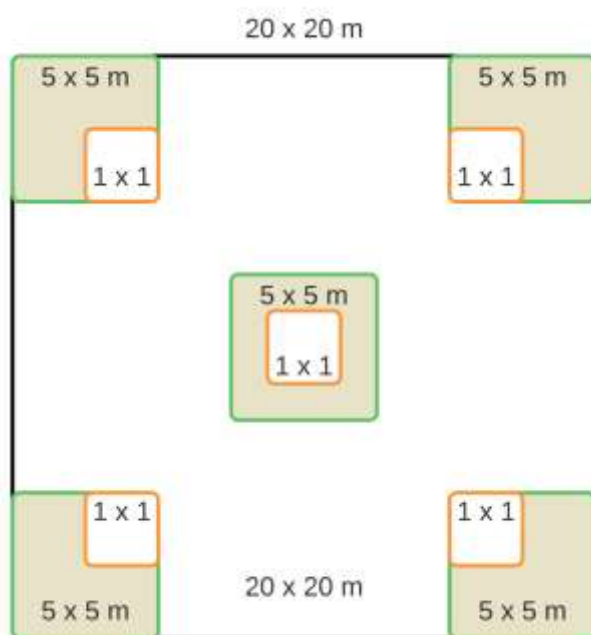


Figura 3. Diseño de las unidades de muestreo usadas en los estadios de sucesión en la Reserva El Cristal

Posterior a la instalación de parcelas se realizó el levantamiento y registro de información, de la siguiente manera: en las parcelas de 20 x 20 m se registró la altura y diámetro de los individuos con DAP igual o mayor a 5 cm, mismos que fueron numerados con pintura de color rojo; en las parcelas de 5 x 5 m se contabilizaron los individuos mayores a 1,50 m de altura y menores o iguales a 5 cm de DAP, que corresponde a la categoría de latizal; en las subparcelas de 1 x 1 m, se contabilizaron los individuos de

regeneración de hasta 1,5 m de altura que corresponde a la categoría brinzal (Sáenz y Finegan, 2000). Para las especies que no fueron reconocidas en campo se colectaron muestras botánicas para su identificación en el Herbario “Reinaldo Espinosa” (LOJA). Además, en todas las parcelas se registró las coordenadas de cada vértice, altitud, porcentaje de cobertura vegetal del dosel y pendiente.

5.4. Procesamiento de la información colectada en campo

Luego de haber registrado los datos de cada parcela, se procedió al ingreso y preparación de la base de datos en Excel para el cálculo de los parámetros estructurales de la vegetación, índices de diversidad y similitud entre estadios sucesionales. Las fórmulas que se usaron para los cálculos se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Fórmulas para el cálculo de los parámetros estructurales e índices de diversidad

Parámetro	Fórmula
Densidad absoluta (D) # ind/m²	$(D) = \frac{\text{N}^\circ. \text{total de individuos por especie}}{\text{Total del área muestreada}}$
Densidad Relativa (DR) %	$(DR) = \frac{\text{N}^\circ. \text{de individuos por especie}}{\text{No. total de individuos}} \times 100$
Frecuencia Relativa (Fr) %	$(Fr) = \frac{\text{N}^\circ \text{ de parcelas en la que está la especie}}{\sum \text{ de las frecuencia de todas las especies}}$
Dominancia Relativa (DmR) %	$(DmR) = \frac{\text{Área basal de la especie}}{\text{Área basal de todas las especies}} \times 100$
Índice Valor Importancia (IVI) %	$(IVI)\% = \frac{DR + DmR + FR}{3}$

Parámetro	Fórmula
Índice de diversidad de Shannon (H)	$H = \sum_{i=1}^S (P_i)(\log_n P_i)$
Índice de equitatividad de Pielow (E)	$H = \frac{H'}{H_{max}}$

5.5. Comparación la diversidad, estructura y composición florística de la vegetación en tres estadios de sucesión de la vegetación en la Reserva Natural El Cristal

Para determinar el porcentaje de similitud entre estadios sucesionales se calculó el índice de similitud de Sorensen, que proporciona una medida cuantitativa de la similitud entre los sitios de muestreo (E1, E2, E3 y ecosistema de referencia) en términos de diversidad, estructura y composición florística. Un valor de 1 indica una similitud perfecta, lo que significa que los sitios comparten exactamente las mismas especies, mientras que un valor de 0 indica completa disimilitud, lo que representa que no comparten ninguna especie. Para determinar el índice de similitud de Sorensen, se aplicó la fórmula:

$$Ks = \frac{2c}{a + b} \times 100$$

Donde:

Ks = Índice de similitud de Sorensen

a = Número de especies de la muestra 1

b = Número de especies de la muestra 2

c = Número de especies en común

Los resultados de estos análisis fueron representados en dendrogramas para facilitar su interpretación que permiten responder la pregunta de investigación planteada,

que es determinar si al menos un grupo de los estadios de sucesión vegetal es diferente en términos de su diversidad, estructura y composición florística.

6. Resultados

6.1. Composición florística de la vegetación por categoría sucesional en la Reserva Natural El Cristal

La composición florística del componente arbóreo considerando individuos con DAP mayor a 5 cm registrada en el muestreo de 4 800 m², es de 30 especies, distribuidas en 27 géneros y 26 familias, con un total de 655 individuos. En las parcelas de 5 x 5, categoría latizal con un área de muestreo de 1 500 m² se registraron 170 individuos distribuidos en 27 especies que corresponden a 25 géneros y 23 familias botánicas; mientras que en la categoría de brinzal (60 m²) se registraron 45 individuos distribuidos en 8 especies que pertenecen a 7 géneros y 7 familias botánicas (Ver Tabla 2). En la Figura 4 se muestra la composición florística con categoría de regeneración, presente en la Reserva Natural El Cristal.

Tabla 2. Composición florística en los sitios de muestreo de la Reserva Natural El Cristal

Taxón	Árboles	Latizal	Brinzal
Especies	30	27	8
Géneros	27	25	7
Familias	26	23	7
Individuos	655	170	45

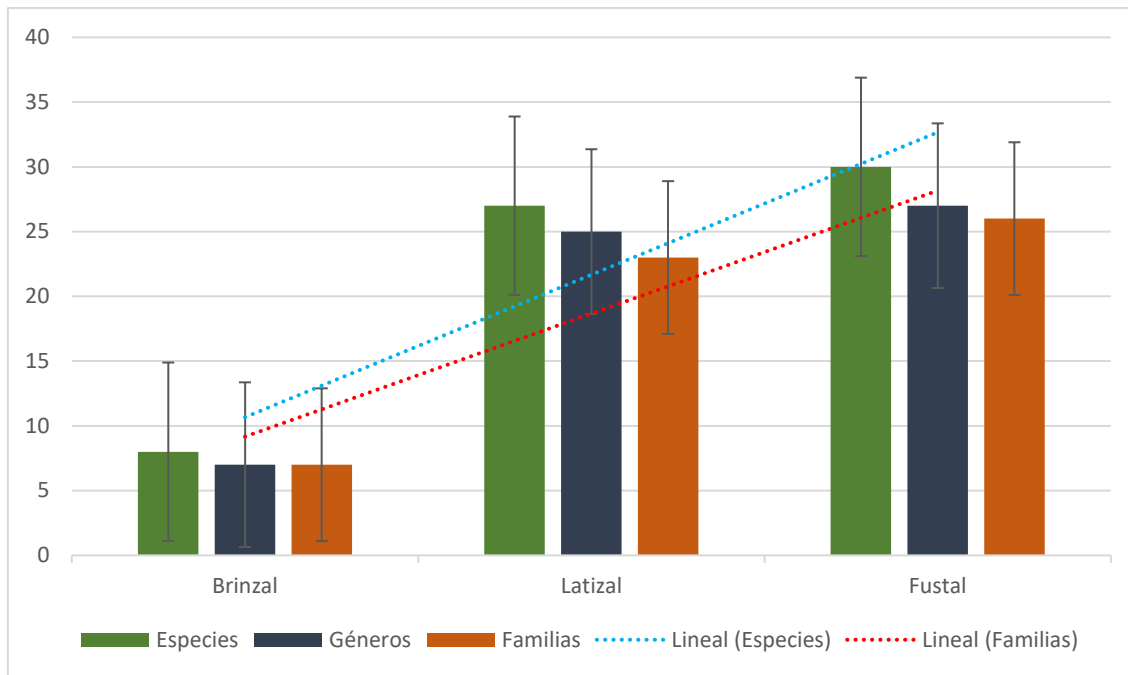


Figura 4. Composición florística por categoría de regeneración de la Reserva Natural El Cristal

En la Tabla 3 se presenta la composición florística de los individuos leñosos mayores a 5 cm de DAP registrada en los sitios de muestreo (4 800 m²) de la Reserva Natural El Cristal. Se observa que el mayor número de especies e individuos se registra en el estadio tres. La lista de especies de esta categoría se muestra en el Anexo 1.

Tabla 3. Composición florística de los individuos leñosos mayores a 5 cm de DAP (fustal) por estadio sucesional en la Reserva Natural El Cristal

	E1 (10-20 años)	E2 (20-30 años)	E3 (30-40 años)	Ecosistema de referencia
Especies	6	10	16	22
Géneros	6	10	15	20
Familias	6	10	15	20
Individuos	124	103	248	180

En la Tabla 4 consta la composición florística de la categoría de regeneración natural latizal en un área de muestreo de 1 500 m², existe mayor diversidad de familias, géneros y especies en el ecosistema de referencia; seguido del estadio 3. En el Anexo 2 se detalla la lista de especies registradas en la categoría latizal.

Tabla 4. Composición florística de la categoría latizal por estadio sucesional en la Reserva Natural El Cristal

Estadios de sucesión	E1 (10-20 años)	E2 (20-30 años)	E3 (30-40 años)	Ecosistema de referencia
Especies	12	10	13	20
Géneros	11	10	13	19
Familias	11	10	12	18
Individuos	36	29	38	67

En la Tabla 5 se muestra el número de individuos, especies, géneros y familias registradas en la categoría brinzal de un área de 60 m². La composición florística es mayor en el ecosistema de referencia; la diversidad es mayor en el estadio 2, seguido del estadio 3 y finalmente el estadio 1 que presentó dos especies para esta categoría. La composición florística de la categoría brinzal registrada en la Reserva Natural El Cristal se detalla en el Anexo 3.

