

## Dinámica

de crecimiento del bosque andino Washapamba, cantón Saraguro, provincia de Loja, Ecuador

*Growth dynamics of the Washapamba Andean forest, Saraguro canton, Loja province, Ecuador*

Recibido: 15/07/25

Aceptado: 27/11/25

Publicado: 01/12/25

Zhofre Aguirre-Mendoza<sup>1\*</sup>

Email: [zhofre.aguirre@unl.edu.ec](mailto:zhofre.aguirre@unl.edu.ec)

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

Bryan Cuenca-Coronel<sup>2</sup>

Email: [bcuenca366@gmail.com](mailto:bcuenca366@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-8384-6707>

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Loja, Ecuador

<sup>2</sup> Libre ejercicio profesional

\*Autor de correspondencia

### Cita sugerida (APA, séptima edición)

Aguirre-Mendoza, Z. & Cuenca-Coronel, B. (2025). Dinámica de crecimiento del bosque andino Washapamba, cantón Saraguro, provincia de Loja, Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 13, e777. <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/777>

### RESUMEN

Los bosques andinos, ubicados a lo largo de la Cordillera de los Andes, albergan una riqueza extraordinaria de flora y fauna. El estudio se realizó en el bosque Washapamba con el objetivo de evaluar la dinámica de crecimiento de especies forestales y del bosque durante un período de seis años. La parcela permanente de una hectárea evaluada fue establecida en el año 2018 y se registraron los árboles con DAP  $\geq 5$  cm. En 2024 se realizaron nuevas mediciones de DAP, altura total, mortalidad e ingresos. Se calcularon tasas de mortalidad, reclutamiento, dinamismo y crecimiento medio anual y periódico en DAP, altura, área basal y volumen. En 2018 se registraron 1 134 individuos; en el año 2024, 1 004, pertenecientes a 55 especies, 38 géneros y 26 familias. La tasa de mortalidad fue de 3,83 % con 233 individuos muertos, con un reclutamiento de 103 individuos, siendo la tasa de 1,80 %, resultando en un dinamismo del 2,82 %. El crecimiento promedio en diámetro es de 0,0277 m; en altura de 1,31 m, en área basal de 0,0079 m<sup>2</sup> y en volumen de 0,074 m<sup>3</sup>. *Solanum hypocrarthus* registró el mayor crecimiento en diámetro; *Vismia baccifera* destacó en área basal y volumen. El bosque andino de Washapamba presenta una dinámica activa, con pérdidas relevantes de individuos, variabilidad en el crecimiento y extinción local de *Viburnum triphyllum*, evidenciando su vulnerabilidad y la necesidad de estrategias de conservación y manejo adaptativo.

### Palabras clave:

Dinamismo, mortalidad, supervivencia, crecimiento de especies, bosque andino.

### ABSTRACT

Andean forests, located along the Andes Mountains, are home to an extraordinary wealth of flora and fauna. The study was conducted in the Washapamba Forest to evaluate the growth dynamics of forest and tree species over a six-year period. The permanent one-hectare plot evaluated was established in 2018, and trees with DBH  $\geq 5$  cm were recorded. New measurements of DBH, total height, mortality, and entry were taken in 2024. Mortality, recruitment, dynamism, and average annual and periodic growth rates in DBH, height, basal area, and volume were calculated. In 2018, 1134 individuals were recorded; in 2024, 1004, belonging to 55 species, 38 genera, and 26 families. The mortality rate was 3.83 %, with 233 individuals killed, and a recruitment rate of 103 individuals, representing a rate of 1.80 %, resulting in a dynamism of 2.82 %. The average growth in diameter was 0.0277 m; in height 1.31 m, in basal area 0.0079 m<sup>2</sup>, and in volume 0.074 m<sup>3</sup>. *Solanum hypocrarthus* recorded the greatest growth in diameter; *Vismia baccifera* stood out in basal area and volume. The Washapamba Andean forest presents an active dynamic, with significant losses of individuals, variability in growth, and local extinction of *Viburnum triphyllum*, highlighting its vulnerability and the need for conservation and adaptive management strategies.

### Keywords:

Dynamism, mortality, survival, species growth, Andean forest.

## INTRODUCCIÓN

Los bosques andinos son ecosistemas montañosos que se desarrollan entre 1 800 y 3 500 m s.n.m. en la región andina ecuatoriana. Se caracterizan por su heterogeneidad altitudinal y climática y, por poseer vegetación dominada por árboles siempreverdes, fustes retorcidos, copas ramificadas y grandes cubiertos por epífitas, musgos y helechos; abundancia de helechos arbóreos. Estos ecosistemas, altamente diversos y frágiles, desempeñan funciones clave como la regulación hídrica, el almacenamiento de carbono y la conectividad ecológica (Josse et al., 2009). Además, constituyen reservorios de biodiversidad, importantes para la conservación y para el bienestar humano (FAO, 2020).

La topografía abrupta y la variabilidad altitudinal de estos bosques favorecen una elevada diversidad de flora y fauna, incluyendo especies endémicas de alto valor ecológico y cultural (Hernández et al., 2021). En Ecuador, los bosques andinos albergan numerosas especies adaptadas a condiciones montañosas particulares, muchas de ellas en peligro de extinción (Bravo y Ocampo, 2019; Samper y Vallejo, 2023).

El estudio de la dinámica forestal permite analizar la evolución de estos ecosistemas, considerando factores bióticos como la competencia y regeneración natural, y abióticos como clima, suelo, topografía y perturbaciones. La dinámica de crecimiento se ve influida por la interacción de múltiples variables ambientales y biológicas, como altitud, temperatura, precipitación y características edáficas. Asimismo, eventos climáticos extremos, como sequías o heladas, pueden alterar significativamente la funcionalidad ecológica del bosque (Ceballos et al., 2022).

Comprender la dinámica de crecimiento de las especies forestales andinas es importante para evaluar su resiliencia frente a las presiones humanas, al cambio climático, y para sustentar acciones de conservación y manejo adaptativo (Marca y Vaca, 2022).

El bosque de Washapamba, uno de los pocos remanentes bien conservados en el sur del Ecuador, ha sido históricamente protegido por comunidades indígenas mediante prácticas sostenibles. Este estudio forma parte de la Red de parcelas permanentes de la Universidad Nacional de Loja.

