

Regeneración natural de especies forestales en un bosque andino en el sur de Ecuador

Natural regeneration of forest species in an Andean forest in the south of Ecuador

Zhofre Aguirre Mendoza*

Universidad Nacional de Loja. Ciudad Universitaria Guillermo Falconí Espinosa, Loja, ECUADOR

*Autor para correspondencia: zhofre.aguirre@unl.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-6829-3028>

Guillermo Quirola Kirby

Ingeniero Forestal, Universidad Nacional de Loja, ECUADOR

<https://orcid.org/0009-0000-4409-5046>

Nelson Armando Jaramillo

Herbario "Reinaldo Espinosa", Universidad Nacional de Loja. Ciudad

Universitaria Guillermo Falconí Espinosa, Loja, ECUADOR

<https://orcid.org/0000-0002-9715-5863>

Darío Ventimilla Ramos

Docente de la Carrera de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional de Loja.

Ciudad Universitaria Guillermo Falconí Espinosa, Loja, ECUADOR

<https://orcid.org/0009-0006-7187-2211>

Recibido: 09-XII-2023; aceptado: 20-II-2024; publicado online: 30-IV-2024

Resumen

La regeneración natural es un proceso continuo de autorecuperación de los ecosistemas forestales. La investigación se realizó en un bosque andino de la hoya de Loja, Ecuador, con el objetivo de determinar el estado de la regeneración natural de las especies forestales presentes en un bosque andino y la relación con variables físicas. Se usó una parcela permanente de una hectárea, subdividida en 25 subparcelas de 400 m²; dentro de cada parcela de 20 x 20 m se anidaron subparcelas para evaluar la regeneración natural existente, conforme a las categorías determinadas así: para latizal se usaron parcelas de 5 x 5 m y para brinzal parcelas de 2 x 2 m. Para determinar la composición florística y los parámetros estructurales se contabilizaron todos los individuos presentes en las categorías definidas. Se registraron 28 especies, de las cuales 19 son árboles y 9 arbustos. En la categoría latizal existen 26 especies regenerándose y, en los brinzales 21 especies. Las especies que se regeneran en mayor cantidad son *Palicourea amethystina*, *Piper asperiusculum*, *Piper barbatum*, *Miconia obscura* y *Nectandra laurel*. La cobertura del dosel tiene un impacto significativo en la penetración de la luz, lo cual afecta a las especies. La pendiente y profundidad del suelo de los horizontes O y A tienen influencia significativa en la diversidad y abundancia de la regeneración natural del bosque. La regeneración natural observada representa un buen reservorio de especies e individuos que garantiza la permanencia de este bosque andino en el sur de Ecuador.

Palabras claves: Bosque andino, regeneración natural, composición florística, parámetros estructurales.

Abstract

Natural regeneration is a continuous process of self-recovery of forest ecosystems. The research was carried out in an Andean forest in the Loja valley, Ecuador, with the objective of determining the state of natural regeneration of forest species present in an Andean forest and the relationship with physical variables. A permanent plot of one hectare was used, subdivided into 25 subplots of 400 m²; within each 20 x 20 m plot, subplots were nested to evaluate the existing natural regeneration, according to the categories determined as follows: 5 x 5 m plots were used for latizal and 2 x 2 m plots for saplings. To determine the floristic composition and structural parameters, all individuals present in the defined categories were counted. 28 species were recorded, of which 19 are trees and 9 are shrubs. In the latizal category there are 26 species regenerating and, in the saplings, 21 species. The species that regenerate in greater quantities are *Palicourea amethystina*, *Piper asperiusculum*, *Piper barbatum*, *Miconia obscura* and *Nectandra laurel*. Canopy cover has a significant impact on light penetration, which affects species. The soil slope and depth of the O and A horizons have a significant influence on the diversity and abundance of natural forest regeneration. The observed natural regeneration represents a good reservoir of species and individuals that guarantees the permanence of this Andean forest in southern Ecuador.

Keywords: Andean forest, natural regeneration, floristic composition, structural parameters.

Citación: Aguirre, Z.; Quirola; N. Jaramillo & D. Ventimilla. 2024. Regeneración natural de especies forestales en un bosque andino en el sur de Ecuador. *Arnaldoa* 31 (1):105-119 doi:<http://doi.org/10.22497/arnaldoa.311.31105>

Introducción

Los bosques andinos son los ecosistemas más diversos del mundo, en especial los Andes del Norte que son parte de uno de los “puntos calientes” de biodiversidad del planeta (Myers *et al.*, 2010). Se encuentran entre 2 000 a 3 500 m s.n.m (Rangel *et al.*, 1997). A pesar de su importancia biológica, social y económica éstos han sido alterados y degradados, lo que ha provocado la alteración de su estructura, composición, provisión de bienes y servicios que proveen los remanentes boscosos que quedan en Ecuador (Cruz, 2000).

Los bosques andinos son altamente sensibles al cambio, debido a que se encuentran en zonas cercanas a comunidades humanas, en terrenos de fuertes pendientes, siendo muy susceptibles a ciertas alteraciones naturales y antrópicas que provocan su degradación (Bussmann, 2004; Sabogal *et al.*, 2015; Armenteras *et al.*, 2017).

La comprensión de la dinámica del bosque, los factores que lo alternan y de sus especies involucra el conocimiento del crecimiento de los árboles, su regeneración natural y dinámica poblacional de las especies, que dependen de factores ambientales, sociales y de características propias de las especies (Lambers *et al.*, 1998; Aguirre, 2014).

Conocer la realidad y la percepción de los problemas ayuda a establecer estrategias que mitiguen los impactos y resuelvan los problemas. Por esta razón es importante la generación de conocimiento sobre los procesos biológicos y ecológicos del bosque andino, que incluyen conocimientos sobre: diversidad, sucesión vegetal, regeneración natural, dinámica de crecimiento y dinámica poblacional de las especies (Aguirre, 2019).

En esta perspectiva es importante resaltar que la regeneración natural es un proceso continuo de autorecuperación muy importante en el ciclo de vida de los ecosistemas forestales. Esta es parte de la sucesión secundaria a veces primaria que garantiza la recuperación, formación y continuidad de un ecosistema. Las semillas de las plantas que han caído al suelo

germinan y crecen, estas jóvenes plantas compiten por la luz y nutrientes, fomentando una diversidad de especies y edades en el bosque. La regeneración natural no solo es fundamental para la recuperación de la biodiversidad, sino también para mantener la salud y la resiliencia de los bosques, que luego cumplen y contribuyen al equilibrio ambiental mediante la captura de carbono y otros ciclos biogeoquímicos (Aguirre, 2019).