Tabla 5. Composición florística de la categoría brinzal por estadio sucesional en la Reserva Natural El Cristal

Estadios de sucesión	E1 (10-20 años)	E2 (20-30 años)	E3 (30-40 años)	Ecosistema de referencia
Especies	2	5	4	6
Géneros	2	4	4	6
Familias	2	4	4	6
Individuos	2	17	12	14

6.2. Composición florística de la vegetación por estadio sucesional en la Reserva Natural El Cristal

En la Tabla 6 se presenta la composición florística por estadio sucesional, se observa el proceso de recuperación de la vegetación, reflejado en el número de especies, géneros y familias, el estadio uno y el estadio dos muestran una mínima diferencia en cuanto a su composición; por su parte, el estadio tres muestra mayor diversidad que el estadio uno y dos, pero menor que el ecosistema de referencia. En el ecosistema de referencia se registró 26 especies que corresponden a 24 géneros y 23 familias.

Tabla 6. Composición florística de la Reserva Natural El Cristal, por estadio sucesional

	E1 (10-20 años)	E2 (20-30 años)	E3 (30-40 años)	Ecosistema de referencia
Especies	14	15	20	26
Géneros	12	14	19	24
Familias	12	14	18	23
Individuos	162	149	298	261

En la Figura 5 se muestra la composición florística por estadio sucesional, donde a medida que pasan los años, la diversidad tiende a aumentar. Este patrón es adecuado para comprender la dinámica de las comunidades vegetales en sucesión y tiene importantes implicaciones para la conservación y restauración pasiva de ecosistemas degradados dentro de la Reserva Natural El Cristal.

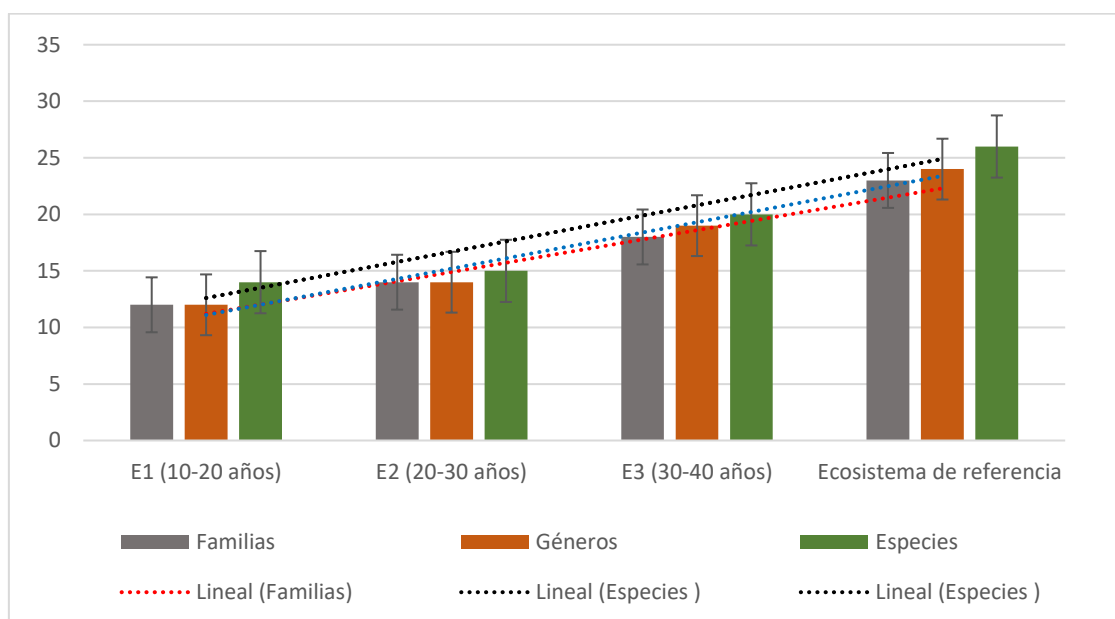


Figura 4. Composición florística por estadio sucesional en la Reserva Natural El Cristal

6.3. Parámetros estructurales de la vegetación por estadio sucesional en la Reserva Natural El Cristal

6.3.1. Estadio 1: abandono de entre 10 a 20 años

En la Tabla 7 se muestra las especies con mayor índice de valor de importancia (IVI) registradas en el estadio 1 que corresponde al ecosistema con un periodo de abandono de 10 a 20 años, donde *Alnus acuminata* presenta el valor más alto (36,48 %) de IVI, debido a su densidad (192 individuos) y presente en dos de las tres categorías de regeneración. Las especies que presentan el IVI más bajo son: *Cinchona officinalis*, *Hedyosmum racemosum* y *Vismia baccifera*. Los resultados de los cálculos se muestran en el Anexo 4.

Tabla 7. Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies registradas en el estadio 1

Especies	Densidad relativa	Frecuencia relativa	IVI ₁₀₀
<i>Alnus acuminata</i> Kunth	62,96	10,00	36,48
<i>Frangula granulosa</i> (Ruíz & Pav.)	7,41	10,00	8,70
<i>Heliocarpus americanus</i> L.	7,41	10,00	8,70
<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC.	4,94	10,00	7,47
<i>Myrsine sodiroana</i> (Mez) Pipoly	3,70	10,00	6,85
<i>Oreopanax ecuadorensis</i> Seem.	1,85	10,00	5,93
<i>Verbesina cf. arborea</i> Kunth	4,32	5,00	4,66
<i>Verbesina arborea</i> Kunth	1,85	5,00	3,43
<i>Boehmeria caudata</i> (Poir.) Bonpl.	1,23	5,00	3,12
<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	1,23	5,00	3,12
<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	1,23	5,00	3,12
<i>Cinchona officinalis</i> L.	0,62	5,00	2,81
<i>Hedyosmum racemosum</i> (Ruiz & Pav.) G. Don	0,62	5,00	2,81
<i>Vismia baccifera</i> (L.) Triana & Planch.	0,62	5,00	2,81
Total	100	100	100

6.3.2. Estadio 2: abandono de entre 20 a 30 años

En la Tabla 8 se presenta el IVI de las especies registradas en el ecosistema con un periodo de abandono de 20 a 30 años (estadio 2), se reportó 15 especies entre las tres categorías de regeneración, donde *Myrsine sodiroana* presenta el IVI más alto (20,09 %), con 42 individuos registrados y presente en las tres categorías de regeneración; las especies con el menor IVI (2,34 %) en el estadio 2 son: *Verbesina* cf. *arborea*, *Myrcianthes fragrans* y *Clusia latipes*, que estuvieron presentes en una categoría de regeneración con un individuo cada una. Los cálculos se muestran en el Anexo 5.

Tabla 8. Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies registradas en el estadio 2

Especies	Densidad relativa	Frecuencia relativa	IVI₁₀₀
<i>Myrsine sodiroana</i> (Mez) Pipoly	28,19	12,00	20,09
<i>Alnus acuminata</i> Kunth	24,16	4,00	14,08
<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	13,42	12,00	12,71
<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A.	5,37	12,00	8,68
<i>Frangula granulosa</i> (Ruíz & Pav.)	7,38	8,00	7,69
<i>Euphorbia laurifolia</i> Juss. ex Lam.	9,40	4,00	6,70
<i>Boehmeria caudata</i> (Poir.) Bonpl.	2,68	8,00	5,34
<i>Cupania cinerea</i> Poepp.	2,01	8,00	5,01
<i>Vismia baccifera</i> (L.) Triana & Planch.	1,34	8,00	4,67
<i>Aiouea dubia</i> . (Kunth) Mez	1,34	4,00	2,67
<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	1,34	4,00	2,67
<i>Oreopanax rosei</i> Harms	1,34	4,00	2,67
<i>Clusia latipes</i> Planch. & Triana	0,67	4,00	2,34
<i>Myrcianthes fragrans</i> (Sw.) McVaugh	0,67	4,00	2,34
<i>Verbesina</i> cf. <i>arborea</i> Kunth	0,67	4,00	2,34
Total	100	100	100

6.3.3. Estadio 3: abandono de entre 30 a 40 años

En la Tabla 9 se presenta el IVI de las especies registradas en el estadio 3, que corresponde al ecosistema con un periodo de restauración pasiva de 30 a 40 años, se

reportó 20 especies entre las tres categorías de regeneración, donde *Myrsine sodiroana* presenta el IVI más alto (18,81%), con 91 individuos registrados y presente en las tres categorías. Las especies que registraron el IVI más bajo (1,68 %) son: *Casearia sylvestris*, *Cedrela montana*, *Cinchona officinalis*, *Clethra revoluta* y *Podocarpus oleifolius*, que registraron un individuo en una categoría de regeneración. Los cálculos del IVI del estadio 3 se detallan en el Anexo 6.

Tabla 9. Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies registradas en el estadio 3

Especies	Densidad relativa	Frecuencia relativa	IVI₁₀₀
<i>Myrsine sodiroana</i> (Mez) Pipoly	30,54	9,09	19,81
<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC.	19,46	6,06	12,76
<i>Myrcianthes fragrans</i> (Sw.) McVaugh	11,07	6,06	8,57
<i>Cupania cinerea</i> Poepp.	6,71	9,09	7,90
<i>Alnus acuminata</i> Kunth	10,74	3,03	6,88
<i>Frangula granulosa</i> (Ruíz & Pav.)	4,03	9,09	6,56
<i>Meliosma</i> sp	6,38	6,06	6,22
<i>Oreopanax ecuadorensis</i> Seem.	2,01	6,06	4,04
<i>Saurauia bullosa</i> Wawra	1,34	6,06	3,70
<i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz & Pav.)	1,01	6,06	3,53
<i>Clusia latipes</i> Planch. & Triana	0,67	6,06	3,37
<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	2,68	3,03	2,86
<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	0,67	3,03	1,85
<i>Weinmannia fagaroides</i> Kunth	0,67	3,03	1,85
<i>Boehmeria caudata</i> (Poir.) Bonpl.	0,34	3,03	1,68
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	0,34	3,03	1,68
<i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.	0,34	3,03	1,68
<i>Cinchona officinalis</i> L.	0,34	3,03	1,68
<i>Clethra revoluta</i> (Ruiz & Pav.) Spreng.	0,34	3,03	1,68
<i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don	0,34	3,03	1,68
Total	100	100	100

6.3.4. Ecosistema de referencia: bosque en área cercana

En la Tabla 10 se presenta el IVI de las especies registradas en el ecosistema de referencia, que comprende la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Podocarpus y, actualmente forma parte del programa de conservación socio bosque. *Myrsine sodiroana* fue la especie con mayor IVI (10,21 %) con 37 individuos registrados en las tres categorías de regeneración, seguido de *Cupania cinerea* presente en tres categorías con 23 individuos. Las especies con el IVI más bajo (1,23 %) son *Brunellia* sp., *Hedyosmum racemosum* y *Schfflera acuminata*, las cuales registran un individuo en una sola categoría de regeneración. En el Anexo 7 se muestra el IVI de las especies registradas en el ecosistema de referencia.