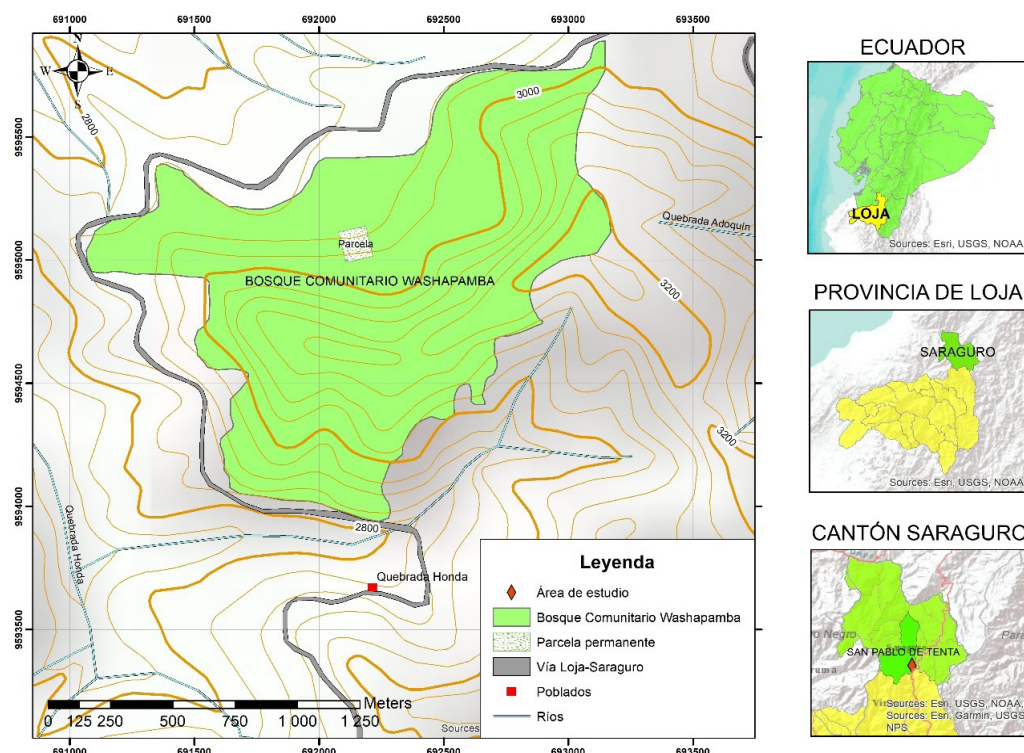
La investigación tuvo el objetivo de evaluar la dinámica de crecimiento del bosque de Washapamba, en el cantón Saraguro, mediante el análisis de la mortalidad, reclutamiento y crecimiento de especies leñosas en una parcela permanente de una hectárea.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El estudio se realizó en el bosque andino de Washapamba, ubicado en la parroquia San Pablo de Tenta, cantón Saraguro, provincia de Loja, a una altitud de 2 879 m s.n.m., con coordenadas 03°34'35.5" S y 79°14'40.1" O. El área forma parte de un ecosistema de bosque siempreverde montano alto de los Andes del sur del Ecuador. El clima se caracteriza por temperaturas medias anuales entre 12 y 18 °C y precipitaciones que superan los 1 000 mm anuales, con una humedad relativa superior al 80 % (Gobierno Autónomo Descentralizado de Saraguro, 2016).

**Figura 1.** Mapa de ubicación del bosque nativo andino Washapamba



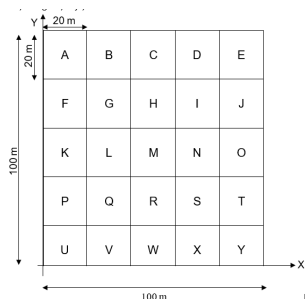
## Determinación del dinamismo en base al reclutamiento y mortalidad en la parcela permanente en el bosque andino Washapamba

### Diseño y establecimiento de la parcela

En 2018, Cango (2018) estableció una parcela permanente de una hectárea (100 x 100 m), subdividida en 25 subparcelas de 20 x 20 m (Ver Figura 2). Se censaron todos los individuos leñosos con DAP  $\geq 5$  cm, registrando variables como especie, DAP y altura total. En 2024 se realizó una segunda medición en la misma parcela, repitiendo los mismos procedimientos y agregando la evaluación de individuos nuevos (ingresos) y muertos (mortalidad).

En todos los individuos arbóreos mayores a 5 cm, la medida fue tomada a la altura de 1,30 m (en esta altura los árboles tienen pintados un anillo con pintura roja), todos los árboles están identificados con una placa metálica que contiene un código alfabético y numérico ubicado a 1,45 m de altura del suelo. Se colectó muestras botánicas de todos los nuevos individuos para su identificación en el Herbario "Reinaldo Espinosa" de la Universidad Nacional de Loja.

**Figura 2.** Distribución de las subparcelas dentro de la parcela permanente del bosque andino Washapamba, Saraguro, Loja, Ecuador.



### Determinación del dinamismo de las especies arbóreas identificadas.

El dinamismo del bosque se expresa por los cambios de mortalidad y reclutamiento de individuos a través de los años; se contabilizó el número de individuos vivos (sobrevivientes) registrados en el año 2018; y, la aparición de otros individuos con D1,30 m mayores a 5 cm hasta el año 2024. Con los datos obtenidos se calculó las tasas de mortalidad y reclutamiento usando las fórmulas planteadas por Lieberman y Lieberman (1987), Condit et al. (1999), Hoshino et al. (2002) y Marín et al. (2005).

$$\text{Mortalidad} = \frac{\ln N_o - \ln N_s}{t}$$

$$\text{Reclutamiento} = \frac{\ln N_f - \ln N_s}{t}$$

Donde:

Ln = Logaritmo natural

No = Número de individuos en la primera toma de datos

Ns = Número de individuos originales sobrevivientes al final del periodo

Nf = Número de individuos al final del periodo

t = Años del periodo de evaluación

Cálculo del dinamismo del bosque.

Para el cálculo del dinamismo del bosque se aplicó la fórmula:

$$\text{Dinamismo} = \frac{\text{Mortalidad} + \text{Reclutamiento}}{2}$$

El dinamismo se valoró en función de estudios similares de dinámica de bosques andinos, usando la escala de Likert que evalúa en base al número de individuos muertos y reclutados (Tabla 1).

