

Revista Cubana de
Ciencias Forestales

CFORES

Volumen 12, número 2; 2024

Artículo original

Evaluación de la restauración pasiva en tres estados sucesionales en un área de la Reserva Natural El Cristal, Loja, Ecuador

Evaluation of passive restoration in three successional stages in an area of the Cristal Natural Reserve, Loja, Ecuador

Avaliação da restauração passiva em três estados sucessionais em uma área da Reserva Natural El Cristal, Loja, Equador

Cristian Geovanny Contento Yunga^{1*}  , Zhofre Huberto Aguirre Mendoza¹ 

¹Universidad Nacional de Loja, Ecuador. Ecuador

*Autor para la correspondencia: cristian.cgcy.94@gmail.com

Recibido: 05/07/2024.

Aprobado: 29/07/2024.

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo evaluar las diferencias en estructura, composición florística y diversidad en tres estados de sucesión del bosque en la Reserva Natural El Cristal, como elementos esenciales de la restauración pasiva. Se estudiaron tres estados sucesionales de 10-20, 20-30 y 30-40 años de abandono y, un ecosistema de referencia. En cada etapa sucesional se establecieron tres parcelas de 20x20 m para fustales; dentro de estas se anidaron 5 subparcelas de 5x5 m para latizales y, 5 subparcelas de 1x1 m para brinzales. Se



determinó la diversidad y composición florística, se calculó los parámetros estructurales e índices de diversidad; y, se comparó los estados de sucesión usando el índice de Sorensen. La composición florística fue de 14 especies en el estado uno, 15 para el dos; 20 para el tres y, 26 especies para el ecosistema de referencia. El estado uno tiene índice de Shannon de 0,74, el estado dos y tres tienen valores de 1,73 y 1,96 respectivamente, y el ecosistema de referencia 2,80. Los tres estados en estudio muestran disimilitud florística, con valores de índice de similitud bajo 0,69. La recuperación de la vegetación mediante procesos de sucesión natural es una importante estrategia *in situ* de restauración, ya que paulatinamente van estableciéndose las especies de bosque andino, que facilitan la formación de ecosistemas parecidos a los sistemas de referencia.

Palabras clave: estado, sucesión natural, diversidad, similitud, categoría de regeneración natural.

ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate the differences in structure, composition and diversity in the three successional stages of recovery in the El Cristal Natural Reserve, as essential elements of passive restoration. Three successional stages of 10-20, 20-30 and 30-40 years of abandonment and a reference ecosystem were studied. In each successional stage, three plots of 20x20 m were established for trees; within these, 5 subplots of 5x5 m for latizas and 5 subplots of 1x1 m for saplings were nested. Floristic diversity and composition were determined, structural parameters and diversity indices were calculated; and, the succession stages were compared using the Sorensen index. The floristic composition was 14 species in stage one; 15 in the second; 20 in the third and 26 species for the reference ecosystem. Stage one has a Shannon index of 0.74, stages two and three have values of 1.73 and 1.96 respectively, and the reference ecosystem 2.80. The three stages under study show floristic dissimilarity, with similarity index values below 0.69. The recovery of vegetation through natural succession processes is an important *in situ* restoration strategy, since Andean Forest species are gradually established, which facilitate the formation of ecosystems similar to the reference systems.



Keywords: stage, natural succession, diversity, similarity, natural regeneration category.

RESUMO

O estudo teve como objetivo avaliar as diferenças de estrutura, composição florística e diversidade em três estágios de sucessão florestal na Reserva Natural El Cristal, como elementos essenciais da restauração passiva. Foram estudados três estágios sucessionais de 10-20, 20-30 e 30-40 anos de abandono e um ecossistema de referência. Em cada estágio sucessional foram estabelecidas três parcelas de 20x20 m para árvores; Dentro destas, foram aninhadas 5 subparcelas de 5x5 m para latizas e 5 subparcelas de 1x1 m para mudas. Foram determinadas a diversidade e composição florística, calculados parâmetros estruturais e índices de diversidade; e, os estados de sucessão foram comparados através do índice de Sorensen. A composição florística foi de 14 espécies no estado um, 15 no estado dois; 20 para três e 26 espécies para o ecossistema de referência. O estado um possui índice de Shannon de 0,74, os estados dois e três possuem valores de 1,73 e 1,96 respectivamente, e o ecossistema de referência 2,80. Os três estados em estudo apresentam dissimilaridade florística, com valores de índice de similaridade abaixo de 0,69. A recuperação da vegetação por meio de processos de sucessão natural é uma importante estratégia de restauração in situ, uma vez que gradativamente se estabelecem espécies florestais andinas, o que facilita a formação de ecossistemas semelhantes aos sistemas de referência.

Palavras-chave: estado, sucessão natural, diversidade, similaridade, categoria regeneração natural.

INTRODUCCIÓN

En Ecuador existen áreas que han sido afectadas por la sobreexplotación de los recursos naturales, causado en su mayoría por factores antrópicos ocasionando un sin número de impactos ecológicos. Sin embargo, para detener estos impactos se han planteado estrategias de conservación y restauración forestal, como el 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, este plan responde a una política del gobierno de Ecuador al formar parte de organismos y convenios para la protección del ambiente y en consonancia con el decenio de la restauración 2020-2030 (Domínguez *et al.*, 2019).