Tabla 10. Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies registradas en el ecosistema de referencia

Especies	Densidad relativa	Frecuencia relativa	IVI ₁₀₀
<i>Myrsine sodiroana</i> (Mez) Pipoly	14,18	6,25	10,21
<i>Cupania cinerea</i> Poepp.	8,81	6,25	7,53
<i>Frangula granulosa</i> (Ruíz & Pav.)	7,28	6,25	6,76
<i>Cinchona officinalis</i> L.	6,13	6,25	6,19
<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC.	5,75	6,25	6,00
<i>Clusia latipes</i> Planch. & Triana	6,51	4,17	5,34
<i>Alnus acuminata</i> Kunth	8,43	2,08	5,26
<i>Oreopanax ecuadorensis</i> Seem.	4,21	6,25	5,23
<i>Myrcianthes fragrans</i> (Sw.) McVaugh	5,75	4,17	4,96
<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	5,75	4,17	4,96

6.4. Parámetros estructurales de las especies por categorías de regeneración en la Reserva Natural El Cristal

6.4.1. Parámetros estructurales de la categoría fustal

En la Tabla 11 se muestra las diez especies del componente arbóreo con mayor índice de valor de importancia reportadas para los árboles, se evidencia la dominancia de *Alnus acuminata*, ya que fue reportado en el 100 % de los estadios sucesionales y en 91,6

% de los sitios de muestreo establecidos, siendo una especie dominante con 32,26 % de IVI. Otra especie ecológicamente importante es *Myrsine sodiroana* con un IVI de 11,17 % y una densidad de 138 individuos que están presentes en el estadio dos, tres y en el ecosistema de referencia. También *Siparuna muricata* se registró con 73 individuos que están presentes en los cuatro estadios sucesionales. En el Anexo 8 se presenta el índice de valor de importancia de las especies registradas en la Reserva Natural El Cristal, dentro de la categoría de árboles.

Tabla 11. Índice Valor de Importancia (IVI) de las 10 especies sobresalientes de los individuos leñosos mayores a 5 cm de DAP

Especies	Densidad Relativa	Frecuencia Relativa	Dominancia Relativa	IVI₁₀₀
<i>Alnus acuminata</i> Kunth	29,16	7,41	60,22	32,26
<i>Myrsine sodiroana</i> (Mez) Pipoly	21,07	5,56	6,88	11,17
<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A.	11,15	7,41	5,43	7,99
<i>Cupania cinerea</i> Poepp.	4,12	3,70	5,92	4,58
<i>Frangula granulosa</i> (Ruiz & Pav.)	3,82	7,41	1,71	4,31
<i>Myrcianthes fragrans</i> (Sw.) McVaugh	5,34	3,70	1,49	3,51
<i>Meliosma</i> sp.	3,82	3,70	2,51	3,34
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	2,14	3,70	4,15	3,33
<i>Clusia latipes</i> Planch. & Triana	2,75	5,56	1,11	3,14
<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	2,90	3,70	1,32	2,64

6.4.2. Parámetros estructurales de la categoría latizal

En la Tabla 12 se muestra las diez especies con mayor IVI simplificado para la categoría latizal, se evidencia la dominancia de *Frangula granulosa* con 69 individuos en los cuatro estadios sucesionales, otra de las especies importante en esta categoría es *Myrsine sodiroana*, la cual presentó 59 registros y estuvo presente en los cuatro estadios sucesionales. *Siparuna muricata*, presento 22 registros en los cuatro estadios. La lista de las especies presentes en la categoría latizal se presentan en el Anexo 9.

Tabla 12. Índice Valor de Importancia simplificado (IVI) de las 10 especies sobresalientes de la categoría latizal

Especies	Densidad Relativa	Frecuencia Relativa	IVI₁₀₀
<i>Frangula granulosa</i> (Ruíz & Pav.)	14,71	7,27	10,99
<i>Myrsine sodiroana</i> (Mez) Pipoly	12,94	7,27	10,11
<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A.	7,65	7,27	7,46
<i>Myrcianthes fragrans</i> (Sw.) McVaugh	8,24	5,45	6,84
<i>Oreopanax ecuadorensis</i> Seem.	7,65	5,45	6,55
<i>Cupania cinerea</i> Poepp.	7,06	5,45	6,26
<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	7,06	5,45	6,26
<i>Cinchona officinalis</i> L.	5,88	5,45	5,67
<i>Verbesina</i> cf. <i>arborea</i> Kunth	4,71	3,64	4,17
<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	3,53	3,64	3,58

6.4.3. Parámetros estructurales de la categoría brinzal

En la Tabla 13 se presenta el IVI simplificado de las especies registradas en esta categoría, se destacan *Myrsine sodiroana*, con una densidad de 16 registros, siendo la única especie presente en los cuatro estadios con un IVI de 24,54 %, seguido de *Cupania cinerea* con 16,60 % de IVI; en tercer lugar se encuentra *Oreopanax ecuadorensis* que presenta un IVI de 13,27 %.

Tabla 13. IVI simplificado de las especies registradas en la categoría brinzal de los tres estadios

Especies	Densidad Relativa	Frecuencia Relativa	IVI₁₀₀
<i>Myrsine sodiroana</i> (Mez) Pipoly	35,56	23,53	29,54
<i>Cupania cinerea</i> Poepp.	15,56	17,65	16,60
<i>Oreopanax ecuadorensis</i> Seem.	8,89	17,65	13,27
<i>Frangula granulosa</i> (Ruíz & Pav.)	8,89	11,76	10,33
<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	13,33	5,88	9,61
<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A.	6,67	11,76	9,22
<i>Cinchona officinalis</i> L.	6,67	5,88	6,27
<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	4,44	5,88	5,16

6.5. Diversidad por estadio sucesional de la vegetación en la Reserva Natural El Cristal

El índice de diversidad de Shannon en el estadio uno es de 1,49 tomando en cuenta las tres categorías de regeneración, siendo el estadio que presenta menor diversidad; sin embargo, se encuentra dentro del rango de diversidad media tal como se muestra en la Tabla 14, la diversidad es proporcional al tiempo de abandono en cada estadio; es decir, a medida que transcurre el tiempo la diversidad aumenta. En cuanto al índice de equitatividad de Pielow el estadio uno presenta el índice menor (0,59), mientras que el estadio dos y tres con un valor de 0,83 es ligeramente heterogéneo en abundancia y tiene una diversidad media. En los dos casos el ecosistema de referencia presenta la mayor diversidad.

Tabla 14. Índices de diversidad por estadio sucesional

	E1 (10-20 años)	E2 (20-30 años)	E3 (30-40 años)	Ecosistema de referencia
Shannon	1,49	2,05	2,15	2,89
Pielow	0,59	0,83	0,83	0,93

Índice de Shannon: 0-1,35 diversidad baja; 1,36-3,5 diversidad media; > 3,5 diversidad alta.
Índice de equitatividad de Pielow: 0 – 0,33 Heterogéneo en abundancia y diversidad baja; 0,34–0,66 Ligeramente heterogéneo en abundancia y diversidad media; > 0,67 Homogéneo en abundancia y alta diversidad (Aguirre, 2013).

6.6. Diversidad por categoría de regeneración natural en la Reserva Natural El Cristal

En la categoría fustal el índice de diversidad de Shannon es de 2,40 para los individuos mayores a 5 cm de DAP en los cuatro estadios sucesionales, siendo un valor que califica como diversidad media. En cuanto al índice de equitatividad de Pielow en los cuatro estadios sucesionales es de 0,85 siendo homogéneo en abundancia y con alta diversidad. En la Tabla 15 se indica los valores de los índices de diversidad y equitatividad por estadio sucesional. El estadio uno con un periodo de abandono de 10 a 20 años presenta baja diversidad de especies y es ligeramente heterogéneo en cuanto a la

abundancia. El estadio dos y tres son medianamente similares en cuanto a la diversidad con valores de 1,73 y 1,96 respectivamente, mientras que el ecosistema de referencia registra un valor de 2,80 catalogado como diversidad alta.

Tabla 15. Índice de diversidad de Shannon y de Equitatividad de Pielow para los individuos mayores a 5 cm de DAP

	E1 (10-20 años)	E2 (20-30 años)	E3 (30-40 años)	Ecosistema de referencia	General
Shannon	0,74	1,73	1,96	2,80	2,40
Pielow	0,33	0,77	0,81	0,92	0,85

Índice de Shannon: 0-1,35 diversidad baja; 1,36-3,5 diversidad media; > 3,5 diversidad alta.

Índice de equitatividad de Pielow: 0-0,33 Heterogéneo en abundancia y diversidad baja; 0,34-0,66 Ligeramente heterogéneo en abundancia y diversidad media; > 0,67 Homogéneo en abundancia y alta diversidad (Aguirre, 2019).

Para la categoría latizal el índice de diversidad de Shannon registrado en los cuatro estadios es de 2,63 demostrando que existe una diversidad media, y el índice de equitatividad de Pielow registra un valor de 0,90 siendo homogéneo en abundancia, con una alta diversidad. El ecosistema de referencia presenta mayor número de individuos y de especies registradas, por ende el índice de diversidad de Shannon y de equitatividad de Pielow es mayor que los demás estadios (ver Tabla 16).

Tabla 16. Índice de diversidad de Shannon y de Equitatividad de Pielow para la categoría latizal

	E1 (10-20 años)	E2 (20-30 años)	E3 (30-40 años)	Ecosistema de referencia	General
Shannon	2,00	1,53	2,04	2,55	2,63
Pielow	0,82	0,69	0,81	0,90	0,90

En la Tabla 17 se muestra los índices de diversidad de Shannon y de equitatividad de Pielow para la categoría brinzal, se evidencia que a nivel general presenta una diversidad media con un valor de 1,86. En cuanto al índice de equitatividad de Pielow registró un valor de 0,80 catalogándola como homogénea en abundancia y con una alta diversidad. Los valores registrados por estadio sucesional muestran que existe una homogeneidad en abundancia en los estadios dos, tres y el ecosistema de referencia con

valores por encima de 0,67; mientras que el estadio uno presenta un valor de 0,50. En cuanto a la diversidad de Shannon los valores registrados en los estadios sucesionales dos, tres y el ecosistema de referencia se encuentran en el rango de 1,36 - 3,5 que corresponde a diversidad media, mientras que el estadio uno presenta una baja diversidad con un valor de 0,69 que corresponde a dos especies.