**Tabla 1.** Escala de valoración según el número de individuos muertos y reclutados.

Número de individuos muertos		Número de individuos reclutamiento	
0 - 60	Bajo	0 - 75	Bajo
61 - 120	Medio	76 - 150	Medio
> 120	Alto	> 150	Alto

### Evaluación de la dinámica de crecimiento de las especies forestales en una parcela permanente en el bosque Washapamba

Las variables registradas fueron: D<sub>1,30 m</sub> y altura total, en base a éstas mediciones del año 2018 y 2024, se determinó el crecimiento promedio e incremento periódico anual del diámetro, altura, área basal y volumen de las especies existentes, utilizando las fórmulas planteadas por Quesada et al. (2012), que se presentan en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Fórmulas utilizadas para los cálculos del crecimiento e incrementos del diámetro, altura, área basal y volumen de las especies existentes.

Crecimiento promedio	Incremento periódico anual
<p>Cálculo del crecimiento en diámetro (m)</p> $Cr.D_{1,30} = D_{1,30f} - D_{1,30i}$ <p>Donde:</p> <p>D<sub>1,30f</sub>= Diámetro al final del periodo</p> <p>D<sub>1,30i</sub>= Diámetro al inicio del periodo</p>	<p>Incremento periódico anual del diámetro (m/ha/año)</p> $IpaD = \frac{D_f - D_i}{t}$ <p>Donde:</p> <p>Df= Diámetro al final del periodo</p> <p>Di= Diámetro al inicio del periodo</p> <p>t= Tiempo</p>
<p>Crecimiento en altura (m)</p> $Cr.H = H_f - H_i$ <p>Donde:</p> <p>Hf= altura final del periodo</p> <p>Hi= Altura al inicio del periodo</p>	<p>Incremento periódico anual de la altura (m/ha/año)</p> $IpaH = \frac{H_f - H_i}{t}$ <p>Donde:</p> <p>Hf= Altura al final del periodo</p> <p>Hi= Altura basal al inicio del periodo</p> <p>t= Tiempo</p>



<p>Crecimiento del área basal (m<sup>2</sup>) <i>Cr.G=Gf-Gi</i></p> <p>Donde: Gf= Área basal final Gi= Área basal inicial</p>	<p>Incremento periódico anual del área basal (m<sup>2</sup>/ha/año)</p> $IpaG = \frac{Gf - Gi}{t}$ <p>Donde: Gf = Área basal al final del periodo Gi = Área basal al inicio del periodo t = Tiempo</p>
<p>Crecimiento volumétrico (m<sup>3</sup>) <i>Cr.V=Vf-Vi</i></p> <p>Donde: Vf= Volumen final del periodo Vi= Volumen inicial del periodo</p>	<p>Incremento periódico anual del volumen (m<sup>3</sup>/ha/año)</p> $IpaV = \frac{Vf - Vi}{t}$ <p>Donde: Vf = Volumen final del periodo Vi = Volumen inicial del periodo t = Tiempo</p>
<p>Factor de forma promedio (f) determinado por Cango (2018) fu de 0,63. <i>V=G.H.f</i></p>	<p>Donde: Vf = Volumen final del periodo Vi = Volumen inicial del periodo t = Tiempo</p>
<p>Incremento bruto del bosque con ingreso (m<sup>3</sup>/ha) <i>Cr.B+i=(Vf-Vi)+M+A</i></p> <p>Donde: Cr. B+i = Crecimiento bruto con ingreso Vf = Volumen al final del periodo Vi = Volumen al inicio del periodo M = Mortalidad A = Aprovechamiento</p>	<p>Crecimiento bruto periódico anual del bosque con ingreso (m<sup>3</sup>/ha/año)</p> $CrBPa + i = \frac{CrBc}{t}$ <p>Donde: CrBPa+i = Crecimiento bruto periódico anual CrBc = Crecimiento bruto con ingresos t = Número de años del periodo</p>
<p>Crecimiento bruto del bosque sin ingreso (m<sup>3</sup>/ha) <i>Cr.B-i=Vf-Vi+M+A-i</i></p> <p>Donde: Cr. B-i= Crecimiento bruto sin ingreso Vf= Volumen al final del periodo Vi= Volumen al inicio del periodo M= Mortalidad A= Aprovechamiento i= Ingresos</p>	<p>Crecimiento bruto periódico anual del bosque sin ingreso (m<sup>3</sup>/ha/año)</p> $CrBPa - i = \frac{CrBs}{t}$ <p>Donde: CrBPa-i = Crecimiento bruto periódico anual CrBs = Crecimiento bruto sin ingresos t = Número de años del periodo</p>

## RESULTADOS

### Dinamismo en base al reclutamiento y mortalidad en la parcela permanente en el bosque andino Washapamba

En el año 2024, se registraron 1 004 individuos que pertenecen a 55 especies de 38 géneros y 26 familias botánicas. Entre el año 2018 y 2024 murieron 233 individuos,

que corresponde a una tasa de mortalidad de 3,83 %; e ingresaron 103 individuos que representa una tasa de reclutamiento de 1,80 %. Según la escala de valoración de Likert el número de individuos muertos es de nivel alto y de los individuos reclutados es medio (Tabla 3).

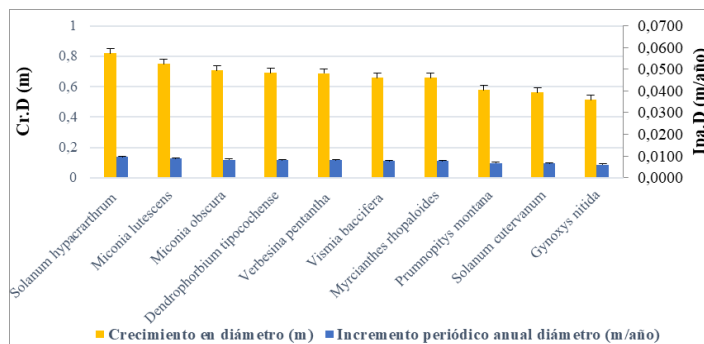
**Tabla 3.** Dinamismo de las especies arbóreas > 5 cm de D<sub>1,30 m</sub> de la parcela en el bosque andino Washapamba.

Variable	2018	2024	Tasa anual, %
Número de individuos	1134	1004	-
Sobrevivientes del 2018	-	901	-
Mortalidad	-	233	3,83
Reclutamientos	-	103	1,80
Dinamismo	-	-	2,82

### Crecimiento promedio e incremento periódico anual en diámetro

El crecimiento promedio en diámetro fue de 0,0277 ± 0,0023 m y, el incremento periódico anual de 0,0046 m/año. Las especies con mayor crecimiento e incremento promedio en diámetro fueron: *Solanum hypacrarthrum* con 0,0574 ± 0,0077 m de crecimiento promedio diamétrico y un incremento periódico anual de 0,0096 m/año; *Miconia lutescens* con 0,0525 ± 0,0071m y 0,0088 m/año; y *Miconia obscura*, con 0,0495 ± 0,0067 m y 0,0082 m/ha/año. En la Figura 3, se presenta las 10 especies con mayor crecimiento promedio e incremento periódico anual en diámetro.