Esta investigación en un remanente boscosos en la hoya de Loja, sur de Ecuador, generó conocimientos sobre la regeneración natural de especies leñosas en el bosque andino; estos argumentos científico-técnicos son útiles para recomendar protocolos de seguimiento de la sucesión vegetal, producción de especies vegetales arbóreas, uso y manejo de recursos vegetales y, contribuyen en los procesos de enseñanza universitaria; esta investigación se enmarcó dentro del proyecto institucional denominado: Procesos ecológicos de la vegetación en el parque universitario “Francisco Vivar Castro”, Universidad Nacional de Loja. Fase III. Para lo cual se cumplió el objetivo de determinar el estado de la regeneración natural de las especies forestales presentes en una parcela permanente en el bosque andino y la relación con variables físicas, para contar con bases técnicas que permitan su manejo y conservación.

Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio se realizó en el bosque andino del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro” propiedad de la Universidad Nacional de Loja, está ubicado en La Argelia, parroquia San Sebastián en Loja, Ecuador (Figura 1), su altitud va de 2 135 a 2 520 m s.n.m., con una temperatura promedio de 16 °C, precipitación media anual de 950 mm, caracterizado por una topografía accidentada, con pendientes entre 50-90 %, es un remanente de bosque enclavado en un mosaico de vegetación arbustiva, pastizales, agricultura e infraestructura citadina (Aguirre *et al.*, 2016).

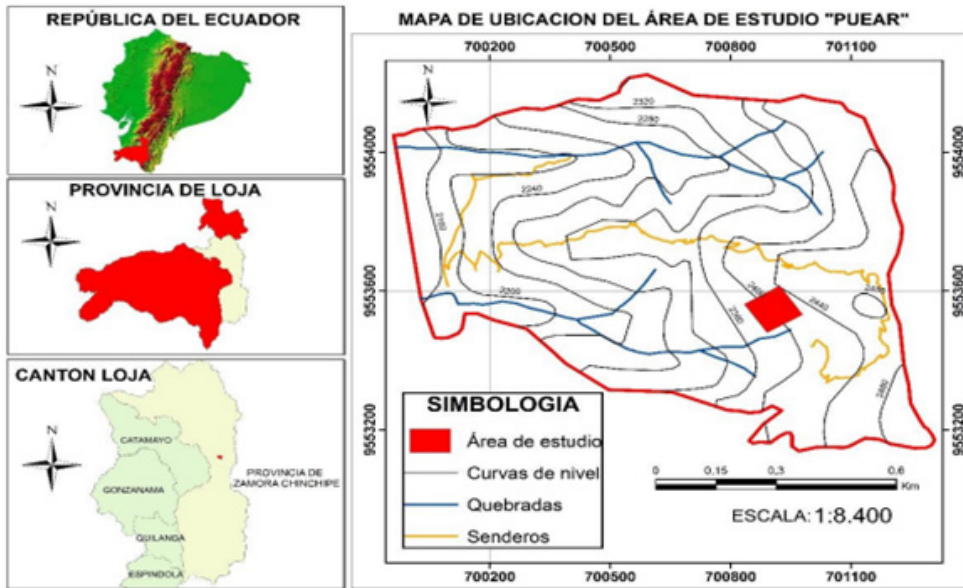


Figura 1. Ubicación política y geográfica del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro” y la parcela de muestreo de esta investigación.

Metodología

Se trabajó en una parcela permanente de una hectárea instalada en el año 2017 en el bosque andino del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”; la parcela se encuentra subdividida en 25 cuadrantes de 20 x 20 m (400 m²); dentro de cada parcela de 20 x 20 m se anidaron subparcelas para la evaluación de la regeneración natural presente en las dos categorías definidas, así: para brinzal (individuos de entre 0,30 m y por debajo de 1,50 m de altura) parcelas de 2 x 2 m (4 m²); y, para latizal (individuos de 1,50 m de altura y hasta 4,99 cm de DAP) se usaron parcelas de 5 x 5 m (25 m²). Se contabilizaron y midieron la altura (m) y diámetro (cm) de todos los individuos de regeneración natural correspondiente a cada categoría, la medición se realizó con cinta métrica. Además, se

registraron las variables ambientales: cobertura del dosel en %, pendiente del terreno en %, profundidad del suelo 0 en cm, profundidad del suelo orgánico A en cm que sirvieron para determinar la relación con la regeneración natural.

Procesamiento de la información colectada

A partir de la contabilización de los individuos se determinó la composición florística en las dos categorías definidas, se calcularon los parámetros estructurales: densidad absoluta (D), densidad relativa (DR) o abundancia, frecuencia relativa (FR) e índice de valor de importancia simplificado (IVI). Las fórmulas utilizadas fueron las sugeridas por Moreno (2001) y Aguirre (2019).

$$\text{Densidad absoluta } D \text{ \#ind/ha} = \frac{\text{N}^\circ \text{ total de individuos por especie}}{\text{total del área muestreada}}$$

$$\text{Densidad Relativa } DR \% = \frac{\text{N}^\circ \text{ de individuos por especie}}{\text{N}^\circ \text{ total de individuos}}$$

Frecuencia Relativa FR %

$$= \frac{\text{N}^\circ \text{ de parcelas en la que esta la especie}}{\text{sumatoria de las frecuencias de todas las especies}} \times 100$$

$$\text{Índice de Valor de Importancia } IVI \% = \frac{DR + FR}{2}$$

También se calcularon los índices de Shannon, Pielou y Simpson para los datos generales y para las dos categorías por separado, usando las formulas planteadas por Moreno (2001).

Índice de Shannon:

$$H^1 = - \sum_{i=1}^s P_i \log_2 P_i$$

Donde:

S = Es el número de especies (la riqueza de especies).

P_i = Es la proporción de individuos de la especie *i* respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie *i*): n_i/N.

N_i = Es el número de individuos de la especie *i*.

N = Es el número de todos los individuos de todas las especies.

Índice de Simpson:

Dominancia:

$$D = \sum_{i=1}^s \left(\frac{n_i^2}{N} \right)$$

Donde:

D: Dominancia.

N: Es el total de organismo presentes

n: Es el número de ejemplares por especie.

Simpson:

$$\gamma = 1 - D$$

Donde:

γ = Índice de diversidad de Simpson

D = Índice de diversidad de dominancia

Finalmente se determinó la relación entre los índices de *índices de diversidad* (Shannon, Simpson y Pielou) y con las variables físicas presentes en la parcela a través de matrices de correlación y análisis de componentes principales, usando el programa estadístico InfoStat.