Tabla 17. Índice de diversidad de Shannon y de Equitatividad de Pielow para la categoría brinzal

	E1 (10-20 años)	E2 (20-30 años)	E3 (30-40 años)	Ecosistema de referencia	General
Shannon	0,69	1,32	1,24	1,71	1,86
Pielow	0,50	0,69	0,68	0,81	0,80

6.7. Comparación de la composición, estructura y diversidad florística de la vegetación en tres estadios sucesionales en la Reserva Natural El Cristal

La similitud florística se determinó mediante el índice de Sorensen, en la Tabla 18 se presenta los porcentajes de similitud entre estadios, se observa que existe mayor similitud entre los estadios tres y cuatro con 0,69 y 16 especies en común. Y se observa la mayor disimilitud entre los estadios dos y cuatro con 0,48, los cuales comparten 10 especies en común.

Tabla 18. Índice de Sorensen entre estadios sucesionales

Estadios	E1	E2	E3	E4
E1	-	0,62	0,52	0,50
E2	9	-	0,57	0,48
E3	9	10	-	0,69
E4	10	10	16	-

Nota: E1 = Estadio 1 (10 – 20 años de abandono), E2 = Estadio 2 (20 – 30 años de abandono), E3 = Estadio 3 (30 – 40 años de abandono) y E4 = Ecosistema de referencia.

Números con decimales corresponde al índice de Sorensen; número entero especies en común

En la Figura 6 se muestra la similitud presente en los estadios en análisis, se observa dos grupos con cierta similitud uno y dos y, tres y cuatro. Y lo que representa en

términos de diferencia de especies, es decir, se observa que existe heterogeneidad de especies.

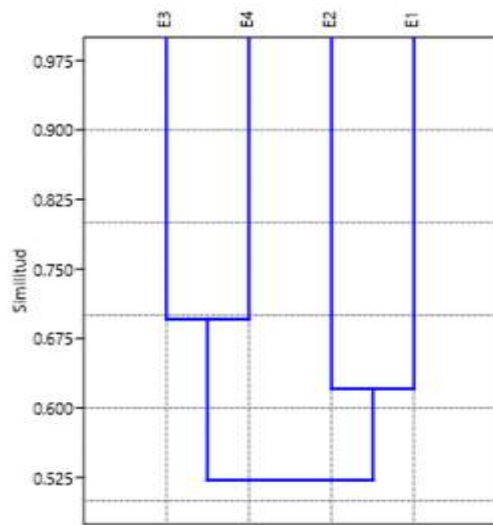


Figura 5. Dendrograma de similitud entre estadios sucesionales estudiados en la Reserva Natural El Cristal

6.8. Comparación de la composición, estructura y diversidad florística de los estadios sucesionales, considerando las categorías de regeneración natural

En la Tabla 19 se presenta valores de los índices de similitud de Sorensen que permiten conocer el nivel de similitud entre los estadios analizados, para la categoría fustal. En este caso, existe mayor disimilitud entre los estadios uno y tres que corresponde al estadio en un rango de edad de 10 a 20 años de abandono, en relación al estadio tres con un periodo de abandono mayor a 30 años. Existe mayor similitud en los estadios tres y cuatro que corresponde al ecosistema mayor a 30 años de abandono en relación al ecosistema de referencia, con un valor de 0,63.

Tabla 19. Índice de similitud de Sorensen de la categoría fustal en los estadios de análisis

Estadios	E1	E2	E3	E4
E1	-	0,50	0,27	0,29
E2	4	-	0,54	0,38
E3	3	7	-	0,63

Estadios	E1	E2	E3	E4
E4	4	6	12	-

Nota: E1 = Estadio 1 (10 – 20 años de abandono), E2 = Estadio 2 (20 – 30 años de abandono), E3 = Estadio 3 (30 – 40 años de abandono) y E4 = Ecosistema de referencia.
Número decimal el índice de Sorensen; número entero especies en común

En la Figura 7 se muestra la relación existente entre estadios, donde se observa la similitud entre los estadios tres que corresponde al ecosistema con una recuperación mayor a 30 años y el estadio cuatro que es el ecosistema de referencia; de igual forma se evidencia mayor disimilitud entre los grupos del estadio uno y dos con el grupo del estadio tres y cuatro.

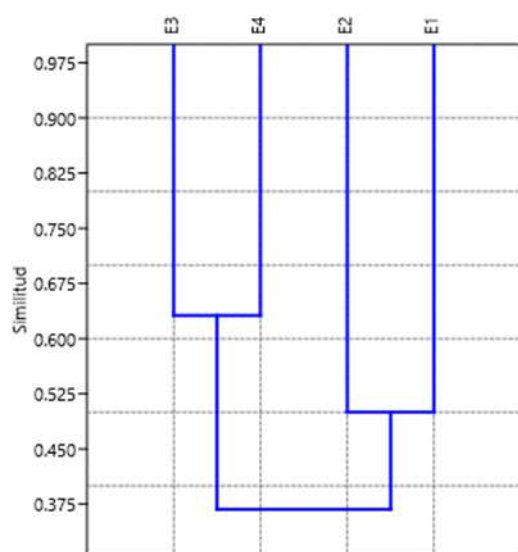


Figura 6. Dendrograma que muestra la similitud (Índice de Sorensen) de la categoría fustal registrado en los estadios estudiados en la Reserva Natural El Cristal

Los índices de similitud de Sorensen de la categoría latizal se muestran en la Tabla 20, los cuales reflejan que existe mayor similitud entre los estadios tres y cuatro, con un valor de 0,73 y comparten 13 especies en común. Por otra parte, el estadio uno y tres; y, dos y cuatro son los estadios que presentan mayor disimilitud, en los cuales se registró 6 especies en común.

Tabla 20. Índices de similitud de Sorensen de la categoría latizal registrados en los estadios estudiados en la Reserva Natural El Cristal

Estadios	E1	E2	E3	E4
E1	-	0,55	0,40	0,50
E2	7	-	0,43	0,40
E3	6	6	-	0,73
E4	9	6	13	-

Nota: E1 = Estadio 1 (10 – 20 años de abandono), E2 = Estadio 2 (20 – 30 años de abandono), E3 = Estadio 3 (30 – 40 años de abandono) y E4 = Ecosistema de referencia.
 Numero decimal el índice de Sorensen, número entero especies en común.

En la Figura 8 se muestra dos grupos bien diferenciados, los estadios uno y dos son medianamente parecidos, diferentes a los estadios tres y cuatro que son más homogéneos entre sí.

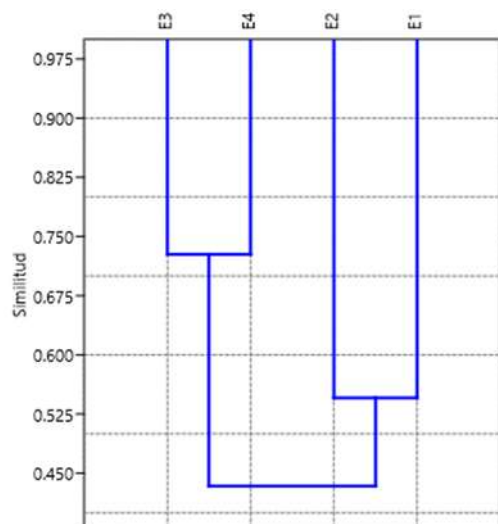


Figura 7. Dendrograma que demuestra la similitud de la categoría latizal registrados en la Reserva Natural El Cristal

En la Tabla 21 se muestra los índices de similitud de Sorensen para la categoría brinzal, la cual refleja mayor similitud entre el estadio tres y cuatro con un valor de 0,80 con 4 especies en común, mientras que existe mayor heterogeneidad entre los estadios uno y dos con 0,29 de similitud, los tienen una especie en común.

Tabla 21. Índices de similitud de Sorensen de la categoría brinjal registrados en los estadios estudiados en la Reserva Natural El Cristal

Estadios	E1	E2	E3	E4
E1	-	0,29	0,67	0,50
E2	1	-	0,44	0,55
E3	2	2	-	0,80
E4	2	3	4	-

Nota: E1 = Estadio 1 (10 – 20 años de abandono), E2 = Estadio 2 (20 – 30 años de abandono), E3 = Estadio 3 (30 – 40 años de abandono) y E4 = Ecosistema de referencia.
 Numero decimal el índice de Sorensen, numero entero especies en común

En la Figura 9 se muestra la similitud de Sorensen, se diferencia dos grupos; los estadios tres y cuatro que son medianamente parecidos entre sí, mientras que los estadios uno y dos presentan cierta homogeneidad, pero diferentes al grupo del estadio tres y cuatro.

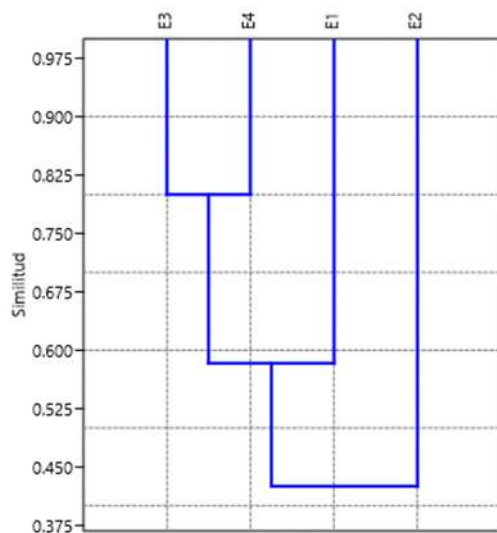


Figura 8. Dendrograma que muestra la similitud de la categoría brinjal registrada en los estadios de sucesión estadios en la Reserva Natural El Cristal.