La restauración de los ecosistemas forestales es un método para conservación de los bosques y para la recuperación de áreas degradadas por acción antrópica o natural. Esta cumple un rol indispensable para la conexión, estabilidad y equilibrio funcional de los componentes bióticos y abióticos de los ecosistemas, promueve diversidad biológica y los servicios ecosistémicos (Ipinza *et al.*, 2021). La restauración puede alcanzarse por dos vías fundamentales: restauración pasiva o asistida (activa). En la restauración pasiva la regeneración natural del bosque, actúa por sí sola, sin ninguna intervención humana; mientras que la restauración activa conlleva la intervención humana para facilitar la regeneración natural y garantizar el desarrollo de procesos de recuperación del ecosistema (Vargas, 2011).

En este mismo sentido, la capacidad de restaurar un ecosistema depende de informaciones previas acerca de la magnitud del cambio en la estructura, composición y funcionamiento del ecosistema, disponibilidad de la biota nativa, los patrones de regeneración, o estado de recuperación de las especies (*i.e.*, estrategias reproductivas, mecanismos de dispersión, tasas de crecimiento, rol funcional y otros atributos de estas) y posibles trayectorias del sistemas como resultado de procesos auto-organizativos posteriores a la ocurrencia de perturbaciones (Vargas, 2011; Salmeron-López y Geada-López 2023).

La Reserva Natural El Cristal está ubicada en la sierra ecuatoriana, actualmente cuenta con áreas abandonadas en diferentes periodos de tiempo que en el pasado fueron espacios destinados a la agricultura y ganadería. Esto determina que existan áreas con diferentes estados de recuperación, lo que las convierte en un escenario adecuado para realizar estudios de dinámica de la vegetación y de efectividad de la restauración pasiva.



Bajo estos antecedentes, el presente estudio tuvo el objetivo de evaluar las diferencias en estructura, composición florística y diversidad en los tres estados sucesionales de restauración pasiva en la Reserva Natural El Cristal. Esto permitirá entender el comportamiento de la vegetación en tres estados sucesionales de la Reserva Natural El Cristal, así como el tiempo en que se estabilizan, para la toma de decisiones en procesos de restauración asistida.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La Reserva Natural El Cristal (RNEC) está ubicada a 15 km de la ciudad de Loja, pertenece a la parroquia San Sebastián, cantón y provincia de Loja (Figura 1). Posee una extensión de 602,51 ha, ubicada en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Podocarpus con un rango altitudinal de 1 950 hasta 3 250 m s.n.m., la precipitación oscila entre 1 500 2 000 mm; ¡la temperatura entre 6 22! (Samaniego, 2020).

La RNEC está conformada por varias formaciones vegetales: la parte baja constituida por el arboretum, sistemas agroforestal y silvopastoril y plantaciones forestales de eucalipto y pino; la parte media donde se realizó el estudio conformado por: matorral, bosque de regeneración natural y bosque nativo; y la zona alta conformada por páramo arbustivo y herbáceo.



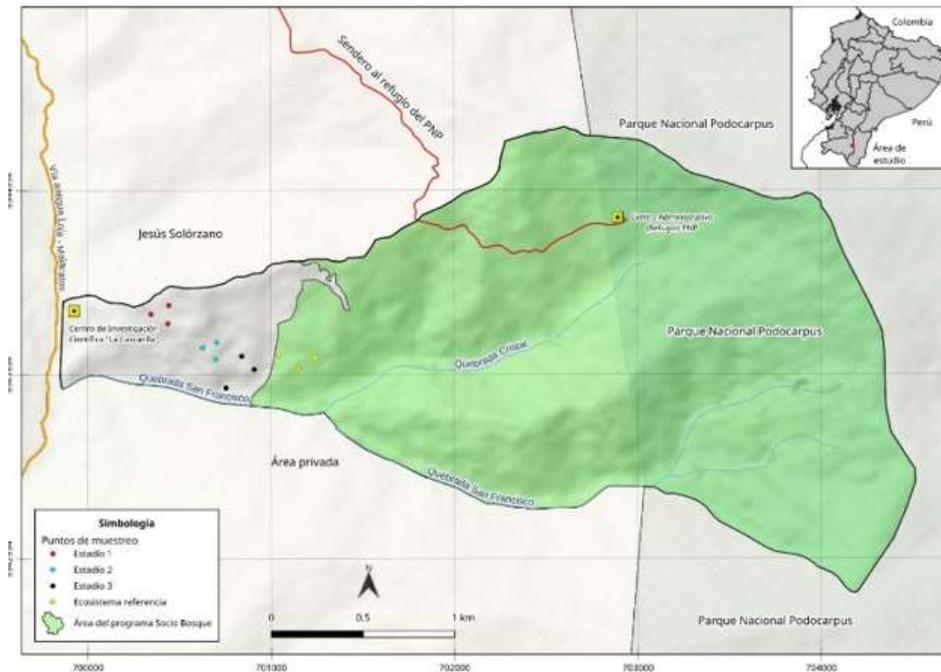


Figura 1. - Ubicación de los sitios de muestreo en la Reserva Natural El Cristal

Caracterización de la estructura, composición florística y diversidad de la vegetación en tres estados 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 concededores del historial de uso del suelo de la propiedad El Cristal, los cuales facilitaron la información requerida, para identificar tres estados de sucesión con relación al tiempo de abandono: E1- de 10-20, E2- de 20-30 y E3 de 30-40 años de abandono, dentro del ecosistema alto andino; además, se seleccionó el ecosistema de referencia (ER).