Resultados

Composición florística general de la regeneración en el bosque andino del sur de Ecuador

Se registraron 28 especies de 21 géneros y 18 familias, de las cuales 19 especies son arbóreas y nueve arbustivas, con un total de 888 individuos (Tabla 1). No todas las especies existentes en la parcela permanente presentan regeneración natural.

Tabla 1. Número de individuos de regeneración natural de las especies forestales presentes en la parcela permanente del bosque andino en el sur de Ecuador.

| Hábito crecimiento | Especie | Número de individuos |
|--------------------|---|----------------------|
| Árboles | <i>Alnus acuminata</i> Kunth | 12 |
| | <i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz. | 21 |
| | <i>Cinchona officinalis</i> L. | 1 |
| | <i>Clusia alata</i> Planch. & Triana | 23 |
| | <i>Clusia elliptica</i> Kunth | 5 |
| | <i>Frangula granulosa</i> (Ruiz & Pav.) Grubov | 6 |
| | <i>Hedyosmum scabrum</i> (Ruiz & Pav.) Solms | 40 |
| | <i>Lafoensia acuminata</i> (R. & P.) DC | 1 |
| | <i>Miconia obscura</i> (Bonpl.) Naudin | 103 |
| | <i>Myrcianthes orthostemon</i> (O.Berg) Grifo | 4 |
| | <i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly | 4 |
| | <i>Myrsine sodiroana</i> (Mez) Pipoly | 13 |
| | <i>Nectandra laurel</i> Klotzsch ex Nees | 96 |
| | <i>Oreopanax andreanus</i> Marchal | 1 |
| | <i>Oreopanax rosei</i> Harms | 18 |
| | <i>Prunus Opaca</i> (Benth.) Walp | 1 |
| | <i>Sciodaphyllum pedersenu</i> ined | 13 |
| | <i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC. | 11 |
| | Solanaceae | 7 |
| Total | 19 | 380 |
| Arbustos | <i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz & Pav.) DC. | 286 |
| | <i>Palicourea heterochroma</i> K. Schum. & K. Krause. | 4 |
| | <i>Piper asperiusculum</i> Kunth | 149 |
| | <i>Piper barbatum</i> Kunth | 37 |
| | <i>Piper bogotense</i> C. DC. | 10 |
| | <i>Cestrum auriculatum</i> Lher | 1 |
| | <i>Lycianthes radiata</i> (Sendtn) Bitter | 1 |
| | <i>Viburnum triphyllum</i> benth | 2 |
| | <i>Piper</i> sp. | 18 |
| Total | 9 | 508 |
| Total | 28 | 888 |

Parámetros estructurales generales de la regeneración natural en el bosque andino del sur de Ecuador.

Se regeneran con mayor abundancia *Palicourea amethystina* con un total de 286 individuos por hectárea y una

densidad relativa 32,21 %, seguido de *Piper asperiusculum* con 149 individuos por hectárea y densidad relativa 16,78 %. *Miconia obscura* con una densidad de 103 individuos por hectárea, con una densidad relativa 10,81 %. Las especies con mayor

IVI en la regeneración natural general son: Kunth con un IVI de 8,85 % y *Nectandra laurel* Klotzsch ex Nees con un IVI de 7,92 % con un IVI de 18,62 %, *Piper asperiusculum* % (ver Tabla 2).

Tabla 2. Parámetros estructurales de la regeneración natural dentro de la parcela permanente en el bosque andino en el sur de Ecuador.

| Especie | Número de individuos | Ab o Dr (%) | Fr (%) | IVI ₁₀₀ (%) |
|---|----------------------|-------------|--------|------------------------|
| <i>Alnus acuminata</i> Kunth | 12 | 1,35 | 2,74 | 2,05 |
| <i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz. | 21 | 2,36 | 4,57 | 3,47 |
| <i>Cestrum auriculatum</i> Lher | 1 | 0,11 | 0,46 | 0,28 |
| <i>Cinchona officinalis</i> L. | 1 | 0,11 | 0,46 | 0,28 |
| <i>Clusia alata</i> Planch. & Triana | 23 | 2,59 | 5,94 | 4,26 |
| <i>Clusia elliptica</i> Kunth | 5 | 0,56 | 1,37 | 0,97 |
| <i>Frangula granulosa</i> (Ruiz & Pav.) Grubov | 6 | 0,68 | 2,74 | 1,71 |
| <i>Hedyosmum scabrum</i> (Ruiz & Pav.) Solms | 40 | 4,50 | 6,85 | 5,68 |
| <i>Lafoensia acuminata</i> (R. & P.) DC | 1 | 0,11 | 0,46 | 0,28 |
| <i>Miconia obscura</i> (Bonpl.) Naudin | 103 | 11,60 | 0,46 | 6,03 |
| <i>Myrcianthes orthostemon</i> (O.Berg) Grifo | 4 | 0,45 | 9,59 | 5,02 |
| <i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly | 4 | 0,45 | 1,83 | 1,14 |
| <i>Myrsine sodiroana</i> (Mez) Pipoly | 13 | 1,46 | 0,91 | 1,19 |
| <i>Nectandra laurel</i> Klotzsch ex Nees | 96 | 10,81 | 5,02 | 7,92 |
| <i>Oreopanax andreanus</i> Marchal | 1 | 0,11 | 9,13 | 4,62 |
| <i>Oreopanax rosei</i> Harms | 18 | 2,03 | 0,46 | 1,24 |
| <i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz & Pav.) DC. | 286 | 32,21 | 5,02 | 18,62 |
| <i>Palicourea heterochroma</i> K. Schum. & K. Krause. | 4 | 0,45 | 10,05 | 5,25 |
| <i>Piper asperiusculum</i> Kunth | 149 | 16,78 | 0,91 | 8,85 |
| <i>Piper barbatum</i> Kunth | 37 | 4,17 | 10,50 | 7,33 |
| <i>Piper bogotense</i> C.DC. | 10 | 1,13 | 6,39 | 3,76 |
| <i>Piper</i> Sp. | 18 | 2,03 | 1,83 | 1,93 |
| <i>Prunus Opaca</i> (Benth.) Walp | 1 | 0,11 | 2,74 | 1,43 |
| <i>Lycianthes radiata</i> (Sendtn) Bitter | 1 | 0,11 | 0,46 | 0,28 |
| <i>Sciodaphyllum pedersenu</i> ined | 13 | 1,46 | 2,74 | 2,10 |
| <i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC. | 11 | 1,24 | 3,65 | 2,45 |
| <i>Solanaceae</i> | 7 | 0,79 | 2,28 | 1,54 |
| <i>Viburnum triphyllum</i> benth | 2 | 0,23 | 0,46 | 0,34 |
| Total | 888 | 100 | 100 | 100 |

Diversidad alfa de la regeneración natural en el bosque andino del sur de Ecuador.