7. Discusión

7.1. Composición florística de la vegetación por categoría sucesional en la Reserva Natural El Cristal

La composición florística es un factor clave para determinar el estado sucesional y la capacidad de recuperación de un ecosistema, en este caso se registró que la composición florística de los árboles con DAP igual o mayor a 5 cm en tres estadios sucesionales en la Reserva Natural El Cristal es de 30 especies, distribuidas en 27 géneros y 26 familias, resultados similares a los reportados por Aguirre et al. (2022), quienes en un estudio acerca de la dinámica de crecimiento de especies forestales en el bosque andino del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, registraron 44 especies, 38 géneros y 29 familias botánicas; y éstos resultados difieren a lo reportado por Ramírez (2023), quien en un estudio de estructura y dinámica sucesional de la regeneración natural del bosque siempreverde piemontano de Zamora Chinchipe reportó 125 especies, 88 géneros y 41 familias botánicas.

La diversidad de especies en la categoría brinzal (8) y latizal (27) es diferente a los resultados reportados por Aguirre et al. (2023), quienes encontraron 17 especies en la categoría brinzal y 21 en latizal, probablemente esta diferencia se debe al uso del suelo, ya que el ecosistema de la Reserva Natural El Cristal es un ecosistema natural en recuperación, mientras que el estudio del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro” se realizó bajo el dosel de plantaciones forestales y bosque andino. Por otra parte, en estudios de Aguirre et al. (2023), acerca de procesos sucesionales de la vegetación bajo plantaciones forestales y bosque andino en la hoya de Loja, considerando individuos con diámetros ≥ 10 cm encontraron 24 especies, 21 géneros y 22 familias, bajo la plantación de *Pinus radiata* y 28 especies pertenecientes a 24 géneros y 21 familias, bajo la plantación de *Eucalyptus globulus*.

Lo importante con estos resultados es que la riqueza específica por estadio sucesional tanto en la categoría de fustal, latizal y brinzal, evidencia la recuperación vegetal cronológica en la Reserva Natural El Cristal, es decir, los estadios iniciales presentan baja diversidad y una abundante dominancia de especies pioneras, lo contrario sucede en estadios sucesionales con un periodo de recuperación mayor, donde se observa la presencia de especies características de un ecosistema maduro; existe mayor número

de especies géneros y familias en el estadio tres que corresponde a un periodo de abandono mayor a 30 años. Estos datos se corresponden con los resultados de Aguirre et al. (2019), quienes en un estudio de sucesión natural bajo plantaciones de *Pinus radiata* D. Don y *Eucalyptus globulus* Labill., en el sur del Ecuador aseveran que existe mayor diversidad específica en el dosel de plantaciones con mayor edad, mientras que las plantaciones con periodos más cortos presentan una diversidad específica baja.

Esta riqueza específica contribuye a la restauración de ecosistemas, donde es evidente la presencia de fauna silvestre que desempeña un importante rol en la dispersión de semillas, y en el dinamismo interno del ecosistema.

7.2. Parámetros estructurales de la vegetación en la Reserva Natural El Cristal

Las especies con mayor IVI en la Reserva Natural El Cristal, dentro de la categoría fustal, fueron *Alnus acuminata*, *Myrsine sodiroana* y *Siparuna muricata*, diferente a lo reportado por Aguirre et al. (2021), quienes registran a *Piper barbatum*, *Viburnum triphyllum* y *Frangula granulosa* como las especies con mayor IVI; por otra parte, Aguirre et al. (2019), registraron a *Rhamnus granulosa*, *Piper bogotense* y *Peperomia galioides* como las especies con mayor IVI bajo la plantación de *Pinus radiata* y *Clusia latipes*, *Viburnum triphyllum* y *Axonopus compressus*, bajo la plantación de *Eucalyptus globulus*, en todos los casos se observa recuperación de especies y formación de masas forestales que a futuro serán bosques diversos.

También se reflejan resultados diferentes a los descritos por Aguirre et al. (2021), quienes en un estudio sobre monitoreo de la sucesión de especies vegetales leñosas bajo una plantación de *Pinus radiata* D. Don, en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, mencionan que las especies con mayor IVI son *Piper barbatum* y *Viburnum triphyllum* en las tres categorías de regeneración natural; resultados muy parecidos a los reportados por Aguirre et al. (2023), quienes registran a *Piper barbatum* y *Viburnum triphyllum* como las especies con mayor IVI, bajo la plantaciones de *Pinus radiata* y a *Solanum aphyodendron* y *Miconia obscura* bajo *Eucalyptus globulus*. Probablemente la diferencia en especies se deba al ecosistema naturales o de referencia cercanos a los estadios sucesionales en recuperación; sin embargo, comparten especies como: *Piper barbatum*, *Viburnum triphyllum* y *Frangula granulosa*. Estas especies son propias de estadios tempranos y características de ecosistemas en procesos de recuperación, por lo

tanto se podrían considerar especies pioneras potenciales para procesos de recuperación asistida.

Los resultados obtenidos en este estudio pueden ser útiles para orientar futuras acciones de restauración o manejo de los ecosistemas alterados en los andes de Ecuador, destacando la importancia de conservar y proteger las especies relevantes de cada estrato vegetal y éstas puedan ser utilizadas en procesos de restauración asistida. En la Reserva Natural El Cristal, se registra la dominancia de *Alnus acuminata* presente en el 96 % de los sitios de muestreo, mientras que en los estudios de Aguirre et al. (2019), las especies dominantes son: *Rhamnus granulosa* (284 ind/ha), *Piper bogotense* (255 ind/ha) y *Peperomia galioides*,

7.3. Diversidad por estadio sucesional y categoría de regeneración en la Reserva Natural El Cristal

El índice de diversidad de Shannon por estadio sucesional refleja la importancia del tiempo en la restauración de áreas degradadas, el estadio uno con un periodo de abandono de 10 a 20 años es el ecosistema con menor diversidad (1,49), a diferencia del estadio tres con un periodo de abandono mayor a 30 años que presenta mayor diversidad (2,15) de los ecosistemas en recuperación. Estos resultados apoyan a la idea de Ramírez y Lozano (2023), quienes aseguran que la abundancia y riqueza de especies tienden a recuperar la estructura del bosque de acuerdo al periodo de abandono.

En términos generales y de acuerdo a los índices de diversidad de Shannon (2,40) y Pielow (0,85) en la categoría fustal, la Reserva Natural El Cristal presenta una diversidad media. Estos resultados difieren de los obtenidos por Aguirre et al. (2023), quienes reportaron valores de 3,99 para Shannon, siendo un ecosistema altamente diverso y, 1,95 para Pielow. Por su parte, Aguirre et al. (2019), obtuvieron valores de 3,25 para Shannon catalogado como un ecosistema con diversidad media. La información recabada refleja la recuperación de los ecosistemas conforme pasa el tiempo; es decir, a mayor periodo de abandono la diversidad y composición florística aumenta en cada uno de los estadios evaluados, esta información es corroborada con los estudios de Aguirre et al. (2019); Aguirre et al. (2023), sobre sucesión natural bajo plantaciones de *Pinus radiata* D. Don y *Eucalyptus globulus* Labill., desarrollados en la hoya de Loja, quienes afirman que a mayor edad de las plantaciones o áreas en recuperación, la diversidad aumenta.

7.4. Comparación de la diversidad, estructura y composición florística de la vegetación en tres estadios sucesionales de la vegetación en la Reserva Natural El Cristal

A través del índice de similitud de Sorensen se determinó la similitud entre estadios sucesionales dentro de la Reserva Natural El Cristal, la similitud florística muestra un patrón interesante en cuanto a la composición de especies en los estadios sucesionales analizados. Con un porcentaje de similitud de 0,69 y 16 especies compartidas, el estadio tres es el que más se asemeja al ecosistema de referencia (E4); estos resultados expresan que, a medida que el ecosistema avanza en su sucesión, la composición de especies tiende a estabilizarse y a converger hacia un estado más homogéneo caracterizado por la presencia de un conjunto común de especies adaptadas a las condiciones del ambiente establecido. Estos resultados difieren de lo reportado por Ramírez (2023), quien manifiesta que la composición florística de las especies de la regeneración natural total, no formó grupos distintos florísticamente.

Por otra parte, el estadio más diferente al ecosistema de referencia es el estadio dos con una similitud de 0,48 y 10 especies compartidas entre ellos. Es probable que esta disimilitud se deba a la influencia de factores ambientales o a la presencia de disturbios de carácter antrópico. Además, la presencia de especies pioneras y colonizadoras en el segundo estadio podría diferir considerablemente de las especies dominantes y maduras presentes en el cuarto estadio; sin embargo, Gálvez (2022), menciona que las intervenciones antrópicas en el bosque no inciden en su composición florística, sino que es similar a un ecosistema sin perturbación.

7.5. Comparación de la composición, estructura y diversidad florística de los estadios sucesionales, considerando las categorías de regeneración natural

La regeneración natural en la categoría fustal, es especialmente de especies pioneras con tendencia a aumentar su diversidad y establecerse como bosque, en los estadios iniciales de 10 a 20 años y de 20 a 30 años (E1-E2), esta información es parecida a los resultados expuestos por Ramírez (2023), quien manifiesta que con el paso del tiempo se recupera la estructura del bosque. Esto se logra evidenciar en este estudio, ya que los valores reflejan la importancia del tiempo para la recuperación de un ecosistema a través de la restauración pasiva, ya que el estadio tres, que corresponde al ecosistema

con un periodo de abandono de 30 a 40 años presenta una alta similitud (0,63) con el ecosistema de referencia el cual es un bosque que forma parte del programa de conservación Socio Bosque y se encuentra en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Podocarpus. Esta información es similar a los datos obtenidos por Aguirre et al. (2019), quienes obtienen valores de 0,6 con seis especies en común, siendo medianamente similares entre sí con relación a las especies registradas.

8. Conclusiones

La categoría fustal del estadios tres, es la que registra el mayor número de individuos en regeneración natural, la cual alberga 248 individuos leñosos con DAP mayor o igual a 5 cm, distribuidos en 16 especies diferentes. Estos datos apuntan que en un futuro los ecosistemas podrían estar dominados por árboles nativos, lo que conduciría a la formación de bosques con características muy similares a las de los bosques primarios.

La composición florística por estadio sucesional se incrementa con el paso del tiempo, los estadios sucesionales iniciales muestran escasa composición florística, baja diversidad específica y la dominancia de especies como *Alnus acuminata*, *Myrsine sodiroana* y *Frangula granulosa* que son especies forestales con alto valor de importancia para la Reserva Natural El Cristal.

Existe diferencia en cuanto a la diversidad, estructura y composición florística de la vegetación por estadio sucesional, los estadios tempranos que corresponden a áreas con un periodo de recuperación de hasta 20 años muestran una diversidad baja con dominancia de *Alnus acuminata*, en todos los sitios de muestreo establecidos; mientras que los estadios sucesionales con periodos de abandono de más de 30 años muestran incremento en la diversidad, estructura y composición florística de la vegetación, demostrando que el factor tiempo es clave para la recuperación de áreas degradadas.