En cada área que corresponde a un estado de sucesión se establecieron aleatoriamente tres parcelas de 20 x 20 m (400 m²), con una distancia de 100 m entre estas. 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) de acuerdo a Aguirre (2019).



En cada parcela se registraron las siguientes variables: en las parcelas de 20 x 20 m, la altura y el diámetro de los individuos con DAP igual o mayor a 5 cm (categoría fustal), los que fueron numerados; 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 (categoría de latizal) y en las subparcelas de 1 x 1 m, se contabilizaron los individuos de regeneración de hasta 1,5 m de altura (categoría brinzal), tal como se muestra en la Figura 2 (Sáenz y Finegan, 2000).

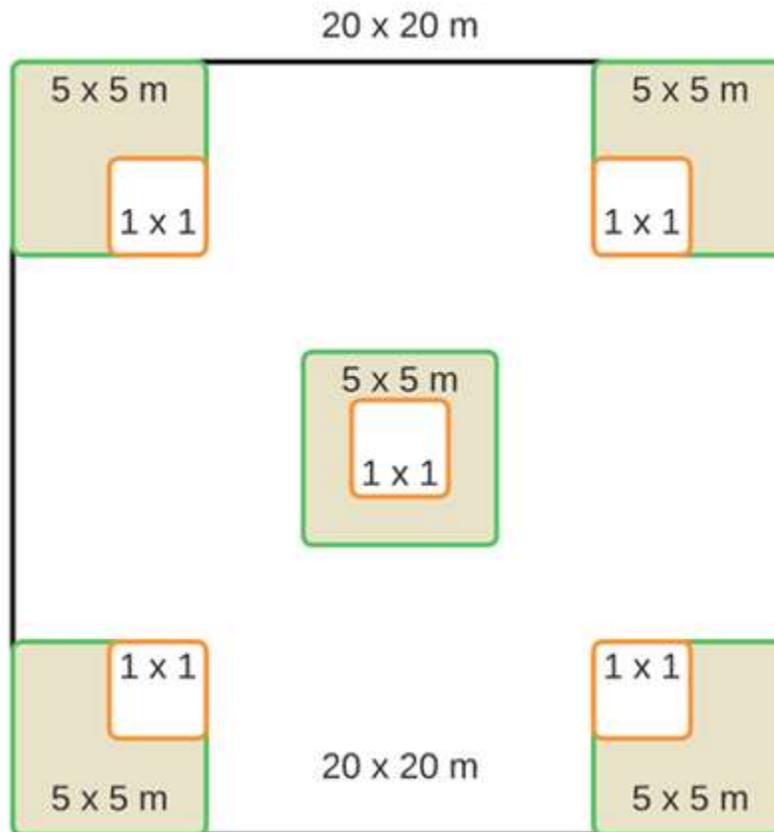


Figura 2. - Modelo de las unidades de muestreo implementadas en la Reserva Natural El Cristal



Estructura y composición florística

En la Tabla 1, se presenta los parámetros estructurales y los índices de diversidad utilizados para el análisis de información.

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

Parámetro	Fórmula
Densidad absoluta (D) # ind/m ²	$(D) = \frac{N^{\circ} \text{ total de individuos por especie}}{\text{Total del área muestreada}}$
Abundancia Relativa (AR) %	$(AR) = \frac{N^{\circ} \text{ de individuos por especie}}{\text{No. total de individuos}} \times 100$
Frecuencia Relativa (Fr) %	$(Fr) = \frac{N^{\circ} \text{ de parcelas en la que está la especie}}{\sum \text{ de las frecuencia de todas las especies}}$
Dominancia Relativa (DmR) %	$(DmR) = \frac{\text{Área basal de la especie}}{\text{Área basal de todas las especies}} \times 100$
Índice Valor Importancia (IVI) %	$(IVI)\% = \frac{DR + DmR + FR}{3}$
Índice de diversidad de Shannon (H)	$H = \sum_{i=1}^S (Pi)(\log_n Pi)$
Índice de equitatividad de Pielou (E)	$H = \frac{H'}{H \text{ max}}$

Fuente: Aguirre (2019)

Los valores de los índices de diversidad se clasificaron siguiendo los criterios de Aguirre (2019). Para el Índice de Shannon: 0-1,35 diversidad baja; 1,36-3,5 diversidad media; > 3,5 diversidad alta.

Índice de equitatividad de Pielou: 0,33 heterogéneo en abundancia y diversidad baja; 0,340,66 ligeramente heterogéneo en abundancia y diversidad media; > 0,67 homogéneo en abundancia y alta diversidad.