El índice de Shannon fue de 2,40 que significa que la diversidad es media; el

índice de Pioletou es de 0,72 que expresa diversidad alta y el índice de Simpson es de 0,85 indica que la regeneración natural tiene diversidad es alta.

Parámetros estructurales de la regeneración vegetación en la categoría brinzales en el bosque andino del sur de Ecuador.

De las 21 especies identificadas en esta categoría, las de mayor abundancia son: *Palicourea amethystina* con una densidad de 111 individuos/ha, con densidad relativa de 31,71 %, *Piper asperiusculum* con una densidad de 52 individuos/ha y densidad

relativa de 14,86 %, *Nectandra laurel* con una densidad de 43 individuos/ha y densidad relativa 12,29 %. Las especies más importantes ecológicamente son: *Palicourea amethystina* (Ruiz & Pav.) DC. con un IVI de 23,86 %, *Piper asperiusculum* Kunth con IVI de 12,63 %, *Miconia obscura* (Bonpl.) Naudin con IVI de 10,80 %, *Nectandra laurel* Klotzsch ex Nees con IVI de 12,14 % (ver Tabla 3).

Tabla 3. Parámetros estructurales de la regeneración natural de la categoría brinzales en el bosque andino en el sur de Ecuador.

| Especie | Número de individuos | Ab o Dr (%) | Fr (%) | IVI ₁₀₀ (%) |
|---|----------------------|-------------|--------|------------------------|
| <i>Alnus acuminata</i> Kunth | 6 | 1,71 | 2,40 | 2,06 |
| <i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz. | 21 | 6,00 | 8,00 | 7,00 |
| <i>Cinchona officinalis</i> L. | 1 | 0,29 | 0,80 | 0,54 |
| <i>Clusia alata</i> Planch. & Triana | 4 | 1,14 | 3,20 | 2,17 |
| <i>Clusia elliptica</i> Kunth | 1 | 0,29 | 0,80 | 0,54 |
| <i>Frangula granulosa</i> (Ruiz & Pav.) Grubov | 2 | 0,57 | 1,60 | 1,09 |
| <i>Hedyosmum scabrum</i> (Ruiz & Pav.) Solms | 17 | 4,86 | 7,20 | 6,03 |
| <i>Miconia obscura</i> (Bonpl.) Naudin | 42 | 12,0 | 9,60 | 10,80 |
| <i>Myrcianthes orthostemon</i> (O.Berg) Grifo | 3 | 0,86 | 2,40 | 1,63 |
| <i>Myrsine sodiroana</i> (Mez) Pipoly | 1 | 0,29 | 0,80 | 0,54 |
| <i>Nectandra laurel</i> Klotzsch ex Nees | 43 | 12,3 | 12,0 | 12,14 |
| <i>Oreopanax rosei</i> Harms | 12 | 3,43 | 5,60 | 4,51 |
| <i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz & Pav.) DC. | 111 | 31,7 | 16,0 | 23,86 |
| <i>Palicourea heterochroma</i> K. Schum. & K. Krause. | 3 | 0,86 | 0,80 | 0,83 |
| <i>Piper asperiusculum</i> Kunth | 52 | 14,9 | 10,4 | 12,63 |
| <i>Piper barbatum</i> Kunth | 6 | 1,71 | 4,00 | 2,86 |
| <i>Piper bogotense</i> C.DC. | 3 | 0,86 | 2,40 | 1,63 |
| <i>Piper</i> sp. | 9 | 2,57 | 4,00 | 3,29 |
| <i>Sciodaphyllum pedersenu</i> ined | 3 | 0,86 | 1,60 | 1,23 |
| <i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC. | 8 | 2,29 | 4,80 | 3,54 |
| Solanaceae sp. | 2 | 0,57 | 1,60 | 1,09 |
| N | 350 | 100 | 100 | 100 |

Diversidad alfa de la regeneración natural en la categoría brinzales en el bosque andino del sur de Ecuador.

El índice de Shannon, tiene un valor de 2,23 que significa diversidad media. El

índice de Pielou, presenta un valor de 0,73 que significa que la diversidad es alta. Y el índice de Simpson, tiene un valor de 0,84 que define diversidad alta.

Parámetros estructurales de la regeneración natural de la categoría latizales bajo en el bosque andino del sur de Ecuador.

De las 26 especies que se regeneran en esta categoría, *Palicourea amethystina* (Ruiz & Pav.) DC. tiene mayor abundancia con 175 individuos/ha, y densidad relativa de 32,53 %, *Piper asperiusculum* con 97 individuos/ha y densidad relativa de 18,03 %, *Miconia obscura* con 61 individuos/ha y

densidad relativa 11,34 %, *Nectandra laurel* con una densidad de 53 individuos/ha y 9,85 % de densidad relativa. Las especies más importantes ecológicamente son: *Palicourea amethystina* (Ruiz & Pav.) DC. con un IVI de 22,70 %, *Piper asperiusculum* Kunth con IVI de 15,45 %, *Miconia obscura* (Bonpl.) Naudin con un IVI de 10,93 % y *Nectandra laurel* Klotzsch ex Nees con IVI de 10,19 % (ver Tabla 4).

Tabla 4. Parámetros estructurales de la regeneración natural, categoría latizal en el bosque andino en el sur de Ecuador