La recuperación de la vegetación mediante procesos de sucesión natural son una importante estrategia *in situ* de restauración, ya que se observa el apareamiento y establecimiento de especies típicas y características de estos ecosistemas andinos, conforme se avanza en tiempo de abandono y recuperación. Así, el estadio tres muestra una similitud del 0,69 con el ecosistema de referencia, compartiendo 16 especies en común. Esto refleja la importancia del tiempo en el proceso de recuperación de un ecosistema degradado, evidenciando la progresiva convergencia hacia un estado más estable y diverso.

Es importante resaltar que la disimilitud entre los ecosistemas evaluados en este estudio (es la real diversidad actual) da pautas importantes para entender los procesos ecológicos de la vegetación, ya que demuestra la real diversidad florística que tendrán a futuro posiblemente estos ecosistemas y, que permitirá su diferenciación si fuese el caso.

9. Recomendaciones

Los estudios de restauración de paisaje son escasos a nivel nacional, por ende es necesario fortalecer los trabajos de investigación relacionados con esta rama e, incrementar áreas destinadas a la recuperación, no solo de la estructura de la vegetación sino, de la funcionalidad de un ecosistema.

Promover programas de capacitación *in situ* a propietarios y agricultores de fincas sobre la importancia de mantener y recuperar ecosistemas que hayan sido degradados, el beneficio que brindan a través de la provisión de bienes y servicios ambientales.

Dar continuidad al presente estudio para determinar la efectividad en la restauración pasiva de los distintos ecosistemas que forman parte de la Reserva Natural El Cristal y, que sirva como referente de conservación en ecosistemas similares.

Difundir la información generada en el presente estudio y, con base en los resultados tomar decisiones que aporten a la conservación de ecosistemas y recuperación de áreas degradadas, promoviendo así la sostenibilidad ambiental a largo plazo.

10. Bibliografía

- Aguirre, N., Torres, J., y Velasco-Linares, P. (2013). *Guía para la restauración ecológica en los páramos del Antisana*. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/07/Gu%C3%ADa-Metodol%C3%B3gica-restauracion-p%C3%A1ramos.pdf>
- Aguirre, Z. (2019). *Guía de métodos para medir la biodiversidad*. Universidad Nacional de Loja. <https://zhofreaguirre.files.wordpress.com/2012/03/guia-para-medicic3b3n-de-la-biodiversidad-octubre-7-2011.pdf>
- Aguirre, Z., Alverca, J., y Contento, C. (2022). Dinámica de crecimiento de las especies forestales en una parcela permanente en el bosque seco La Ceiba, Zapotillo, Loja, Ecuador. En R. J. D. Oliveira, *Engenharia Florestal: Contribuições, análises e práticas em pesquisa* (1.^a ed., pp. 105-117). Editora Científica Digital. <https://doi.org/10.37885/220308284>
- Aguirre, Z., Díaz, E., Muñoz, J., y Muñoz, L. (2019). 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. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.263.26306>
- Aguirre, Z., Espinoza, F., Jaramillo, N., y Peña, J. (2021). *Sucesión de especies vegetales leñosas bajo una plantación de Eucalyptus globulus* Labill., en la hoya de Loja, Ecuador. 9(2), 25. <https://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/view/686/pdf>

- Aguirre, Z., González, L., Jaramillo, N., y Peña, J. (2021). Monitoreo de la sucesión de especies vegetales leñosas 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://doi.org/10.46932/sfjdv2n1-075>
- Aguirre, Z., González, L., Muñoz, J., y Muñoz, L. (2023). *Procesos sucesionales de la vegetación bajo plantaciones forestales y bosque andino en la hoya de Loja, Ecuador*. (pp. 107-127). <https://doi.org/10.37885/220809828>
- Aguirre, Z., González, L., Muñoz, J., y Muñoz, L. (2022). Procesos sucesionales de la vegetación bajo plantaciones forestales y bosque andino en la hoya de Loja, Ecuador. En *Conservação e Biodiversidade Amazônica: Potencialidade e incertezas—Volume 2* (1.^a ed., pp. 107-127). Editora Científica Digital. <https://doi.org/10.37885/220809828>
- Aguirre, Z. H., Merchán, J. P., y Granda, G. (2022). Dinámica de crecimiento de especies forestales en el bosque andino del Parque Universitario "Francisco Vivar Castro", Loja, Ecuador. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 10(3), 292-306.
- Ariza, A. (2015). *Monitoreo a procesos de restauración ecológica: Aplicado a ecosistemas terrestres* (D. M. Aguilar Garavito y W. A. Ramírez Hernández, Eds.). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

- Bonilla, N. (2019). *Efecto de la minería a cielo abierto sobre la diversidad y el rol funcional de artrópodos edáficos en áreas con distintas temporalidades de abandono en Condoto, Chocó, Colombia*.
biblioteca.udea.edu.co:8080/leo/bitstream/123456789/6292/1/UrrutiaNelsy_2019_EfectosMineriaCieloAbiertoAtropodosEdaficos.pdf
- Campo, A., y Duval, V. (2014). *Diversidad y valor de importancia para la conservación de la vegetación natural: Parque Nacional Lihué Calel (Argentina)*.
<https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/77965>
- Canto, A. (2014). *Evaluación y propuesta de clasificación de áreas para la conservación de la flora vascular en sistemas vegetacionales mediterráneos, Región Metropolitana, Chile*. [Tesis de pregrado/Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas] Repositorio digital, Universidad de Chile.
<https://n9.cl/qngk6f>
- Castillo Ortiz, M. I., y Cabrera Montecé, D. S. (2022). Gestión institucional del bambú como contribución al desafío de Bonn. *Revista Venezolana de Gerencia: RVG*, 27(Extra 7), 510-521.
- Chapin, F. S., Matson, P. A., y Vitousek, P. M. (2011). *Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology*. Springer New York. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-9504-9>

- Domínguez, R., León, M., Samaniego, J., y Sunkel, O. (2019). *Recursos naturales, medio ambiente y sostenibilidad: 70 años de pensamiento de la CEPAL*. UN. <https://doi.org/10.18356/b89f0453-es>
- Erazo, M., y Cárdenas, R. (2013). *Ecología, Impacto de la problemática ambiental actual sobre la salud y ambiente*. (Ecoe Ediciones). <https://goo.su/ipECO>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO. (2021). *Restaurar la tierra – El próximo decenio: Unasylva No. 252 – Vol. 71 2020/1*. Food & Agriculture Org.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO; Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, UICN; Comisión de Gestión de Ecosistemas y Sociedad para la Restauración Ecológica, SER. (2021). *Principios para la restauración de los ecosistemas como guía para el decenio de las Naciones Unidas 2021-2030*. 21.
- Gálvez, P. (2022). *Impactos del manejo forestal en la regeneración natural y el contenido de carbono en biomasa aérea: Estudio de caso de bosque primario de segunda cosecha y un bosque secundario en Costa Rica* [Tesis de maestría/Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza, CATIE]. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/2246>
- Gann, G. D., McDonald, T., Walder, B., Aronson, J., Nelson, C. R., Jonson, J., Hallett, J. G., Eisenberg, C., Guariguata, M. R., Liu, J., Hua, F., Echeverría, C., Gonzales, E., Shaw, N., Decler, K., y Dixon, K. W. (2019). International principles and

- standards for the practice of ecological restoration. Second edition. *Restoration Ecology*, 27(S1). <https://doi.org/10.1111/rec.13035>
- Harris, J. A., Hobbs, R. J., Higgs, E., y Aronson, J. (2006). Ecological Restoration and Global Climate Change. *Restoration Ecology*, 14(2), 170-176. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2006.00136.x>
- Ministerio del Ambiente de Ecuador [MAE], (2019). *Plan Nacional de Restauración Forestal 2019—2030*. Ministerio del Ambiente de Ecuador. https://initiative20x20.org/sites/default/files/2021-08/MAE_2019_Plan%20Nacional_Restauracion%20%282%29%20%281%29.pdf
- Magurran, A. E. (2021). Measuring biological diversity. *Current Biology*, 31(19), R1174-R1177. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2021.07.049>
- Moreno, C. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. 49(3), 84. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442001000300090
- Moreno, J. (2012). *La estructuración de las comunidades ecológicas por selección natural: Una lección para la ecología de Wallace y Darwin*. 7(2), 6.
- Muñoz, J., Erazo, S., y Armijos, D. (2014). Composición florística y estructura del bosque seco de la quinta experimental “El Chilco” en el suroccidente del Ecuador. *CEDAMAZ*, 4(1), Article 1. <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/view/238>

- Narváez, I. (2007). Capítulo 1. La política ambiental del Estado: ¿Hacia el colapso del modelo de conservación? En G. Fontaine y I. Narváez (Eds.), *Yasuní en el siglo XXI* (pp. 33-73). Institut français d'études andines. <https://doi.org/10.4000/books.ifea.5767>
- Palmer, M., Richard, F., y Ambrosio, N. (1997). *Ecological Theory and Community Restoration Ecology*. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1046/j.1526-100X.1997.00543.x>
- Ramírez, M. E., Limas, E. A., Ortiz, P. R., y Díaz, A. R. (2011). Degradación de suelos por actividades antrópicas en el norte de Tamaulipas, México. *Papeles de Geografía*.
- Ramírez, T., (2023). *Estructura y dinámica sucesional de la regeneración natural en el bosque siempreverde piemontano con intervención de manejo forestal en Zamora Chinchipe, Ecuador*. [Tesis de maestría/Universidad Nacional de Loja]. Repositorio Digital - Universidad Nacional de Loja <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/27845>
- Rodríguez, G. (2009). *La participación en la gestión ambiental: Un reto para el nuevo milenio—PhilPapers*. <https://philpapers.org/rec/RODLPE>
- Samaniego, J. (2020). *Diseño arquitectónico de bajo impacto ambiental de un centro de investigación científica en la reserva El Cristal, del cantón y provincia de Loja*. [Tesis de pregrado Universidad Internacional del Ecuador – SEDE LOJA].

<https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/4105/1/T-UIDE-0807.pdf>

Sociedad Internacional para la Restauración Ecológica [SER], (2004). *SER International Primer on Ecological Restoration*. 4(1), 8.