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

Para determinar la similitud entre estados sucesionales se calculó el índice de Sorensen, que proporciona una medida cuantitativa de la similitud entre los sitios de muestreo en términos de diversidad 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 graficar la similitud entre estados se realizó un dendrograma a través del software InfoStat, el mismo que permitió comparar los estados sucesionales. Finalmente, para calcular el índice de similitud de Sorensen, se aplicó la siguiente fórmula adaptada por Aguirre (2019) (Ecuación 1).

$$Ks = \frac{2c}{a+b} \times 100 \quad (1)$$

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

RESULTADOS

Composición florística de la vegetación en la Reserva Natural El Cristal (RNEC)

La composición florística del componente arbóreo (Figura 3), en 4 800 m² fue de 26 familias, 27 géneros y 30 especies, con 655 individuos. En la categoría latizal se muestreó un área de 1 500 m² donde se registraron 23 familias botánicas, 25 géneros y 27 especies con 170 individuos reportados; mientras que en la categoría brinzal (60 m²) se registraron 7 familias, 7 géneros y 8 especies, con 45 individuos descritos.



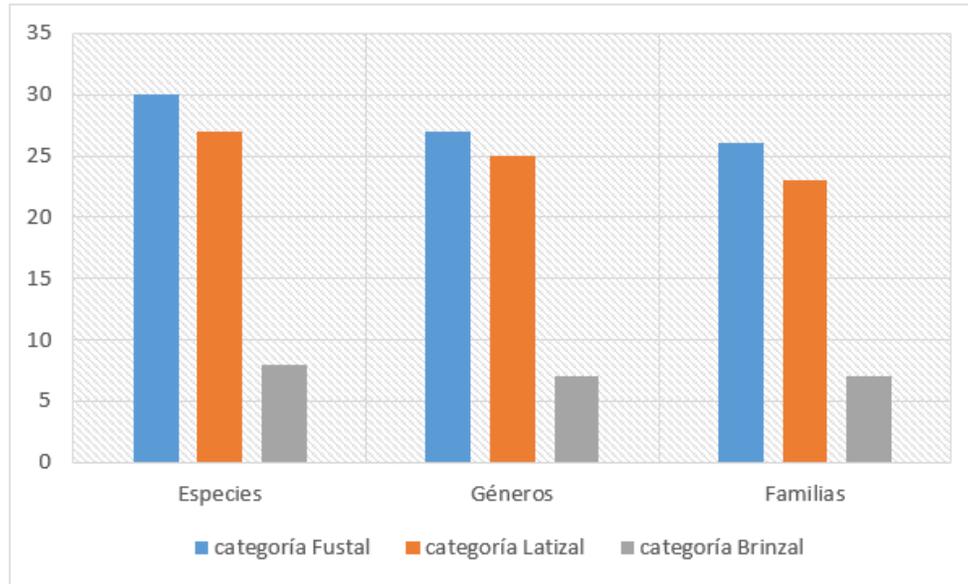


Figura 3. - Composición florística de la RNEC por categoría de regeneración

En la Tabla 2, se detalla la composición florística por estado sucesional en la RNEC, en los tres estados de recuperación y en el ecosistema de referencia, en donde se evidencia que la composición aumenta a medida que aumenta periodo de abandono

Tabla 2. - Composición florística por estado sucesional en la RNEC

	E1	E2	E3	ER
Especies	14	15	20	26
Géneros	12	14	19	24
Familias	12	14	18	23
Individuos	162	149	298	261

Parámetros estructurales de la vegetación por estado sucesional en la Reserva Natural El Cristal

Estado 1: abandono de entre 10 a 20 años

En la Tabla 3, se presentan las especies con el IVI más alto que son características de bosque andino, por lo tanto, son abundantes y frecuentes, y se han establecido en estos espacios de



recuperación, convirtiéndose en especies de alto de valor ecológico para mantener el equilibrio interno del bosque.

Tabla 3. - Índice Valor Importancia de las especies registradas en el estado uno

Especies	Abundancia 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

Estado 2: abandono de entre 20 a 30 años

Las tres especies que presentaron mayor IVI en el estado dos fueron: *Myrsine sodiroana*, *Alnus acuminata* y *Viburnum triphyllum*, que son propias de ecosistemas de sucesión, por lo tanto, se registraron en las tres categorías de regeneración y en los cuatro sitios de muestreo,



mientras que *Clusia latipes*, *Myrcianthes fragrans* y *Verbesina* cf. *arborea* presentaron el IVI menor, debido a la baja abundancia y frecuencia registrada (Tabla 4).

Tabla 4. - Índice Valor de Importancia (IVI) de las especies registradas en el estado dos

Especies	Abundancia relativa	Frecuencia relativa	IVI ₁₀₀
<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. DC.	5,37	12,00	8,68
<i>Frangula granulosa</i> (Ruiz & 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

Estado 3: abandono de entre 30 a 40 años-

En la Tabla 5, se presenta el IVI de las especies registradas en el estado 3, en donde se reportó 20 especies entre las tres categorías de regeneración, con 91 individuos registrados y presente en las tres categorías de regeneración, *Myrsine sodiroana* presentó el IVI más alto, a diferencia de las especies *Boehmeria caudata*, *Casearia sylvestris*, *Cedrela montana*, *Cinchona*



officinalis, *Clethra revoluta* y *Podocarpus oleifolius* que presentaron el IVI más bajo, con un solo individuo registrado.