| Especie | Número de individuos | Ab o Dr (%) | Fr (%) | IVI ¹⁰⁰ (%) |
|---|----------------------|-------------|--------|------------------------|
| <i>Alnus acuminata</i> Kunth | 6 | 1,12 | 2,34 | 1,73 |
| <i>Cestrum auriculatum</i> Lher | 1 | 0,19 | 0,58 | 0,39 |
| <i>Clusia alata</i> Planch. & Triana | 19 | 3,53 | 7,02 | 5,27 |
| <i>Clusia elliptica</i> Kunth | 4 | 0,74 | 1,75 | 1,25 |
| <i>Frangula granulosa</i> (Ruiz & Pav.) Grubov | 4 | 0,74 | 2,34 | 1,54 |
| <i>Hedyosmum scabrum</i> (Ruiz & Pav.) Solms | 23 | 4,28 | 6,43 | 5,35 |
| <i>Lafoensia acuminata</i> (R. & P.) DC | 1 | 0,19 | 0,58 | 0,39 |
| <i>Lycianthes radiata</i> (Sendtn) Bitter | 1 | 0,19 | 0,58 | 0,39 |
| <i>Miconia obscura</i> (Bonpl.) Naudin | 61 | 11,34 | 10,53 | 10,93 |
| <i>Myrcianthes orthostemon</i> (O.Berg) Grifo | 1 | 0,19 | 0,58 | 0,39 |
| <i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly | 4 | 0,74 | 1,17 | 0,96 |
| <i>Myrsine sodiroana</i> (Mez) Pipoly | 12 | 2,23 | 6,43 | 4,33 |
| <i>Nectandra laurel</i> Klotzsch ex Nees | 53 | 9,85 | 10,53 | 10,19 |
| <i>Oreopanax andreanus</i> Marchal | 1 | 0,19 | 0,58 | 0,39 |
| <i>Oreopanax rosei</i> Harms | 6 | 1,12 | 2,92 | 2,02 |
| <i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz & Pav.) DC. | 175 | 32,53 | 12,87 | 22,70 |
| <i>Palicourea heterochroma</i> K. Schum. & K. Krause. | 1 | 0,19 | 0,58 | 0,39 |
| <i>Piper asperiusculum</i> Kunth | 97 | 18,03 | 12,87 | 15,45 |
| <i>Piper barbatum</i> Kunth | 31 | 5,76 | 7,02 | 6,39 |
| <i>Piper bogotense</i> C.DC. | 7 | 1,30 | 1,75 | 1,53 |
| <i>Piper</i> sp. | 9 | 1,67 | 2,34 | 2,01 |
| <i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp | 1 | 0,19 | 0,58 | 0,39 |
| <i>Sciodaphyllum pedersenii</i> ined | 10 | 1,86 | 2,92 | 2,39 |
| <i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC. | 3 | 0,56 | 1,75 | 1,16 |
| Solanaceae sp. | 5 | 0,93 | 2,34 | 1,63 |
| <i>Viburnum triphyllum</i> Benth | 2 | 0,37 | 0,58 | 0,48 |
| N | 538 | 100 | 100 | 100 |

Diversidad alfa de la regeneración natural en la categoría latizales en el bosque andino del sur de Ecuador.

El índice de Shannon tiene un valor de 2,24 que significa que la diversidad es media. El índice de Pioletou es de 0,69 que expresa diversidad alta y el índice de Simpson, indica que la regeneración natural tiene diversidad alta con un valor de 0,83.

Análisis de variables físicas que influyen de los brinzales en el bosque andino del sur de Ecuador.

Como se aprecia en la Figura 2, los componentes CP2 donde se encuentran el vértice referente a la profundidad del suelo del horizonte O y A están fuertemente relacionadas entre sí y es un factor de influencia para la regeneración de especies como: *Palicourea amethystina*, *Piper asperiusculum*, *Miconia obscura* y *Nectandra laurel*; otras especies como: *Cinchona officinalis*, *Sciodaphyllum pedersenii*, *Clusia alata*, *Clusia elliptica*, *Palicourea heterochroma*, *Alnus acuminata*, *Siparuna muricata* y *Hedyosmum scabrum*, se relacionan fuertemente con la pendiente y la cobertura las cuales tienen una relación levemente positiva. Las demás especies analizadas no son influenciadas por las variables analizadas.

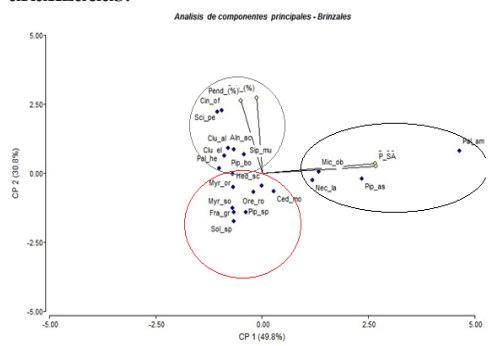


Figura 2. Análisis de componentes principales para la regeneración natural de la categoría de brinzales y las variables físicas analizadas.

Nota: *Alnus acuminata* (Aln_ac), *Cestrum auriculatum* (Ces_au), *Clusia alata* (Clu_al), *Clusia elliptica* (Clu_el), *Frangula granulosa* (Fra_gr), *Hedyosmum scabrum* (Hed_sc), *Lafoensia acuminata* (Laf_ac), *Miconia obscura* (Mic_ob), *Myrcianthes orthostemon* (Myr_or), *Myrsine andina* (Myr_an), *Myrsine sodiroana* (Myr_so), *Nectandra laurel* (Nec_la), *Oreopanax andreamus* (Ore_an), *Oreopanax rosei* (Ore_ro), *Palicourea amethystina* (Pal_am), *Palicourea heterochroma* (Pal_he), *Piper asperiusculum* (Pip_as), *Piper barbatum* (Pip_ba), *Piper bogotense* (Pip_bo), *Piper sp.* (Pip_sp), *Prunus opaca* (Pru_op), *Lycianthes radiata* (Lyc_ra), *Sciodaphyllum pedersenii* (Sci_pe), *Siparuna muricata* (Sip_mu), *Solanaceae* (Sol_sp), *Viburnum triphyllum* (Vib_tr)).

Análisis de variables físicas que influyen en los latizales en el bosque andino del sur de Ecuador.

Como se aprecia en la Figura 3, los componentes CP2 donde se encuentran el vértice referente a la profundidad del suelo del horizonte O y A están fuertemente relacionadas entre sí y, existe influencia para la regeneración de *Palicourea amethystina*, *Piper asperiusculum*, *Miconia obscura* y *Nectandra laurel* y *Palicourea heterochroma*, *Viburnum triphyllum*, *Sciodaphyllum pedersenii*, *Clusia elliptica*, *Frangula granulosa* y *Siparuna muricata*, son especies que se relacionan fuertemente con la pendiente y la cobertura las que tienen relación levemente positiva.

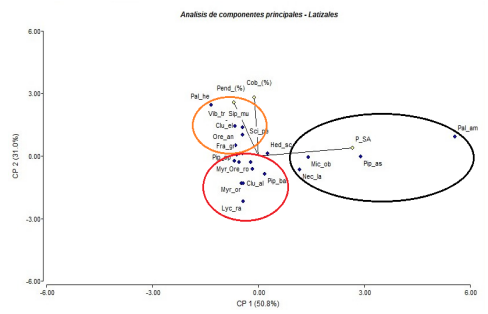


Figura 3. Análisis de componentes principales de la regeneración natural de Latizales y las variables físicas analizadas.