Soliveres, S., y García, P. (2019). *Sucesión secundaria, interacciones biológicas y funcionamiento de las comunidades asociadas a taludes de carretera: Las interacciones planta-suelo importan más que las planta-planta | Ecosistemas*.
<https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/1718>

Suding, Higgs, E., Palmer, M., Callicott, J., Anderson, C., Baker, M., Gutrich, J., Hondula, K., LaFevor, M., Larson, B., Randall, A., Ruhl, J. B., y Schwartz, K. (2015). Conservation. Committing to ecological restoration. *Science*, 348, 638-640. <https://doi.org/10.1126/science.aaa4216>

Vargas, O. (2011). Restauración Ecológica: Biodiversidad y Conservación. *Acta Biológica Colombiana*, 16(2), 221-246.

Walker, L., y Del Moral, R. (2003). *Primary Succession and Ecosystem Rehabilitation*.
<https://goo.su/Zno0>

11. Anexos

Anexo 1. Composición florística de la categoría fustal en la Reserva Natural El Cristal

Especies	Familia	Densidad	DAP (m)	HT (m)	(Área basal m ²)
<i>Aiouea dubia</i> . (Kunth) Mez	Lauraceae	2	0,23	16	0,02
<i>Alnus acuminata</i> Kunth	Betulaceae	191	35,04	2055, 9	20,98
<i>Boehmeria caudata</i> (Poir.) Bonpl.	Urticaceae	4	0,33	26,8	0,03
<i>Brunellia</i> sp	Brunelliaceae	1	0,05	9	0,01
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	Salicaceae	14	2,35	138	1,45
<i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.	Meliaceae	5	0,87	51	0,58
<i>Cinchona officinalis</i> L.	Rubiaceae	5	0,59	33	0,24
<i>Clethra revoluta</i> (Ruiz & Pav.) Spreng.	Clethraceae	4	0,31	20	0,07
<i>Clusia latipes</i> Planch. & Triana	Clusiaceae	18	1,40	106,5	0,39
<i>Cupania cinerea</i> Poepp.	Sapindaceae	27	3,49	216,5	2,06
<i>Euphorbia laurifolia</i> Juss. ex Lam.	Euphorbiaceae	14	1,10	98,5	0,28
<i>Frangula granulosa</i> (Ruíz & Pav.)	Rhamnaceae	25	2,05	152,5	0,60
<i>Heliocarpus americanus</i> L.	Malvaceae	12	1,14	89	0,53
<i>Inga</i> sp.	Fabaceae	2	0,29	17	0,17
<i>Mauria heterophylla</i> Kunth	Anacardiaceae	7	0,53	40	0,14
<i>Meliosma</i> sp.	Sabiaceae	25	2,40	187,5	0,88
<i>Myrcianthes fragrans</i> (Sw.) McVaugh	Myrtaceae	35	2,32	184,5	0,52
<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	Primulaceae	19	1,61	124,5	0,46
<i>Myrsine sodiroana</i> (Mez) Pipoly	Primulaceae	138	10,96	900,6	2,40

Especies	Familia	Densidad	DAP (m)	HT (m)	(Área basal m²)
<i>Oreopanax rosei</i> Harms	Araliaceae	4	0,74	26	0,45
<i>Oreopanax ecuadorensis</i> See m.	Araliaceae	3	0,42	27	0,20
<i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz & Pav.) DC.	Rubiaceae	1	0,10	7	0,03
<i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don	Podocarpaceae	1	0,10	7	0,03
<i>Saurauia bullosa</i> Wawra	Actinidaceae	6	0,55	36,8	0,17
<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC.	Siparunaceae	73	6,43	470	1,89
<i>Verbesina arborea</i> Kunth	Asteraceae	3	0,18	15	0,03
<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	Adoxaceae	9	0,55	49	0,07
<i>Vismia baccifera</i> (L.) Triana & Planch.	Hypericaceae	2	0,10	10	0,01
<i>Weinmannia glabra</i> L.f	Cunnoniaceae	3	0,36	26	0,13
<i>Weinmannia fagaroides</i> Kunt h	Cunnoniaceae	2	0,13	10,5	0,03
Total		655	76,72	5151	34,85

Anexo 2. Composición florística de la categoría latizal en la Reserva Natural El Cristal

Especies	Familia	Frecuencia	Densidad
<i>Alnus acuminata</i> Kunth	Betulaceae	1	1
<i>Boehmeria caudata</i> (Poir.) Bonpl.	Urticaceae	3	6
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	Salicaceae	1	1
<i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.	Meliaceae	2	3
<i>Cinchona officinalis</i> L.	Rubiaceae	10	25
<i>Clethra revoluta</i> (Ruiz & Pav.) Spreng.	Clethraceae	3	5
<i>Clusia latipes</i> Planch. & Triana	Clusiaceae	2	5
<i>Cupania cinerea</i> Poepp.	Sapindaceae	12	13
<i>Frangula granulosa</i> (Ruíz & Pav.)	Rhamnaceae	25	69
<i>Hedyosmum racemosum</i> (Ruiz & Pav.) G. Don	Chloranthaceae	2	7
<i>Heliocarpus americanus</i> L.	Malvaceae	3	4
<i>Mauria heterophylla</i> Kunth	Anacardiaceae	1	1
<i>Meliosma</i> sp.	Sabiaceae	5	9
<i>Miconia calvescens</i> DC.	Melastomataceae	2	3
<i>Myrcianthes fragrans</i> (Sw.) McVaugh	Myrtaceae	14	46
<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	Primulaceae	14	32
<i>Myrsine sodiroana</i> (Mez) Pipoly	Primulaceae	22	59
<i>Nectandra</i> sp.	Lauraceae	2	2
<i>Oreopanax rosei</i> Harms	Araliaceae	2	2
<i>Oreopanax ecuadorensis</i> Seem.	Araliaceae	13	20
<i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz & Pav.) DC.	Rubiaceae	2	3
<i>Saurauia bullosa</i> Wawra	Actinidaceae	2	4
<i>Schfflera acuminata</i> (Pav.) Harms	Araliaceae	1	1
<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC.	Siparunaceae	13	22
<i>Verbesina</i> cf. <i>arborea</i> Kunth	Asteraceae	8	16
<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	Adoxaceae	12	50
<i>Vismia baccifera</i> (L.) Triana & Planch.	Hypericaceae	1	1
Total		178	410

Anexo 3. Composición florística de la categoría brinzal en la Reserva Natural El Cristal

Especies	Familia	Frecuencia	Densidad
<i>Cinchona officinalis</i> L.	Rubiaceae	3	6
<i>Cupania cinerea</i> Poepp.	Sapindaceae	7	8
<i>Frangula granulosa</i> (Ruíz & Pav.)	Rhamnaceae	4	4
<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	Primulaceae	2	2
<i>Myrsine sodiroana</i> (Mez) Pipoly	Primulaceae	16	32

Especies	Familia	Frecuencia	Densidad
<i>Oreopanax ecuadorensis</i> Seem.	Araliaceae	3	4
<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC.	Siparunaceae	3	4
<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	Adoxaceae	6	13
Total		258	947

Anexo 4. Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies presentes en el estadio 1

Especies	Densidad (D)	D. Relativa	Frecuencia (F)	F. Relativa	IVI₁₀₀
<i>Alnus acuminata</i> Kunth	102	62,96	2,00	10,00	36,48
<i>Frangula granulosa</i> (Ruiz & Pav.)	12	7,41	2,00	10,00	8,70
<i>Heliocarpus americanus</i> L.	12	7,41	2,00	10,00	8,70
<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC.	8	4,94	2,00	10,00	7,47
<i>Myrsine sodiroana</i> (Mez) Pipoly	6	3,70	2,00	10,00	6,85
<i>Oreopanax ecuadorensis</i> Seem.	3	1,85	2,00	10,00	5,93
<i>Verbesina cf. arborea</i> Kunth	7	4,32	1,00	5,00	4,66
<i>Verbesina arborea</i> Kunth	3	1,85	1,00	5,00	3,43
<i>Boehmeria caudata</i> (Poir.) Bonpl.	2	1,23	1,00	5,00	3,12
<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	2	1,23	1,00	5,00	3,12
<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	2	1,23	1,00	5,00	3,12
<i>Cinchona officinalis</i> L.	1	0,62	1,00	5,00	2,81
<i>Hedyosmum racemosum</i> (Ruiz & Pav.) G. Don	1	0,62	1,00	5,00	2,81
<i>Vismia baccifera</i> (L.) Triana & Planch.	1	0,62	1,00	5,00	2,81
Total	162	100	20	100	100

Anexo 5. Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies presentes en el estadio 2

Especies	Densidad (D)	D. Relativa	Frecuencia (F)	F. Relativa	IVI₁₀₀
-----------------	---------------------	--------------------	-----------------------	--------------------	--------------------------

<i>Myrsine sodiroana</i> (Mez) Pipoly	42,00	28,19	3,00	12,00	20,09
<i>Alnus acuminata</i> Kunth	36,00	24,16	1,00	4,00	14,08
<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	20,00	13,42	3,00	12,00	12,71
<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC.	8,00	5,37	3,00	12,00	8,68
<i>Frangula granulosa</i> (Ruíz & Pav.)	11,00	7,38	2,00	8,00	7,69
<i>Euphorbia laurifolia</i> Juss. ex Lam.	14,00	9,40	1,00	4,00	6,70
<i>Boehmeria caudata</i> (Poir.) Bonpl.	4,00	2,68	2,00	8,00	5,34
<i>Cupania cinerea</i> Poepp.	3,00	2,01	2,00	8,00	5,01
<i>Vismia baccifera</i> (L.) Triana & Planch.	2,00	1,34	2,00	8,00	4,67
<i>Aiouea dubia</i> . (Kunth) Mez	2,00	1,34	1,00	4,00	2,67
<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	2,00	1,34	1,00	4,00	2,67
<i>Oreopanax rosei</i> Harms	2,00	1,34	1,00	4,00	2,67
<i>Clusia latipes</i> Planch. & Triana	1,00	0,67	1,00	4,00	2,34
<i>Myrcianthes fragrans</i> (Sw.) McVaugh	1,00	0,67	1,00	4,00	2,34
<i>Verbesina cf. arborea</i> Kunth	1,00	0,67	1,00	4,00	2,34
Total	149	100	25	100	100

Anexo 6. Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies presentes en el estadio 3