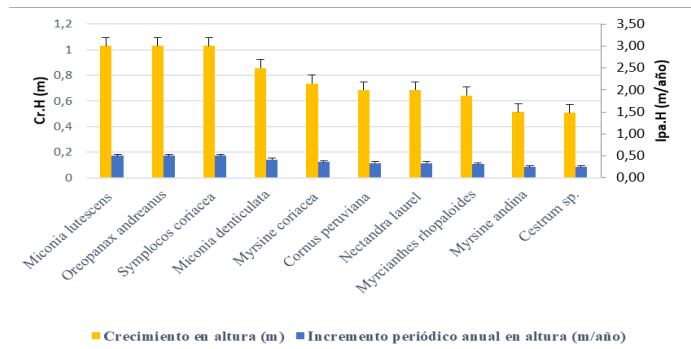
**Figura 3.** Especies con mayor crecimiento promedio e incremento periódico anual en diámetro, período 2018 – 2024.



### Crecimiento promedio e incremento periódico anual en altura

El crecimiento promedio en altura dentro del bosque andino Washapamba es de 1,33 ± 0,18 m y un incremento periódico anual promedio de 0,27 m/año. Las especies con mayor crecimiento promedio en altura son: *Miconia lutescens* con 3,00 ± 0,40 m e incremento periódico anual de 0,50 m/año; *Oreopanax andreas* con un crecimiento promedio de 3,00 ± 0,40 m e incremento periódico anual de 0,50 m/año y *Symplocos coriacea* con un crecimiento promedio de 3,00 ± 0,40 m y un incremento periódico anual de 0,50 m/año. En la Figura 4, se presentan las 10 especies con mayor crecimiento promedio e incremento periódico anual en un periodo de seis años.

**Figura 4.** Especies con mayor crecimiento promedio e incremento periódico anual en altura, período 2018 – 2024.



### Crecimiento promedio e incremento periódico anual en área basal

Las especies tuvieron un crecimiento promedio en área basal de  $0,0079 \pm 0,0010 \text{ m}^2$  y un incremento periódico anual promedio de  $0,0013 \text{ m}^2/\text{ha}/\text{año}$  (ver Tabla 4).

**Tabla 4.** Crecimiento promedio e incremento periódico anual en área basal de las especies en una parcela permanente en el bosque andino Washapamba en el periodo 2018 – 2024.

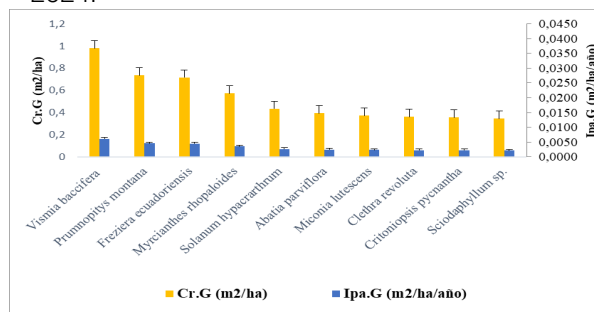
Especies	N. Ind	Cr.G (m <sup>2</sup> /ha)	Ipa.G (m <sup>2</sup> /ha/año)
<i>Abatia parviflora</i> Ruiz & Pav	10	$0,0148 \pm 0,0020$	0,0025
<i>Ardisia</i> sp.	1	$0,0012 \pm 0,0002$	0,0002
<i>Beilschmiedia</i> sp.	4	$0,0036 \pm 0,0005$	0,0006
<i>Cestrum</i> sp.	16	$0,0085 \pm 0,0012$	0,0014
<i>Clethra revoluta</i> (Ruiz & Pav) Spreng	56	$0,0136 \pm 0,0018$	0,0023
<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	19	$0,0096 \pm 0,0013$	0,0016
<i>Clusia elliptica</i> Kunth	6	$0,0097 \pm 0,0013$	0,0016
<i>Cornus peruviana</i> J.F. Macbr.	1	$0,0016 \pm 0,0002$	0,0003
<i>Critoniopsis pycnantha</i> (Benth.) H. Rob.	5	$0,0134 \pm 0,0018$	0,0022
<i>Cyathea caracasana</i> SM	252	$0,0031 \pm 0,0004$	0,0005
<i>Dendrophorbium tipocochense</i> (Domke) B.Nord	52	$0,0097 \pm 0,0013$	0,0016
<i>Faramea coerulescens</i> K.Schum. & K.Krause	2	$0,0017 \pm 0,0002$	0,0003
<i>Freziera ecuadoriensis</i> D. Santam. & A.K. Monro	1	$0,0269 \pm 0,0036$	0,0045
<i>Geissanthus vanderwerffii</i> Pipoly	9	$0,0036 \pm 0,0005$	0,0006
<i>Gynoxys laurifolia</i> (Kunth) Cass.	6	$0,0045 \pm 0,0006$	0,0007
<i>Gynoxys nitida</i> Muschl.	23	$0,0085 \pm 0,0011$	0,0014
<i>Hedyosmun scabrum</i> (R. & P.) Solms	90	$0,0040 \pm 0,0005$	0,0007
<i>Hydrangea preslii</i> Brig.	1	$0,0005 \pm 0,0001$	0,0001
<i>Meliosma arenosa</i> Idrobo & Cuatrec.	11	$0,0021 \pm 0,0003$	0,0003
<i>Meriania tomentosa</i> (Cogn.) Wurdack	46	$0,0043 \pm 0,0006$	0,0007
<i>Miconia denticulata</i> Naudin	2	$0,0054 \pm 0,0007$	0,0009
<i>Miconia hexamera</i> Wordack	33	$0,0064 \pm 0,0009$	0,0011
<i>Miconia lutescens</i> (Bonpl.) DC.	1	$0,0140 \pm 0,0009$	0,0023
<i>Miconia obscura</i> (Bonpl)	2	$0,0079 \pm 0,0011$	0,0013
<i>Miconia</i> sp.	28	$0,0104 \pm 0,0014$	0,0017
<i>Miconia theaezans</i> (Bonpl.) Cong	12	$0,0044 \pm 0,0006$	0,0007
<i>Myrcianthes rhopaloides</i> (Kunth) Me vaughn	8	$0,0215 \pm 0,0029$	0,0036
<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly.	1	$0,0048 \pm 0,0006$	0,0008
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. e Roem. & Schult.	2	$0,0027 \pm 0,0004$	0,0004