Nota: *Alnus acuminata* (Aln_ac), *Cestrum auriculatum* (Ces_au), *Clusia alata* (Clu_al), *Clusia elliptica* (Clu_el), *Frangula granulosa* (Fra_gr), *Hedyosmum scabrum* (Hed_sc), *Lafoensia acuminata* (Laf_ac), *Miconia obscura* (Mic_ob), *Myrcianthes orthostemon* (Myr_or), *Myrsine andina* (Myr_an), *Myrsine sodiroana* (Myr_so), *Nectandra laurel* (Nec_la), *Oreopanax andreamus* (Ore_an), *Oreopanax rosei*

(Ore_ro), *Palicourea amethystina* (Pal_am), *Palicourea heterochroma* (Pal_he), *Piper asperiusculum* (Pip_as), *Piper barbatum* (Pip_ba), *Piper bogotense* (Pip_bo), *Piper sp.* (Pip_sp), *Prunus opaca* (Pru_op), *Lycianthes radiata* (Lyc_ra), *Sciadophyllum pedersenii* (Sci_pe), *Siparuna muricata* (Sip_mu), Solanaceae (Sol_sp), *Viburnum triphyllum* (Vib_tr).

Influencia de las variables físicas sobre la regeneración natural en el bosque andino del sur de Ecuador.

Los valores del coeficiente de correlación de Pearson con una significancia $\alpha \leq 0,05$ indican que existen correlaciones perfectas entre las variables pendiente (%) y profundidad del suelo del horizonte A, profundidad del suelo del horizonte O vs profundidad del suelo del horizonte A ($r = 0,96$, $r = 0,97$), también se reflejan correlaciones altas entre valores del índice de Shannon_latizales vs profundidad del suelo del horizonte A, Pielou_latizal vs profundidad del suelo del horizonte O, Shannon_brinzal vs profundidad del suelo del horizonte A (cm), Pielou_brinzal vs profundidad del sueño del horizonte O ($r =$

$0,86$, $r = 0,89$, $r = 0,82$, $r = 0,46$ moderada).

La correlación de Pearson con un valor de significancia $\alpha \leq 0,05$ demuestra que para latizales existe una correlación perfecta y significancia entre Pielou_latizal vs Pendiente (%) ($r = 0,96$) y moderadamente correlacionada entre Simpson_latizal vs Pendiente (%) ($r = 0,52$) (Tabla 5).

Se observa la correlación de Pearson con un valor de significancia $\alpha \leq 0,05$ demuestra que existen correlación muy alta entre Shannon_brinzal vs Pendiente (%) y Pielou_brinzal vs Pendiente (%) ($r = 0,85$ y $r = 0,80$), seguidamente por una correlación alta entre las variables cobertura (%) vs Simpson_brinzal, Pendiente (%) vs Simpson_brinzal ($r = 0,78$, $r = 0,76$), posteriormente una correlación moderada entre Pielou_brinzal vs profundidad del sueño del horizonte O ($r = 0,46$) y finalmente existe una correlación moderada entre Profundidad de suelo horizonte A vs Simpson_brinzal ($r = 0,43$).

Tabla 5. Análisis de correlación entre las variables físicas e índice de diversidad.

| | Cob (%) | Pend (%) | Prof_S0 (cm) | Prof_SA (cm) | Sh_L | Pi_L | SiMP_L | Sh_B | Pi_B | SimP_B |
|--------------|---------|----------|--------------|--------------|-------|-------|--------|------|------|--------|
| Cob (%) | 1 | 0,68 | 0,53 | 0,00 | 0,65 | 0,03 | 0,23 | 0,34 | 0,64 | 0,78 |
| Pend (%) | 0,09 | 1 | 0,13 | 0,96 | 0,52 | 0,96 | 0,52 | 0,85 | 0,80 | 0,76 |
| Prof_S0 (cm) | -0,1 | 0,31 | 1 | 0,97 | 0,22 | 0,89 | 0,32 | 0,28 | 0,46 | 0,31 |
| Prof_SA (cm) | -0,63 | -0,01 | 0,01 | 1 | 0,86 | 0,02 | 0,30 | 0,82 | 0,12 | 0,43 |
| Sh_L | 0,10 | -0,13 | -0,26 | -0,04 | 1 | 0,01 | 0,00 | 0,85 | 0,64 | 0,92 |
| Pi_L | 0,44 | -0,01 | -0,03 | -0,48 | 0,54 | 1 | 0,00 | 0,50 | 0,17 | 0,35 |
| SiMP_L | 0,25 | -0,14 | -0,21 | -0,22 | 0,93 | 0,79 | 1 | 0,81 | 0,37 | 0,61 |
| Sh_B | 0,20 | 0,04 | -0,22 | 0,05 | 0,04 | -0,14 | -0,05 | 1 | 0,00 | 0,00 |
| Pi_B | -0,1 | 0,05 | -0,15 | 0,32 | -0,10 | -0,28 | -0,19 | 0,82 | 1 | 0,00 |
| SimP_B | 0,06 | 0,06 | -0,21 | 0,16 | -0,02 | -0,20 | -0,11 | 0,96 | 0,95 | 1 |

Nota: Cob (%) = Cobertura, Pend (%) = Pendiente, Prof_S0 (cm) = Profundidad del suelo (Horizonte O), Prof_SA (cm) = Profundidad del suelo (Horizonte A), Sh_L = Shannon_Latizal, Pi_L = Pielou_Latizal, Simp_L = Simpson_Latizal, Sh_B = Shannon_Brinzal, Pi_B = Pielou_Brinzal y Simp_B = Simpson_Brinzal.

Discusión

Estado de la regeneración natural de las especies forestales presentes en el bosque andino del sur de Ecuador.

La composición florística de la regeneración está compuesto por 28 especies de 21 géneros y 18 familias, de las cuales 19 especies son arbóreas y 9 arbustivas; esta diversidad florística es similar a la reportada por Aguirre et al. (2021) en su estudio bajo el dosel de una plantación de *Eucalyptus globulus* Labill., quien registró 28 especies, de las cuales 15 son especies arbóreas y 13 arbustivas; lo mismo sucede con la composición encontrada por Aguirre et al. (2021) en su estudio de regeneración bajo una plantación de *Pinus radiata* D., en el cual se reportaron 24 especies pertenecientes a 21 géneros y 22 familias, de las cuales 14 son árboles y 10 arbustos; Haro (2018) determina en un bosque montano en la Reserva Geobotánica Pulumahua, un total de 27 familias, 40 géneros, 40 especies y 148 individuos.