Especies	Densidad	Densidad relativa	Frecuencia	Frecuencia relativa	IVI₁₀₀
<i>Myrsine sodiroana</i> (Mez) Pipoly	91,00	30,54	3,00	9,09	19,81
<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC.	58,00	19,46	2,00	6,06	12,76
<i>Myrcianthes fragrans</i> (Sw.) McVaugh	33,00	11,07	2,00	6,06	8,57

Especies	Densidad	Densidad relativa	Frecuencia	Frecuencia relativa	IVI₁₀₀
<i>Cupania cinerea</i> Poepp.	20,00	6,71	3,00	9,09	7,90
<i>Alnus acuminata</i> Kunth	32,00	10,74	1,00	3,03	6,88
<i>Frangula granulosa</i> (Ruíz & Pav.)	12,00	4,03	3,00	9,09	6,56
<i>Meliosma</i> sp	19,00	6,38	2,00	6,06	6,22
<i>Oreopanax ecuadorensis</i> See m.	6,00	2,01	2,00	6,06	4,04
<i>Saurauia bullosa</i> Wawra	4,00	1,34	2,00	6,06	3,70
<i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz & Pav.) DC.	3,00	1,01	2,00	6,06	3,53
<i>Clusia latipes</i> Planch. & Triana	2,00	0,67	2,00	6,06	3,37
<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	8,00	2,68	1,00	3,03	2,86
<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	2,00	0,67	1,00	3,03	1,85
<i>Weinmannia fagaroides</i> Kunth	2,00	0,67	1,00	3,03	1,85
<i>Boehmeria caudata</i> (Poir.) Bonpl.	1,00	0,34	1,00	3,03	1,68
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	1,00	0,34	1,00	3,03	1,68
<i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.	1,00	0,34	1,00	3,03	1,68
<i>Cinchona officinalis</i> L.	1,00	0,34	1,00	3,03	1,68
<i>Clethra revoluta</i> (Ruiz & Pav.) Spreng.	1,00	0,34	1,00	3,03	1,68
<i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don	1,00	0,34	1,00	3,03	1,68
Total	298	100	33	100	100

Anexo 7. Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies presentes en el ecosistema de referencia (estadio 4)

Especies	Densidad	Densidad relativa	Frecuencia	Frecuencia relativa	IVI₁₀₀
<i>Myrsine sodiroana</i> (Mez) Pipoly	37,00	14,18	3,00	6,25	10,21
<i>Cupania cinerea</i> Poepp.	23,00	8,81	3,00	6,25	7,53

Especies	Densi dad	Densidad relativa	Frecue ncia	Frecuenci a relativa	IVI₁₀₀
<i>Frangula granulosa</i> (Ruíz & Pav.)	19,00	7,28	3,00	6,25	6,76
<i>Cinchona officinalis</i> L.	16,00	6,13	3,00	6,25	6,19
<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC.	15,00	5,75	3,00	6,25	6,00
<i>Clusia latipes</i> Planch. & Triana	17,00	6,51	2,00	4,17	5,34
<i>Alnus acuminata</i> Kunth	22,00	8,43	1,00	2,08	5,26
<i>Oreopanax ecuadorensis</i> Seem.	11,00	4,21	3,00	6,25	5,23
<i>Myrcianthes fragrans</i> (Sw.) McVaugh	15,00	5,75	2,00	4,17	4,96
<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	15,00	5,75	2,00	4,17	4,96
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	14,00	5,36	2,00	4,17	4,77
<i>Meliosma</i> sp	11,00	4,21	2,00	4,17	4,19
<i>Mauria heterophylla</i> Kunth	8,00	3,07	2,00	4,17	3,62
<i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.	6,00	2,30	2,00	4,17	3,23
<i>Clethra revoluta</i> (Ruiz & Pav.) Spreng.	6,00	2,30	2,00	4,17	3,23
<i>Saurauia bullosa</i> Wawra	4,00	1,53	2,00	4,17	2,85
<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	3,00	1,15	2,00	4,17	2,66
<i>Oreopanax rosei</i> Harms	4,00	1,53	1,00	2,08	1,81
<i>Heliocarpus americanus</i> L.	3,00	1,15	1,00	2,08	1,62
<i>Weinmannia glabra</i> L.f	3,00	1,15	1,00	2,08	1,62
<i>Inga</i> sp	2,00	0,77	1,00	2,08	1,42
<i>Miconia calvescens</i> DC.	2,00	0,77	1,00	2,08	1,42
<i>Nectandra</i> sp	2,00	0,77	1,00	2,08	1,42
<i>Brunellia</i> sp	1,00	0,38	1,00	2,08	1,23
<i>Hedyosmum racemosum</i> (Ruiz & Pav.) G. Don	1,00	0,38	1,00	2,08	1,23
<i>Schfflera acuminata</i> (Pav.) Harms	1,00	0,38	1,00	2,08	1,23
Total	261	100	48	100	100

Anexo 8. Índice de valor de importancia de la categoría fustal en la Reserva Natural El Cristal

Especies	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	IVI₁₀₀
<i>Alnus acuminata</i> Kunth	29,16	7,41	60,22	32,2 6
<i>Myrsine sodiroana</i> (Mez) Pipoly	21,07	5,56	6,88	11,1 7
<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC.	11,15	7,41	5,43	7,99
<i>Cupania cinerea</i> Poepp.	4,12	3,70	5,92	4,58
<i>Frangula granulosa</i> (Ruíz & Pav.)	3,82	7,41	1,71	4,31
<i>Myrcianthes fragrans</i> (Sw.) McVaugh	5,34	3,70	1,49	3,51
<i>Meliosma</i> sp.	3,82	3,70	2,51	3,34
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	2,14	3,70	4,15	3,33
<i>Clusia latipes</i> Planch. & Triana	2,75	5,56	1,11	3,14
<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	2,90	3,70	1,32	2,64
<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	1,37	5,56	0,19	2,37
<i>Heliocarpus americanus</i> L.	1,83	3,70	1,53	2,36
<i>Saurauia bullosa</i> Wawra	0,92	3,70	0,48	1,70
<i>Euphorbia laurifolia</i> Juss. ex Lam.	2,14	1,85	0,82	1,60
<i>Boehmeria caudata</i> (Poir.) Bonpl.	0,61	3,70	0,10	1,47
<i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.	0,76	1,85	1,67	1,43
<i>Vismia baccifera</i> (L.) Triana & Planch.	0,31	3,70	0,03	1,35
<i>Oreopanax rosei</i> Harms	0,61	1,85	1,29	1,25
<i>Mauria heterophylla</i> Kunth	1,07	1,85	0,40	1,11
<i>Cinchona officinalis</i> L.	0,76	1,85	0,68	1,10
<i>Oreopanax ecuadorensis</i> Seem.	0,46	1,85	0,56	0,96

Especies	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	IVI₁₀₀
<i>Weinmannia glabra</i> L.f	0,46	1,85	0,39	0,90
<i>Clethra revoluta</i> (Ruiz & Pav.) Spreng.	0,61	1,85	0,21	0,89
<i>Inga</i> sp.	0,31	1,85	0,47	0,88
<i>Verbesina arborea</i> Kunth	0,46	1,85	0,10	0,80
<i>Weinmannia fagaroides</i> Kunth	0,31	1,85	0,08	0,75
<i>Aiouea dubia</i> . (Kunth) Mez	0,31	1,85	0,06	0,74
<i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don	0,15	1,85	0,10	0,70
<i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz & Pav.) DC.	0,15	1,85	0,10	0,70
<i>Brunellia</i> sp	0,15	1,85	0,02	0,68

Anexo 9. Índice de valor de importancia de las especies registradas en la categoría latizal

Especies	D. relativa	F. relativa	IVI₁₀₀
<i>Frangula granulosa</i> (Ruíz & Pav.)	14,71	7,27	10,99
<i>Myrsine sodiroana</i> (Mez) Pipoly	12,94	7,27	10,11
<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC.	7,65	7,27	7,46
<i>Myrcianthes fragrans</i> (Sw.) McVaugh	8,24	5,45	6,84
<i>Oreopanax ecuadorensis</i> Seem.	7,65	5,45	6,55
<i>Cupania cinerea</i> Poepp.	7,06	5,45	6,26
<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	7,06	5,45	6,26
<i>Cinchona officinalis</i> L.	5,88	5,45	5,67
<i>Verbesina</i> cf. <i>arborea</i> Kunth	4,71	3,64	4,17
<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	3,53	3,64	3,58
<i>Meliosma</i> sp.	2,94	3,64	3,29
<i>Boehmeria caudata</i> (Poir.) Bonpl.	1,76	3,64	2,70
<i>Clethra revoluta</i> (Ruiz & Pav.) Spreng.	1,76	3,64	2,70
<i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.	1,18	3,64	2,41
<i>Clusia latipes</i> Planch. & Triana	1,18	3,64	2,41
<i>Hedyosmum racemosum</i> (Ruiz & Pav.) G. Don	1,18	3,64	2,41
<i>Saurauia bullosa</i> Wawra	1,18	3,64	2,41

Especies	D. relativa	F. relativa	IVI₁₀₀
<i>Heliocarpus americanus</i> L.	1,76	1,82	1,79
<i>Miconia calvescens</i> DC.	1,18	1,82	1,50
<i>Nectandra</i> sp.	1,18	1,82	1,50
<i>Oreopanax rosei</i> Harms	1,18	1,82	1,50
<i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz & Pav.) DC.	1,18	1,82	1,50
<i>Alnus acuminata</i> Kunth	0,59	1,82	1,20
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	0,59	1,82	1,20
<i>Mauria heterophylla</i> Kunth	0,59	1,82	1,20
<i>Schfflera acuminata</i> (Pav.) Harms	0,59	1,82	1,20
<i>Vismia baccifera</i> (L.) Triana & Planch.	0,59	1,82	1,20

Loja, 16 de julio del 2024

Mgs.

Elsa del Rocío Sánchez Poma

CERTIFICA:

Haber realizado la traducción del resumen inserto en el trabajo de titulación denominado "Evaluación de la restauración pasiva en tres estadios sucesionales de la vegetación en la Reserva Natural El Cristal, Loja, Ecuador", elaborado por el Sr. Cristian Geovanny Contento Yunga con cédula de identidad: 1105584013, previo a la obtención del título de MAGISTER EN RESTAURACIÓN DE PAISAJES TROPICALES, conferido por la Universidad Nacional de Loja.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad para los fines legales pertinentes, autorizando el uso que corresponde.

Atentamente,



Mgs. Elsa del Rocío Sánchez Poma
CI: 1105444081
Reg. Senescyt 1008-15-1364524