<i>Nectandra laurel</i> Klotzsch e Nees	1	0,0066 ± 0,0009	0,0011
<i>Oreopanax andreanus</i> Marchal	1	0,0060 ± 0,0008	0,0010
<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	1	0,0042 ± 0,0006	0,0007
<i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz & Pav.) DC.	2	0,0066 ± 0,0009	0,0011
<i>Palicourea heterochroma</i> K. Schum. & K. Krause	31	0,0036 ± 0,0005	0,0006
<i>Piper ecuadorens</i> Sodiro	50	0,0042 ± 0,0006	0,0007
<i>Prumnopitys montana</i> (Humb. & Bonpl. e Willd.) de Laub.	2	0,0276 ± 0,0037	0,0046
<i>Prunus opaca</i> (Benth) Walp.	10	0,0019 ± 0,0003	0,0003
<i>Ruagea glabra</i> Triana & Planch.	12	0,0102 ± 0,0014	0,0017
<i>Saurauia bullosa</i> Wawra	1	0,0004 ± 0,0001	0,0001
<i>Sciodaphyllum</i> sp.	23	0,0130 ± 0,0017	0,0022
<i>Solanum cutervanum</i> Zahlbr	4	0,0128 ± 0,0017	0,0021
<i>Solanum goniocaulon</i> S. Knapp	33	0,0043 ± 0,0006	0,0007
<i>Solanum hypacrarthrum</i> Bitter	7	0,0163 ± 0,0022	0,0027
<i>Solanum torvum</i> Sw.	11	0,0056 ± 0,0008	0,0009
<i>Styloceras laurifolium</i> (Willd.) Kunth	34	0,0062 ± 0,0008	0,0010
<i>Symplocos nuda</i> Bonpl.	2	0,0015 ± 0,0002	0,0003
<i>Symplocos</i> sp.	13	0,0041 ± 0,0006	0,0007
<i>Symplocos coriacea</i> A. DC.	1	0,0033 ± 0,0004	0,0005
<i>Ternstroemia macrocarpa</i> Triana & Planch.	3	0,0068 ± 0,0009	0,0011
<i>Tournefortia fuliginosa</i> Kunth	6	0,0060 ± 0,0008	0,0010
<i>Verbesina pentantha</i> S.F.Blake	4	0,0050 ± 0,0007	0,0008
<i>Vismia baccifera</i> (L.) Triana & Planch.	1	0,0368 ± 0,0050	0,0061
<i>Weinmannia glabra</i> L.F.	41	0,0088 ± 0,0012	0,0015
<i>Weinmannia latifolia</i> C. Presl.	3	0,0056 ± 0,0008	0,0009
<i>Weinmannia rollottii</i> Killip	7	0,0059 ± 0,0008	0,0010
<b>Total</b>	<b>1004</b>	<b>0,4356</b>	<b>0,0726</b>
$\bar{X} \pm ES$		<b>0,0079 ± 0,0010</b>	<b>0,0013</b>

Nota: Crecimiento en área basal (Cr.G); Incremento periódico anual en área basal (Ipa.G).

Las especies con mayor crecimiento promedio e incremento en área basal son: *Vismia baccifera* con  $0,0368 \pm 0,0050$  m<sup>2</sup> e incremento periódico anual de  $0,0061$  m<sup>2</sup>/ha/año; *Prumnopitys montana* con crecimiento promedio de  $0,0276 \pm 0,0037$  m<sup>2</sup> e incremento periódico anual de  $0,0046$  m<sup>2</sup>/ha/año; *Freziera ecuadoriensis* con crecimiento promedio de  $0,0269 \pm 0,0036$  e incremento periódico anual de  $0,0045$  m<sup>2</sup>/ha/año. En la Figura 5, se presenta las 10 especies con mayor crecimiento promedio e incremento periódico anual en área basal.

**Figura 5.** Especies con mayor crecimiento promedio e incremento periódico anual en área basal, período 2018 – 2024.



### Crecimiento promedio e incremento periódico anual en volumen

En el bosque andino Washapamba se dio un crecimiento promedio de volumen de  $0,074 \pm 0,011$  m<sup>3</sup> e incremento periódico anual de  $0,012$  m<sup>3</sup>/ha/año, en la Tabla 5 se presentan los resultados.

**Tabla 5.** Crecimiento promedio e incremento periódico anual en volumen de las especies de una parcela permanente en el bosque andino Washapamba en el periodo 2018 – 2024.