Tabla 5. - Índice Valor de Importancia de las especies registradas en el estado tres

Especies	Abundancia relativa	Frecuencia relativa	IVI ₁₀₀
<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.) DC.	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



Especies	Abundancia relativa	Frecuencia relativa	IVI ₁₀₀
Total	100	100	100

Ecosistema de referencia: bosque en área cercana

En la Tabla 6, se presenta el IVI de las especies registradas en el ecosistema de referencia, el cual es parte del programa de conservación socio bosque. Con 37 individuos registrados en las tres categorías de regeneración, *Myrsine sodiroana* fue la especie con mayor IVI seguido de *Cupania cinerea* presente en tres categorías con 23 individuos. Las especies con el IVI más bajo fueron *Brunellia* sp., *Hedyosmum racemosum* y *Schfflera acuminata*, estas especies por lo general se encuentran en bosques recuperados, siendo indicadoras de buena salud ecológica.

Tabla 6. - Índice Valor Importancia de las especies registradas en el ecosistema de referencia

Especies	Abundancia 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
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	5,36	4,17	4,77
<i>Meliosma</i> sp	4,21	4,17	4,19



<i>Mauria heterophylla</i> Kunth	3,07	4,17	3,62
<i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.	2,30	4,17	3,23
<i>Clethra revoluta</i> (Ruiz & Pav.) Spreng.	2,30	4,17	3,23
<i>Saurauia bullosa</i> Wawra	1,53	4,17	2,85
<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	1,15	4,17	2,66
<i>Oreopanax rosei</i> Harms	1,53	2,08	1,81
<i>Heliocarpus americanus</i> L.	1,15	2,08	1,62
<i>Weinmannia glabra</i> L.f	1,15	2,08	1,62
<i>Inga</i> sp	0,77	2,08	1,42
<i>Miconia calvescens</i> DC.	0,77	2,08	1,42
<i>Nectandra</i> sp	0,77	2,08	1,42
<i>Brunellia</i> sp	0,38	2,08	1,23
<i>Hedyosmum racemosum</i> (Ruiz & Pav.) G. Don	0,38	2,08	1,23
<i>Schfflera acuminata</i> (Pav.) Harms	0,38	2,08	1,23
Total	100	100	100

Diversidad por estado sucesional de la vegetación en la Reserva Natural El Cristal

El índice de diversidad de Shannon fue de 2,40 para los individuos mayores a 5 cm de DAP en los cuatro estados sucesionales, calificado como diversidad media. En cuanto al índice de equitatividad de Pielou en los cuatro estados sucesionales fue de 0,85 lo que significa que la distribución de las especies en el muestreo es homogénea en abundancia (Tabla 7).

Tabla 7. - Índices de diversidad de Shannon y Pielou por estado sucesional

	E1	E2	E3	ER
Shannon	0,74	1,73	1,96	2,80
Pielou	0,33	0,77	0,81	0,92



Composición y diversidad florística de la vegetación en tres estados sucesionales en la Reserva Natural El Cristal

El análisis de similitud comprueba que el estado tres es el más parecido al ecosistema de referencia, con un valor de similitud de 0,69 y 16 especies compartidas. Por otro lado, el estado uno presentó menor similitud con un valor de 0,50. Los resultados de la Figura 4 muestran dos grupos florísticamente similares, donde el estado tres se asemeja al ecosistema de referencia, esto sugiere que el estado tres comparte una mayor proporción de especies y características florísticas con el ecosistema de referencia en comparación con el estado uno. Estas diferencias probablemente se dan por la diferencia en el tiempo de recuperación de estas áreas.

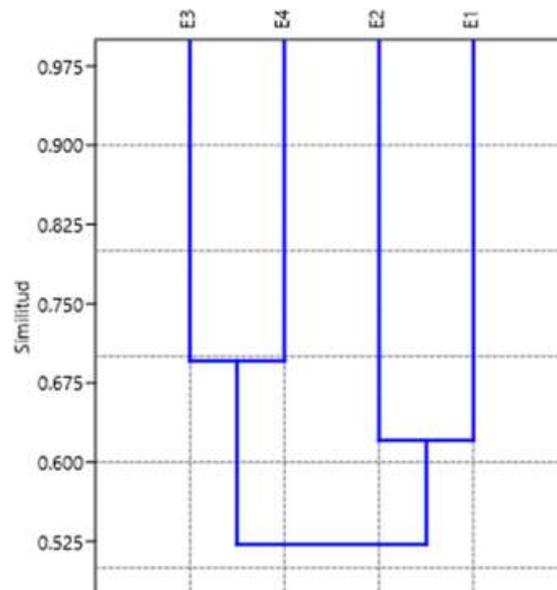


Figura 4. - Dendrograma de similitud entre estados sucesionales estudiados en la Reserva Natural El Cristal



Composición y diversidad florística de las categorías de regeneración natural de los estados sucesionales

Categoría fustal

Existe mayor similitud entre las etapas sucesionales tres y cuatro, que corresponde al ecosistema mayor a 30 años de abandono y al ecosistema de referencia, con un valor de 0,63. Y existe mayor disimilitud entre los estados uno y tres, que corresponde al estado de 10 a 20 años de abandono y el estado tres con un periodo de abandono mayor a 30 años, (Tabla 8).