Las especies más abundantes que se regeneran dentro del bosque andino estudiado son: *Palicourea amethystina*, *Piper asperiusculum*, *Piper barbatum*, *Miconia obscura*, *Nectandra laurel* y *Hedyosmum scabrum*, similar a lo reportado por Armijos (2021) que encontró que las especies más abundantes son *Palicourea amethystina*, *Clusia latipes*, *Miconia obscura*, *Piper andreanum*, *Myrsine sodiroana*, *Vinurnum triphyllum* y *Prunus opaca*; especies que coinciden con las reportadas por Aguirre et al. (2019) quienes estudiaron la dinámica sucesional de la vegetación natural de un bosque en Loja y menciona a especies como *Clusia latipes*, *Oreopanax rosei*, *Rhamnus granulosa* y *Alnus acuminata* entre las más importantes.

Las especies que se regeneran con frecuencia dentro del bosque andino tanto en la categoría de brinzales como latizales

son similares, así: *Palicourea amethystina* que es una especie heliófita durable ocasionalmente se encuentra suprimida por especies heliófitas dominantes, *Piper asperiusculum* es heliófita efímera que aparecen en las primeras etapas de sucesión, *Nectandra laurel* es una esciófita parcial aparece en la última etapa de sucesión al igual que *Miconia obscura*. En la categoría de brinzales destaca *Cedrela montana* que es una heliófita durable y en los latizales resalta *Piper barbatum* una especie heliófita efímera que aparecen en las primeras etapas de sucesión y presentan mediana duración de vida, esto concuerda con lo reportado por Quezada (2019) en un estudio en la reserva natural Tapichalaca donde las especies más abundantes son: *Guarea kunthiana*, *Miconia punctata*, *Cecropia montana*, *Nectandra laurel* y *Palicourea amethystina*, sin embargo, de acuerdo a Aguirre et al. (2018) menciona que en bosque siempreverde montano bajo, la regeneración natural del bosque se considera en un estado regular, es decir el número y las especies regeneradas no es significativo, debido al grado de perturbación existente.

Las especies importantes ecológicamente que se regeneraron en este bosque andino muestran resultados similares tanto la categoría de brinzales como latizales, estas especies son: *Palicourea amethystina*, *Piper asperiusculum*, *Miconia obscura*, *Nectandra laurel*, *Piper barbatum* y *Oreopanax rosei*; pero son diferentes a las reportadas por Aguirre et al. (2021) que en la categoría de brinzal, indica como las especies con mayor IVI a *Piper barbatum*, *Viburnum triphyllum*, *Oreopanax rosei* y *Frangula granulosa* y, en la categoría de latizal a *Piper barbatum*, *Viburnum thriphyllum*, *Solanum aphyodendron* y *Frangula granulosa*. De igual manera diferentes a otro estudio de Aguirre et al. (2021) donde las especies con mayor IVI en brinzales son: *Piper barbatum*, *Viburnum*

triphyllum, *Oreopanax rosei* y *Frangula granulosa*, *Clethra fimbriata*, *Clusia latipes*, *Critoniopsis pycnantha*, *Morella pubescens* y *Siparuna muricata* y para los latizales las especies con mayor IVI son *Piper barbatum*, *Viburnum thriphyllum*, *Solanum aphyodendron* y *Frangula granulosa*.

Diversidad alfa de la regeneración natural

Diversidad alfa de la regeneración natural general en el bosque andino según el índice de Shannon fue de 2,40 que significa diversidad media; el índice de Pieleou es de 0,72 que expresa diversidad alta y el índice de Simpson es de 0,85 indica que la regeneración natural tiene diversidad es alta, estos valores son bajos en comparación a lo reportado por Armijos (2021) en su estudio realizado en el bosque montano que determinó el índice de Shannon de 3,17 lo cual se considera como una diversidad media, debido a la abundancia de los individuos presentes en el sitio, demostrando de esta manera la importancia de este bosque andino para la conservación de la diversidad florística en la región Sur del Ecuador. La diferencia con Simpson como alta diversidad es debido a la dominancia de algunas especies de regeneración natural, como *Alnus acuminata*.

Cuando se analiza por categorías, la diversidad alfa de la regeneración natural de brinzales según el índice de Shannon, (2,23) significa diversidad media. El índice de Pielou (0,73) que significa que la diversidad es alta y el índice de Simpson (0,84) que define diversidad alta, esto significa que existe uniformidad en la cantidad individuos de la regeneración de las especies encontradas. Lo mismo ocurre con la regeneración natural de la categoría latizales que indica un índice de Shannon de 2,24 que significa diversidad media. El índice de Pieleou (0,69) que expresa

diversidad alta y el índice de Simpson 0,83, indica que la diversidad alta; estos aspectos son indicativos que la regeneración natural de las especies típicas del bosque se está dando con normalidad y con las especies e individuos adecuado, tal como lo señala Aguirre *et al.* (2018), Aguirre *et al.* (2021).

Relación entre la abundancia de la regeneración natural con variables físicas

Las categorías de regeneración natural comparten similitud en la diversidad de especies, sin embargo, disminuye gradualmente de latizal y brinzal en la representatividad de la abundancia, porque el sitio de muestreo presenta una variación en la contribución de datos, en donde los latizales son más representativos.

Respecto a las variables física en la regeneración natural existe una fuerte correlación con varias variables como la pendiente (%) y profundidad del suelo del horizonte A, profundidad del sueño del horizonte O vs profundidad del sueño del horizonte A, Shannon_latizales vs profundidad del suelo del horizonte A, Pielou_latizal vs profundidad del suelo del horizonte O, Shannon_brinzal vs profundidad del sueño del horizonte A (cm), Pielou_brinzal vs profundidad del sueño del horizonte O ($r= 0,96$, $r= 0,97$, $r= 0,86$, $r= 0,89$, $r= 0,82$ y $r= 0,46$ moderada), debido a que cuenta con condiciones que favorecen el proceso de regeneración para el establecimiento de nuevas especies e individuos, concordando con lo que manifiesta Norden (2014) que indica que los factores edáficos pueden tener un efecto más importante que la luz sobre la distribución espacial de las especies en los bosques tropicales, entre las características más importantes del suelo se encuentran: la disponibilidad de fósforo y nitrógeno asimilables, el pH y la disponibilidad

de agua, que a su vez depende de la porosidad del suelo y de la profundidad de la capa freática, lo cual es corroborado por Laurance *et al.* (2010) quien menciona que la profundidad del suelo tiene correlación con el número de especies, lo cual se explica por la mayor diversidad florística.