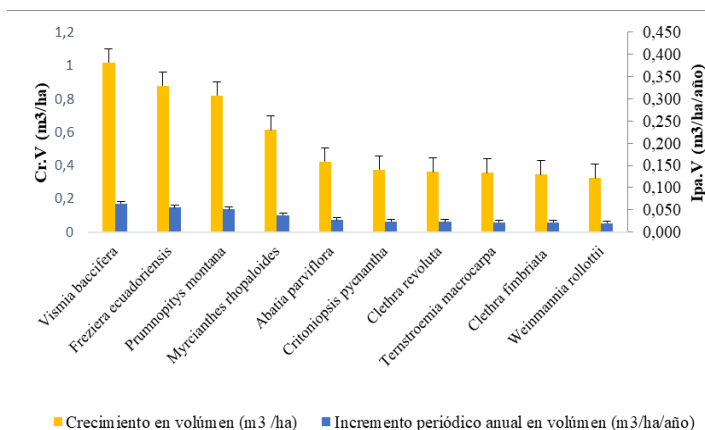
Especies	N. Ind	Cr.V (m³/ha)	Ipa.V (m³/ha/año)
<i>Abatia parviflora</i> Ruiz & Pav	10	0,159 ± 0,021	0,026
<i>Ardisia</i> sp.	1	0,009 ± 0,001	0,001
<i>Beilschmiedia</i> sp.	4	0,048 ± 0,006	0,008
<i>Cestrum</i> sp.	16	0,072 ± 0,010	0,012
<i>Clethra revoluta</i> (Ruiz & Pav) Spreng	56	0,135 ± 0,018	0,023
<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	19	0,130 ± 0,017	0,022
<i>Clusia elliptica</i> Kunth	6	0,102 ± 0,014	0,017
<i>Cornus peruviana</i> J.F. Macbr.	1	0,021 ± 0,003	0,004
<i>Critoniopsis pycnantha</i> (Benth.) H. Rob.	5	0,141 ± 0,019	0,023
<i>Cyathea caracasana</i> SM	252	0,018 ± 0,002	0,003
<i>Dendrophorbium tipocochense</i> (Domke) B.Nord	52	0,061 ± 0,008	0,010
<i>Faramea coerulescens</i> K.Schum. & K.Krause	2	0,010 ± 0,001	0,002
<i>Freziera ecuadoriensis</i> D. Santam. & A.K. Monro	1	0,330 ± 0,044	0,055
<i>Geissanthus vanderwerffii</i> Pipoly	9	0,021 ± 0,003	0,003
<i>Gynoxys laurifolia</i> (Kunth) Cass.	6	0,031 ± 0,004	0,005
<i>Gynoxys nitida</i> Muschl.	23	0,049 ± 0,007	0,008
<i>Hedyosmun scabrum</i> (R. & P.) Solms	90	0,019 ± 0,003	0,003
<i>Hydrangea preslii</i> Brig.	1	0,003 ± 0,000	0,000
<i>Meliosma arenosa</i> Idrobo & Cuatrec.	11	0,014 ± 0,002	0,002
<i>Meriania tomentosa</i> (Cogn.) Wurdack	46	0,025 ± 0,003	0,004
<i>Miconia denticulata</i> Naudin	2	0,039 ± 0,005	0,006
<i>Miconia hexamera</i> Wordack	33	0,051 ± 0,007	0,009
<i>Miconia lutescens</i> (Bonpl.) DC.	1	0,119 ± 0,016	0,020
<i>Miconia obscura</i> (Bonpl)	2	0,043 ± 0,006	0,007
<i>Miconia</i> sp.	28	0,069 ± 0,009	0,011
<i>Miconia theaezans</i> (Bonpl.) Cong	12	0,027 ± 0,004	0,005
<i>Myrcianthes rhopaloides</i> (Kunth) Me vaughn	8	0,230 ± 0,031	0,038
<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly.	1	0,031 ± 0,004	0,005
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. e Roem. & Schult.	2	0,019 ± 0,003	0,003
<i>Nectandra laurel</i> Klotzsch e Nees	1	0,064 ± 0,009	0,011
<i>Oreopanax andreanus</i> Marchal	1	0,100 ± 0,013	0,017
<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	1	0,020 ± 0,003	0,003
<i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz & Pav.) DC.	2	0,030 ± 0,004	0,005
<i>Palicourea heterochroma</i> K. Schum. & K. Krause	31	0,020 ± 0,003	0,003
<i>Piper ecuadorensis</i> Sodiro	50	0,019 ± 0,003	0,003
<i>Prumnopitys montana</i> (Humb. & Bonpl. e Willd.) de Laub.	2	0,307 ± 0,041	0,051
<i>Prunus opaca</i> (Benth) Walp.	10	0,024 ± 0,003	0,004
<i>Ruagea glabra</i> Triana & Planch.	12	0,083 ± 0,011	0,014
<i>Saurauia bullosa</i> Wawra	1	0,005 ± 0,001	0,001
<i>Sciodaphyllum</i> sp.	23	0,098 ± 0,013	0,016
<i>Solanum cutervanum</i> Zahlbr	4	0,101 ± 0,014	0,017
<i>Solanum goniocaulon</i> S. Knapp	33	0,025 ± 0,003	0,004

<i>Solanum hypocrarthurum</i> Bitter	7	0,109 ± 0,015	0,018
<i>Solanum torvum</i> Sw.	11	0,045 ± 0,006	0,007
<i>Styloceras laurifolium</i> (Willd.) Kunth	34	0,040 ± 0,005	0,007
<i>Symplocos nuda</i> Bonpl.	2	0,010 ± 0,001	0,002
<i>Symplocos</i> sp.	13	0,042 ± 0,006	0,007
<i>Symplocos coriacea</i> A. DC.	1	0,027 ± 0,004	0,005
<i>Ternstroemia macrocarpa</i> Triana & Planch.	3	0,133 ± 0,018	0,022
<i>Tournefortia fuliginosa</i> Kunth	6	0,059 ± 0,008	0,010
<i>Verbesina pentantha</i> S.F.Blake	4	0,023 ± 0,003	0,004
<i>Vismia baccifera</i> (L.) Triana & Planch.	1	0,382 ± 0,052	0,064
<i>Weinmannia glabra</i> L.F.	41	0,089 ± 0,012	0,015
<i>Weinmannia latifolia</i> C. Presl.	3	0,059 ± 0,008	0,010
<i>Weinmannia rollottii</i> Killip	7	0,121 ± 0,016	0,020
<b>Total</b>	<b>1004</b>	<b>4,063</b>	<b>0,677</b>
$\bar{X}$		<b>0,074 ± 0,011</b>	<b>0,012</b>

Nota: Crecimiento en volumen (Cr.V); Incremento periódico anual en volumen (Ipa.V)

Las especies con mayor crecimiento en volumen son: *Vismia baccifera* tuvo un crecimiento promedio de  $0,382 \pm 0,052$  m<sup>3</sup>/ha e incremento periódico anual de  $0,064$  m<sup>3</sup>/ha/año, *Freziera ecuadoriensis* con un crecimiento de  $0,330 \pm 0,044$  m<sup>3</sup>/ha e incremento periódico anual de  $0,055$  m<sup>3</sup>/ha/año y *Prumnopitys montana* con un crecimiento promedio de  $0,307 \pm 0,041$  m<sup>3</sup>/ha y  $0,051$  m<sup>3</sup>/ha/año de incremento periódico anual. En la Figura 6 se presentan las 10 especies representativas.

**Figura 6.** Especies con mayor crecimiento promedio e incremento periódico anual en volumen, período 2018 – 2024.



## DISCUSIÓN

Composición florística en la parcela permanente del bosque andino Washapamba

En la medición de 2024 se registraron 1 004 individuos, pertenecientes a 55 especies, 38 géneros y 26 familias botánicas. Las familias Cyatheaceae, Melastomataceae y Asteraceae fueron las más diversas, destacando *Cyathea caracasana*, *Meriania tomentosa* y *Dendrophorbium tipoc-chense* por su alta abundancia. Esta composición muestra cierta similitud con lo reportado por Aguirre et al. (2017),

quienes documentaron 1 370 individuos de 44 especies, 39 géneros y 29 familias, con Rubiaceae, Araliaceae y Melastomataceae como familias predominantes.