La regeneración natural en la categoría fustal, se caracteriza principalmente por la presencia de especies pioneras, las cuales tienden a aumentar su densidad y frecuencia para establecerse como bosque, en los estados iniciales de 10 a 20 años y de 20 a 30 años (E1-E2).

Tabla 8. - Índice de similitud de Sorensen en la categoría fustal

Estados	E1	E2	E3	ER
E1	-	0,50	0,27	0,29
E2	4	-	0,54	0,38
E3	3	7	-	0,63
ER	4	6	12	-

Nota: Encima de la diagonal el índice de Sorensen, por debajo el número de especies en común

Categoría latizal

Los índices de similitud de Sorensen de la categoría latizal (Tabla 9) muestran que existe mayor similitud entre los estados tres y cuatro con 13 especies en común, y el estado uno y tres; dos y cuatro son los estados que presentan mayor disimilitud.



Tabla 9. - Índice de similitud de Sorensen en la categoría latizal

Estados	E1	E2	E3	ER
E1	-	0,55	0,40	0,50
E2	7	-	0,43	0,40
E3	6	6	-	0,73
ER	9	6	13	-

Categoría brinzal

En la Tabla 10, se muestra los índices de similitud de Sorensen para la categoría brinzal, la cual refleja mayor similitud entre los estados tres y cuatro con un valor de 0,80 (4 especies en común), mientras que existe mayor diferencia entre los estados uno y dos con 0,29 de similitud. Estas diferencias probablemente se deben a la escasa regeneración, pero con igual comportamiento en las categorías fustal y latizal. De manera general, que a medida que transcurre el tiempo su diversidad aumenta.

Tabla 10. - Índice de similitud de la categoría brinzal

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



DISCUSIÓN

Composición florística de la vegetación en la Reserva Natural El Cristal (RNEC)

La composición florística de los árboles con DAP igual o mayor a 5 cm por estado sucesional en la Reserva Natural El Cristal fue diferente a los resultados 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; resultados similares reportaron Aguirre *et al.* (2023) quienes en un estudio en el bosque andino registraron 17 especies en la categoría brinzal y 21 en latizal. Pero estos 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 en Zamora-Chinchipe reportó 125 especies, 88 géneros y 41 familias botánicas. Esta diferencia en los estratos pudiera relacionarse con el uso del suelo, ya que el ecosistema de la RNEC es un ecosistema en recuperación, mientras que el estudio del Parque Universitario "Francisco Vivar Castro" se realizó bajo el dosel de plantaciones forestales y bosque andino.

Parámetros estructurales de la vegetación por estado sucesional en la RNEC

Estado 1: abandono de entre 10 a 20 años

En el estado 1, predominó la especie *Alnus acuminata*, la cual se registró en todos los sitios de muestreo, este predominio se atribuye a su capacidad de adaptación a las condiciones edafológicas y climáticas del sitio, así como la capacidad de dispersión y competencia por recursos (Pacheco-Agudo y Quisbert-Guarachi, 2016).

Estado 2: abandono de entre 20 a 30 años

En este ecosistema las especies que destacaron fueron: *Myrsine sodiroana* con 20,09 %, *Alnus acuminata* con 14,08 % y *Viburnum triphyllum* con 12,71 %, que son especies que alcanzaron el IVI mayor en este ecosistema. En el caso de *Myrsine sodiroana* el alto valor del IVI probablemente se atribuye a su capacidad de reproducción y producción de semillas que es de dos veces al año (Aponte y Sanmartín, 2011).



Estado 3: abandono de entre 30 a 40 años

EL mayor IVI en esta fase sucesional se debe a la dominancia y frecuencia de las especies registradas, esta abundancia probablemente se atribuye a la capacidad de las especies para adaptarse y reproducirse en ecosistemas alto andinos (Aponte y Sanmartín, 2011); a diferencia de especies como: *Boehmeria caudata*, *Casearia sylvestris*, *Cedrela montana*, *Cinchona officinalis*, *Clethra revoluta* y *Podocarpus oleifolius* que presentaron el IVI menor, debido a la baja densidad y frecuencia registrada. Probablemente, los pocos registros de estas especies se atribuyen a sus características fenológicas, ya que son especies típicas de bosques maduros; además, son especies de alto valor comercial y que probablemente fueron aprovechadas de manera selectiva (Yaguana *et al.*, 2010).

Ecosistema de referencia: bosque en área cercana

El área de referencia, al ser un espacio de conservación nacional se mantiene en un mejor estado de salud ecológica, en donde se evidenció mayor diversidad y se registró especies ausentes en los demás estados en análisis. Meneses (2018), menciona que por lo general los ecosistemas de referencia suelen ser espacios sin mayor intervención antrópica, en donde se trata de mantener los ecosistemas en estado natural o prístino.

Diversidad por estado sucesional de la vegetación en la Reserva Natural El Cristal

Los datos reflejan una diversidad media para Shannon y para Pielou, es un ecosistema homogéneo en abundancia y con alta diversidad. Estos resultados difieren de los reportados por Aguirre *et al.* (2023), que reportaron valores del índice de Shannon de 3,99 (altamente diverso) y 1,95 para Pielou, clasificándolo como un sistema homogéneo en abundancia y con alta diversidad de acuerdo a Aguirre (2019).