Por otro lado, en la categoría de latizales bajo se encuentra fuertemente relacionados con variables como Pielou_latizal vs Pendiente (%) y Simpson_latizal vs Pendiente (%) ($r= 0,96$ y $r= 0,52$), la misma que se encuentra en un estado moderadamente inclinado conforme lo señala Vargas Rojas (2009) esto es comparable con Laurance *et al.* (2010) quienes reportan que, en bosques andinos, el incremento de la pendiente disminuye la abundancia, riqueza y diversidad de especies vegetales, debido a que las zonas con mayor inclinación tienen condiciones más adversas para el establecimiento de la vegetación.

En cambio, en la categoría de brinzales se encuentra fuertemente conectada con las variables: Shannon_brinzal vs Pendiente (%) y Pielou_brinzal vs Pendiente (%), variables cobertura(%) vs Simpson_brinzal, Pendiente(%) vs Simpson_brinzal ($r= 0,85$ y $r= 0,80$, $r= 0,78$ y $r= 0,76$) y una moderada relación entre Pielou_brinzal vs profundidad del sueño del horizonte O, Profundidad de suelo horizonte A vs Simpson_brinzal ($r= 0,46$ y $r= 0,43$), debido a que son los componentes necesarios para la producción de nuevos individuo; de acuerdo con Pariona *et al.* (2003) manifiestan que las especies forestales están influenciadas por la disponibilidad de luz, formación de claros y competencia con las especies pioneras del bosque; sin embargo Aguirre (2021) manifiesta que no se puede suponer la existencia de factores más relevantes en el desarrollo de la regeneración

natural; a su vez Norden (2014), menciona que las especies pueden tener una capacidad de dispersión limitada por algún factor ambiental; además de que la depredación es una de las mayores causas de mortalidad en individuos jóvenes, lo cual puede afectar la presencia y cantidad de los mismos en el bosque.

Conclusiones

- La composición florística de la regeneración natural presente en la parcela permanente dentro del bosque andino en el PUFVC está representada por 28 especies de 21 géneros y 18 familias, de las cuales 19 son especies arbóreas y 9 arbustivas. La categoría latizal posee la mayor diversidad florística con 26 especies y 538 individuos; la categoría brinzales registró 350 individuos dentro de 21 especies.
- Las especies de regeneración natural más abundantes en la parcela son *Palicourea amethystina*, *Piper asperiusculum*, *Piper barbatum*, *Miconia obscura* y *Nectandra laurel*. Además, las especies más importantes ecológicamente incluyen también *Hedyosmum scabrum* y *Nectandra laurel*.
- Las variables físicas que más influyen en la regeneración natural en el bosque andino, son la pendiente, profundidad del suelo y la cobertura del dosel, la cual limita la penetración de luz y favorece a las especies semi-heliófitas.

Literatura citada

- Aguirre, Z.; C. Yaguana & T. Gaona.** 2016. Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación Ing. Francisco Vivar Castro [Archivo PDF]. Universidad Nacional de Loja. <https://www.academia.edu/43749235/ParqueUniversitarioFranciscoVivarCastro>.
- Aguirre, Z.; B. Reyes; W. Quizhpe & A. Cabrera.** 2017. Composición florística, estructura y endemismo del componente leñoso de un bosque montano en el sur del Ecuador. *Arnaldoa*, 24 (2), 543-556. <http://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.242.24207>.
- Aguirre, Z.; H. Celi & C. Herrera.** 2018. Estructura y composición florística del bosque siempreverde montano bajo de la parroquia San Andrés, cantón Chinchipe, provincia de Zamora Chinchipe, Ecuador. *Arnaldoa*, 25(3), 923 – 938. <http://doi.org/10.22497/arnaldoa.253.25306>.
- Aguirre, Z.** 2019. Guía de métodos para la medición de la biodiversidad. Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador. [Archivo PDF] <https://zhofreaguirre.files.wordpress.com/2012/03/guia-para-medic3b3n-de-la-biodiversidad-octubre-7-2011.pdf>.
- Aguirre, Z.; E. Díaz Ordoñez; J. Muñoz Chamba & L. Muñoz Chamba.** 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, ISSN: 1815-8242 (edición impresa) ISSN: 2413-3299 (edición online) <http://doi.org/10.22497/arnaldoa.263.26306>.
- Aguirre, Z.; F. Espinoza; N. Jaramillo & J. Peña.** 2021. Sucesión de especies vegetales leñosas bajo una plantación de *Eucalyptus globulus* Labill., en la hoya de Loja, Ecuador. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 9(2), 241-263.
- Aguirre, Z.; L. González; N. Jaramillo & J. Peña.** 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. ISSN 2675-5459. <https://doi.org/10.46932/sfjdv2n1-075>
- Armenteras, D.; J. Espelta; N. Rodríguez & J. Retana.** 2017. Deforestation dynamics and drivers in different forest types in Latin America: Three decades of studies (1980–2010). *Global Environmental Change*, 46, 139-147. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.09.002>
- Bussmann, R. W.** 2004. Regeneration and succession patterns in African, Andean and Pacific Tropical Mountain Forests: The role of natural and anthropogenic disturbance. *Cultural Diversity in the Andes and the Amazon Basin - Biodive*. [Archivo PDF]. https://www.researchgate.net/publication/267569106_Regeneration_and_succession_patterns_in_African_Andean_and_Pacific_Tropical_Mountain_Forests_The_role_of_natural_and_anthropogenic_disturbance.
- Bussmann, R. W.** 2005. Bosques andinos del sur de Ecuador, clasificación, regeneración y uso. *Revista Peruana de Biología*, 12(2), 203–216. <https://doi.org/10.15381/rpb.v12i2.2394>.
- Cruz, O.** 2000. Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos. ISBN 956-9243-03-07.
- Myers, N.; A. Russell; C. Mittermeier; G. Mittermeier; G. Fonseca & J. Kent.** 2010. Conservation: Biodiversity as a bonus prize. *Nature*, 468(7326), 895. <https://doi.org/10.1038/468895a>
- Moreno, C.** 2001. Métodos para medir la biodiversidad. *Biología*, 1–85. [Archivo PDF]. <http://entomologia.rediris.es/sea/manytes/metodos.pdf>.
- Rangel, O. & P. M. A. Lowy.** 1997. Colombia Diversidad Biótica II. Tipos de vegetación en Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/80774>.
- Sabogal, C.; C. Besacier & D. McGuire.** 2015. Restauración de bosques y paisajes: conceptos, enfoques y desafíos que plantea su ejecución. *Revista Internacional Sobre Bosques y Actividades e Industrias Forestales*, 66(3), 110. ISSN 0251-1584. https://caribbeanclimatehub.org/wp-content/uploads/2019/08/RestauraciondeBosquesyPaisajes_2015-.pdf.