En contraste, Ordoñez (2000) registró 438 individuos con DAP ≥ 10 cm, agrupados en 81 especies, 54 géneros y 29 familias, donde destacaron Melastomataceae, Chloranthaceae, Euphorbiaceae y Rubiaceae. Esto sugiere una mayor diversidad relativa en su estudio. En comparación, la menor diversidad observada en Washapamba, pese a su condición de conservación, puede explicarse por el umbral de DAP empleado y las características específicas del sitio.

Asimismo, Aguirre et al. (2021), en el bosque protector El Sayo, parroquia Santiago, reportaron 68 especies, 42 géneros y 33 familias, siendo Melastomataceae, Lauraceae y Asteraceae las más representativas. En contraste Washapamba presenta menor riqueza florística, lo que podría atribuirse a diferencias ecológicas locales y de historia de uso.

### *Dinamismo: reclutamiento y mortalidad*

Durante el período de seis años, el bosque Washapamba mostró una tasa de mortalidad del 3,83 %, equivalente a 233 individuos. Este valor es inferior al reportado por Aguirre et al. (2022) en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro” (PUFVC), donde se registró 4,69 % de mortalidad que corresponden a 286 individuos muertos en seis años.

El reclutamiento alcanzó 103 individuos en Washapamba, con una tasa anual del 1,80 %, superior a la registrada en el PUFVC (0,13 %), pero inferior a la reportada por Quezada (2019) en Tapichalaca (3,42 % en 10 años). Estas diferencias evidencian la variabilidad del dinamismo forestal entre sitios, influenciado por condiciones climáticas locales y presión antrópica.

El dinamismo general en el bosque de Washapamba fue de 2,82 %, reflejando una dinámica activa con procesos de regeneración y pérdida simultánea. No obstante, la elevada



mortalidad sugiere alteraciones estructurales en la comunidad, posiblemente asociadas a factores internos como la competencia o enfermedades, y externos como actividades humanas (extracción maderable y no maderable) y el cambio climático. Este valor es mayor que el dinamismo observado en el PUFVC (2,41 %) según Aguirre et al. (2022) y, en Tapichalaca (2,69 %) reportado por Quezada (2019).

### *Crecimiento e incremento periódico anual*

El Washapamba el crecimiento promedio en diámetro fue de 0,027 m, con un incremento periódico anual de 0,0046 m/ha/año. *Solanum hypacrarthrum* presentó el mayor crecimiento diamétrico promedio (0,057 m; 0,0096 m/ha/año), seguido por *Miconia lutescens* (0,052 m; 0,0088 m/ha/año) y *Miconia obscura* (0,049 m; 0,0082 m/ha/año). Estos resultados difieren de los obtenidos por Aguirre et al. (2022) en el PUFVC, donde se registró un crecimiento promedio de 0,0137 m y un incremento periódico anual de 0,0027 m/ha/año; en este estudio, las especies con mayor crecimiento fueron *Critoniopsis pycnantha* (0,0341 m; 0,0068 m/ha/año), *Morella interrupta* (0,0258 m; 0,0052 m/ha/año) y *Vallea stipularis* (0,0242 m; 0,0048 m/ha/año). Las variaciones reflejan diferencias en la composición florística y condiciones ecológicas particulares de cada sitio, posiblemente afectadas por efectos de variables microambientales y funcionales de las especies (rasgos de hojas, crecimiento, densidad de la madera), fuertemente influenciados por el cambio climático, como lo sostiene Martínez-Villa et al. (2024).

El componente leñoso en Washapamba mostró un crecimiento promedio en altura de  $1,31 \pm 0,18$  m, área basal de  $0,0079 \pm 0,0010$  m<sup>2</sup>/ha y volumen de  $0,074 \pm 0,011$  m<sup>3</sup>/ha. En comparación, el PUFVC (Aguirre et al., 2022) presentó valores menores:  $0,8 \pm 0,1$  m en altura,  $0,0028 \pm 0,0004$  m<sup>2</sup>/ha en área basal y  $0,020 \pm 0,003$  m<sup>3</sup>/ha en volumen. Y en la reserva Tapichalaca, Quezada (2019) reportó valores considerablemente mayores: 25,99 m<sup>2</sup>/ha en área basal y 248,15 m<sup>3</sup>/ha en volumen total, atribuibles a la estructura más desarrollada del bosque y mayor tiempo de evaluación.

Finalmente el crecimiento bruto en Washapamba durante seis años fue de 60,63 m<sup>3</sup>/ha con ingresos y 56,73 m<sup>3</sup>/ha sin ingresos; en comparación, Quezada (2019) reportó 56,67 m<sup>3</sup>/ha con ingresos y 47,77 m<sup>3</sup>/ha sin ingresos en Tapichalaca durante diez años. Estas diferencias reflejan variaciones en la dinámica estructural y composición de especies entre estos dos bosques, influenciadas por su estado de conservación y condiciones ecológicas específicas.

### CONCLUSIONES

La dinámica forestal en el bosque andino de Washapamba durante un período de seis años revela una pérdida significativa de individuos. Esta disminución refleja una tasa de mortalidad anual del 3,83 %, mientras que el reclutamiento alcanzó 103 nuevos individuos, correspondiente a una tasa del 1,80 %. El dinamismo general (2,82 %), indica una dinámica activa aunque con signos de estrés estructural.

Las especies leñosas de la parcela permanente presentan crecimiento diferente. *Solanum hypacrarthrum* destacó

por su notable incremento en diámetro y, *Vismia baccifera* registró mayores incrementos en área basal y volumen. La desaparición total de *Viburnum triphyllum* Benth (Adoxaceae) evidencia una pérdida local de diversidad florística, probablemente asociada a su baja densidad poblacional inicial y limitada capacidad reproductiva.

La dinámica del bosque andino de Washapamba, marcada por altas tasas de mortalidad, crecimiento heterogéneo de las especies y pérdida local de diversidad, refleja una elevada vulnerabilidad frente a factores climáticos y antrópicos; en este contexto, es necesario diseñar e implementar estrategias de conservación y restauración que fortalezcan el reclutamiento, mantengan el equilibrio estructural del ecosistema y garanticen su resiliencia a largo plazo, apoyadas en el monitoreo funcional y estructural mediante sensores remotos y parcelas permanentes, así como en la gestión participativa de las comunidades locales, con el fin de orientar políticas adaptativas y replicables en otros bosques andinos del sur de Ecuador.