La información obtenida evidencia la recuperación de los ecosistemas con el paso del tiempo; es decir, a mayor periodo de abandono la diversidad y composición florística aumenta en cada uno de los estados evaluados, esta información es corroborada con los estudios de Aguirre *et al.* (2019) y Aguirre *et al.* (2023), sobre sucesión natural bajo plantaciones de *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*, desarrollados en la Hoya de Loja, estos



afirman que a mayor edad de las plantaciones o áreas en recuperación, la diversidad aumenta, al igual que la abundancia de algunas especies.

Composición y diversidad florística de la vegetación en tres estados sucesionales en la Reserva Natural El Cristal.

Los resultados de similitud entre estados sucesionales en la RNEC 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 heterogéneo caracterizado por la presencia de un conjunto de especies adaptadas a las condiciones del ambiente establecido. Estos resultados difieren de lo reportado por Ramírez (2023), quién en su estudio de estructura y dinámica sucesional de la regeneración natural del bosque siempreverde piemontano de Zamora-Chinchipec, manifiesta que la composición florística de las especies de la regeneración natural total, no formó grupos distintos florísticamente.

Composición y diversidad florística de las categorías de regeneración natural en los estados sucesionales

De manera general, los resultados en cuanto a la composición florística por categoría de regeneración natural muestran dos grupos: estado 1 y estado 2 forman un grupo similar entre sí, mientras que los estados 3 y 4 que corresponde al ecosistema con un periodo de abandono de entre 30 a 40 años y al ecosistema de referencia respectivamente, forman el segundo grupo de similitud. 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. Resultados similares presentan Armenteras y Vargas (2016) y Vargas (2011) quienes manifiestan que un ecosistema se recupera cuando no existen actividades antrópicas que afecten la dinámica sucesional de las especies.

Por otra parte, presentan disimilitud los estados 3 y 4, mientras que el estado 2 es disímil con el ecosistema de referencia (ER). En cada categoría de regeneración se evidencia este patrón. Es probable que esta disimilitud se deba a la influencia de factores ambientales o a la presencia de disturbios de carácter antrópico, pues la vegetación de una zona determinada se debe a la interacción de factores ambientales, procesos biológicos y



fenológicos de un conjunto de especies que cohabitan en un determinado ecosistema (Fortanelli *et al.*, 2014).

La recuperación de la vegetación mediante procesos de sucesión natural son una importante estrategia *in situ* de restauración, ya que se observa el establecimiento de especies típicas y características de estos ecosistemas andinos, conforme se avanza en tiempo de abandono y recuperación. Así, el estado tres muestra una similitud del 0,69 con el ecosistema de referencia, compartiendo 16 especies. 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.

Los resultados apuntan que en un futuro los ecosistemas podrían estar dominados por árboles nativos, lo que conduciría a la formación de bosques con características parecidas a las de los bosques nativos originales.

CONCLUSIONES

La categoría fustal del estado tres registra el mayor número de individuos en regeneración natural (248 individuos de 16 especies). Estos permiten predecir que en un futuro estos ecosistemas estarán dominados por árboles formando bosques secundarios.

Existe diferencia en cuanto a la diversidad, estructura y composición florística de la vegetación por estado sucesional, los estados 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 estados sucesionales con periodos de abandono de más de 30 años muestran incremento en la diversidad y composición florística.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIRRE MENDOZA, Z., DÍAZ ORDOÑEZ, E., MUÑOZ CHAMBA, J. y MUÑOZ CHAMBA, L., 2019. Sucesión natural bajo plantaciones de *Pinus radiata* D. Don (Pinaceae) y *Eucalyptus globulus* Labill. (Myrtaceae), en el sur del Ecuador. *Arnaldoa* [en línea], vol. 26, no. 3, [consulta: 29 julio 2024]. ISSN 2413-3299. DOI 10.22497/arnaldoa.263.26306. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S241332992019000300006&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
- AGUIRRE MENDOZA, Z.H., MERCHÁN GRANDA, J.P., GEADA LÓPEZ, 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* [en línea], vol. 10, no. 3, [consulta: 29 julio 2024]. ISSN 2310-3469. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S231034692022000300292&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
- AGUIRRE., Z., 2019. *Guía de métodos para medir la biodiversidad* [en línea]. Ecuador: Universidad Nacional de Loja. Disponible en: <https://zhofreaguirre.files.wordpress.com/2012/03/guia-para-medir-la-biodiversidad-octubre-7-2011.pdf>.
- AGUIRRE, Z., GONZALEZ, L., JOHANA, M. y CHAMBA, L., 2023. Procesos sucesionales de la vegetación bajo plantaciones forestales y bosque andino en la hoya de Loja, Ecuador. *Conservação e Biodiversidade Amazônica: potencialidade e incertezas* [en línea]. S.l.: Editora Científica Digital, pp. 107-127. vol. 2. ISBN 9786553603042. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/370319717_Procesos_sucesionales_de_la_vegetacion_bajo_plantaciones_forestales_y_bosque_andino_en_la_hoya_de_Loja_Ecuador.



ARMENTERAS, D. y VARGAS, O., 2016. Patrones Del Paisaje Y Escenarios De Restauración: Acercando Escalas. *Acta Biológica Colombiana* [en línea], vol. 21, no. 1, [consulta: 29 julio 2024]. ISSN 0120-548X, 1900-1649. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=319049262003>.

DOMÍNGUEZ, R., LEÓN, M., SAMANIEGO, J. y SUNKEL, O., 2019. *Recursos naturales, medio ambiente y sostenibilidad: 70 años de pensamiento de la CEPAL* [en línea]. S.l.: United Nations. [consulta: 29 julio 2024]. ISBN 978-92-1-047946-2. Disponible en: <https://www.un-ilibrary.org/content/books/9789210479462>.

FORTANELLI-MARTÍNEZ, J., GARCÍA-PÉREZ, J. y CASTILLO-LARA, P., 2014. Estructura y composición de la vegetación del bosque de niebla de Copalillos, San Luis Potosí, México. *Acta botánica mexicana* [en línea], no. 106, [consulta: 29 julio 2024]. ISSN 0187-7151. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0187-71512014000100009&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

IPINZA, R., BARROS, S., MAZA, C.L.D. la, JOFRÉ, P. y GONZÁLEZ, J., 2021. Bosques y Biodiversidad. *Ciencia & Investigación Forestal* [en línea], vol. 27, no. 1, [consulta: 29 julio 2024]. ISSN 0718-4646. DOI 10.52904/0718-4646.2021.475. Disponible en: <https://revista.infor.cl/index.php/infor/article/view/475>.

MENESES MARROQUÍN, L.M., 2018. *Caracterización de ecosistemas de referencia y propagación de especies nativas de interés para restauración ecológica en la jurisdicción de Corpochivor* [en línea]. Tesis de grado/Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Colombia: Corporación Autónoma Regional de Chivor. [consulta: 29 julio 2024]. Disponible en: <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/14012>.

MINISTERIO DEL AMBIENTE DE ECUADOR [MAE], 2019. *Plan Nacional de Restauración Forestal 20192030*. Ministerio del Ambiente de Ecuador [en línea]. 2019. S.l.: MINISTERIO DEL AMBIENTE DE ECUADOR [MAE]. Disponible en: <https://goo.su/KDssD>.



PACHECO AGUDO, E. y QUISBERT GUARACHI, A.S., 2016. Modelos de aprovechamiento sostenible del Aliso (*Alnus Acuminata* Kunth) en zona de ladera de bosque de niebla. *Journal of the Selva Andina Biosphere* [en línea], vol. 4, no. 1, [consulta: 29 julio 2024]. ISSN 2308-3859, 2308-3867. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5629281>.

RAMIREZ GUAMÁN, T.G., 2023. *Estructura y dinámica sucesional de la regeneración natural en el bosque siempreverde piemontano con intervención de manejo forestal en Zamora Chinchipe, Ecuador* [en línea]. masterThesis. S.l.: Loja: Universidad Nacional de Loja. [consulta: 29 julio 2024]. Disponible en: <https://dspace.unl.edu.ec/handle/123456789/27845>.

SALMERON LOPEZ, ARTURO y GEADA LOPEZ, GRETTEL 2023. Modelo de dinámicas auto-organizativas en un bosque semideciduo micrófilo de Cuba Oriental: un enfoque hacia la restauración. *Revista Cubana de Ciencias Forestales* [en línea], vol. 11, no. 1, [consulta: 29 julio 2024]. ISSN 2310-3469. Disponible en: <https://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/view/786>.

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* [en línea]. Tesis de pregrado. Ecuador: Universidad Internacional del Ecuador SEDE LOJA. Disponible en: <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/4105/1/T-UIDE-0807.pdf>.

VARGAS, J.O., 2011. RESTAURACION ECOLÓGICA: BIODIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN. *Acta Biológica Colombiana* [en línea], vol. 16, no. 2, ISSN 0120-548X. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/19280>.

YAGUANA, C., LOZANO, D., NEILL, D. y ASANZA, M., 2012. Diversidad florística y estructura del bosque nublado del Río Numbala, Zamora-Chinchipe, Ecuador: El "bosque gigante" de Podocarpaceae adyacente al Parque Nacional Podocarpus. *Revista Amazónica: Ciencia y Tecnología* [en línea], vol. 1, no. 3, DOI 10.59410/RACYT-v01n03ep05-0019. Disponible en:



https://www.researchgate.net/publication/235920922_Diversidad_floristica_y_estructura_del_bosque_nublado_del_Rio_Numbala_Zamora_Chinchipecuador_El_bosque_gigante_de_Podocarpaceae_adyacente_al_Parque_Nacional_Podocarpus.

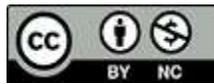
Conflicto de intereses:

Los autores declaran no tener conflicto de intereses

Contribución de autores:

Cristian Contenido Yunga: confección de la base de datos, análisis estadístico, financiación de fondos, confección de tablas y figuras, redacción del original

Zhofre Huberto Aguirre Mendoza: concepción de la idea, director del trabajo de investigación, asesoramiento general, revisión y versión final de la autoría.



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.