**Conflicto de interés:** No hay conflicto de intereses entre los autores

### Contribución de Autores

Zhofre Aguirre Mendoza: Conceptualización, Metodología, Supervisión, Redacción - revisión y edición. Bryan Cuenca Coronel: Investigación, Curación de datos, Análisis formal, Redacción borrador de manuscrito.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, Z., Reyes, B., Quizhpe, W., & Cabrera, A. (2017). Composición florística, estructura y endemismo del componente leñoso de un bosque montano en el sur del Ecuador. *Arnaldoa*, 24(2), 543-556. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.242.24207>
- Aguirre, Z., Orellana, F., Jaramillo, N., Peña, J., y Quizhpe, W. (2021). Composición florística, estructura y endemismo del componente leñoso en una parcela permanente en el bosque protector El Sayo, Loja, Ecuador. *Ciencia Latina*, 5(3), 3062-3080 doi: [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v5i3.506](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i3.506).
- Aguirre, Z., Merchán, J., & Geada, 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.
- Bussmann, R. W. (2005). Bosques andinos del sur de Ecuador, clasificación, regeneración y uso. *Revista Peruana de Biología*, 12(2), 203-216.
- Cango, L. P. S. (2018). *Composición florística, estructura y endemismo del componente leñoso del bosque Huashapamba, cantón Saraguro, provincia de Loja*. [Trabajo de grado, Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/21516/1/LEIDY%20PRISCILA%20CANGO%20SARANGO.pdf>

- Ceballos, S., Blundo, C., Malizia, A., Acosta, O. O., Carilla, J., Grau, R., Campanello, P. I., Cuchietti, A., Gasparri, I., Gatti, G., Loto, D., Pastur, G. M., Miranda, J. S., Amoroso, M., Andino, N., Arpigliani, D., Aschero, V., Barberis, I. M., Bedrij, N. A., ... Villagra, P. E. (2022). Red Argentina de Parcelas Permanentes de Bosques Nativos para promover colaboraciones científicas en estudios de largo plazo. *Ecología Austral*, 32(2), Article 2. <https://doi.org/10.25260/EA.22.32.2.0.1849>
- Condit, R., Ashton, P., Manokaran, N., Lafrankie, J., Hubbell, S., & Foster, R. (1999). Dynamics of the forest communities at Pasoh and Barro Colorado: Comparing two 50-ha plots. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 354, 1739-1748. <https://doi.org/10.1098/rstb.1999.0517>
- FAO. (2020). *Alimentación y agricultura sostenibles*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/sustainability/es/>
- Gobierno Autónomo Descentralizado de Saraguro (2016). Plan de Ordenamiento y Desarrollo Territorial de Saraguro. <https://es.scribd.com/document/469329424/Plan-de-Ordenamiento-y-Desarrollo-Territorial-de-Saraguro>
- Hernández, F., Meraz, J., Vargas, B., & Nájera, J. (2021). Crecimiento en diámetro, altura, área basal y volumen para tres especies de pino en Chihuahua, México | *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. <https://ciencias-forestales.inifap.gob.mx/index.php/forestales/article/view/711>
- Hoshino, D., Nishimura, N., & Yamamoto, S. (2002). Dynamics of major conifer and deciduous broad-leaved tree species in an old-growth Chamaecyparis obtusa forest, central Japan. *Forest Ecology and Management*, 159, 133-144. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00724-6](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00724-6)
- Josse, C., Cuesta, F., Navarro, G., Barrena, V., Cabrera, E., ChacónMoreno, E., Ferreira, W., Peralvo, M., Saito, J., Tovar, A., & Becerra, M. T. (2009). Ecosistemas de los Andes del Norte y Centro: Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. Secretaría General de la Comunidad Andina / Programa Regional ECOBONA-Intercooperation / CONDESAN-Proyecto Páramo Andino / Programa BioAndes / EcoCiencia / NatureServe / IAvH / LTAU-NALM / ICAEULA / CDCUNALM / RUMBOL SRL.
- Lieberman, D., & Lieberman, M. (1987). Forest Tree Growth and Dynamics at La Selva, Costa Rica (1969-1982). *Journal of Tropical Ecology*, 3(4), 347-358. JSTOR.
- Marca, L., & Vaca, E. (2022). *Análisis del potencial ecológico del Guarango (Caesalpinia spinosa) en la comunidad Chingazo Alto, cantón Guano, como una estrategia de protección y recuperación de suelos en zonas de bosque andino seco*. [Trabajo de grado, Universidad Nacional de Chimborazo]. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/8544>
- Marín, G., Nygård, R., Rivas, B., & Oden, P. (2005). Stand dynamics and basal area change in a tropical dry forest reserve in Nicaragua. *Forest Ecology and Management*, 208, 63-75. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.10.072>
- Martínez-Villa, J., Duran, S., Enquist, B., Duque, A., Messier, C., y Paquette, A., (2024). Temporal shifts in the functional composition of Andean forests at different elevations are driven by climate change. *Global Ecology and Biogeography*, 33, 85-99.
- Ministerio del Ambiente de Ecuador. (2013). *Ecosistemas región Sur del Ecuador, MAE - 2013*. SlideShare. <https://es.slideshare.net/danielcofre353/ecosistemas-region-sur-del-ecuador-mae-2013>
- Ocampo, K., & Bravo, S. (2019). *Reclutamiento de especies leñosas en bosques tropicales expuestos a incendios: Una revisión*. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1642>
- Oliva, M. A. (2021). Propuesta sostenible de especies forestales maderables prioritarias del bosque andino amazónico en el distrito de Molinopampa, región Amazonas. *Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza - UNTRM*. <https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/2456>
- Ordoñez, O. (2000). *Estudio dasométrico, composición florística y regeneración natural del bosque alterado de montaña en la Estación Científica San Francisco*. (Trabajo de grado, Universidad Nacional de Loja) Loja, Ecuador.
- Quesada, R., Acosta, L., Garro, M., & Castillo, M. (2012). Dinámica del crecimiento del bosque húmedo tropical, 19 años después de la cosecha bajo cuatro sistemas de aprovechamiento forestal en la Península de Osa, Costa Rica | *Revista Tecnología en Marcha*. [https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec\\_marcha/article/view/474](https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/474)
- Quezada, N. (2019). *Dinámica de crecimiento de las especies forestales del bosque nublado en la reserva natural Tapichalaca, Palanda Zamora Chinchipe* [Trabajo de grado, Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/handle/123456789/22799>
- Samper, C., & Vallejo, M. (2023). Estructura y dinámica de poblaciones de plantas en un bosque andino. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 31(118), 57-68. [https://doi.org/10.18257/rac-cefyn.31\(118\).2007.2314](https://doi.org/10.18257/rac-cefyn.31(118).2007.2314)