

Diversidad de plantas, estructura de la comunidad y biomasa aérea en un páramo del sur del Ecuador

Plant diversity, community structure, and aerial biomass in a paramo ecosystem of Southern Ecuador

Urgiles Narcisa¹
Cofre Daniel²
Loján Paúl¹
Maita Juan¹
Alvarez Pablo¹
Báez Selele⁴
Tamargo Eva⁵
Eguiguren Paúl¹
Ojeda-Luna Tatiana¹
Aguirre Nikolay^{1,6}

¹ Programa de Investigación Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.

² Carrera de Ingeniería Forestal. Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador

³ Departamento de Ciencias Biológicas. Universidad Técnica Particular de Loja. Loja, Ecuador

⁴ Departamento de Biología. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador

⁵ Universidad Tecnológica Indoamerica, Quito, Ecuador.

⁶ Director de Investigaciones. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.

*Autor para correspondencia: narcisa.urgiles@unl.edu.ec

RECIBIDO: 25/03/2018

APROBADO: 12/06/2018

RESUMEN

El monitoreo a largo plazo en ecosistemas de alta montaña es clave para entender el impacto del cambio ambiental global en la biodiversidad. El estudio se enfocó en analizar la diversidad florística existente y en determinar el contenido de biomasa vegetal dentro del ecosistema páramo en el sector Cajanuma en el Parque Nacional Podocarpus, Loja, Ecuador; con la finalidad de generar una línea base para monitoreo a largo plazo de la biodiversidad y funcionamiento ecosistémico. El área de monitoreo implementada comprendió una superficie de 1 260 m², dentro de la cual se establecieron 30 parcelas permanentes de 1 m² en las cuales se determinó la composición, la estructura florística y el contenido de biomasa aérea. Se registraron 1 367 individuos pertenecientes a 66 especies, 49 géneros y 32 familias taxonómicas. Las familias más diversas fueron Asteraceae y Ericaceae, mientras que las especies con mayor frecuencia y número de individuos por hectárea fueron: *Tillandsia aequatorialis* con 47 000, *Thelypteris euthythrux* con 31 000, y *Blechnum cordatum* con 19 667. Se estimó una biomasa aérea promedio de 14,76 t ha⁻¹, en donde 9,35 t ha⁻¹ correspondieron a la biomasa viva, y 5,42 t ha⁻¹ a la necromasa. Los resultados del presente trabajo servirán para evaluar posibles cambios en la biodiversidad y estructura de las comunidades de plantas vasculares del ecosistema alto andino relacionados con cambio ambiental global.

Palabras clave: cambio ambiental global, biomasa aérea, monitoreo de la biodiversidad, parcelas permanentes, Parque Nacional Podocarpus.

ABSTRACT

Long-term monitoring of high mountain ecosystems is a key element to understand the impact of global environmental change on biodiversity and ecosystem functioning. Our research explored the floristic diversity and plant aerial biomass content in the paramo ecosystem in Cajanuma at the Podocarpus National Park, Loja, Ecuador. The aim of our study was to create baseline information for subsequent monitoring. The monitoring area occupied 1 260 m², where 30 permanent plots of 1 m² were established. The floristic composition, structure and aerial biomass (dry weight) were determined. The individuals were classified within 66 species belonging to 49 genera and 32 families. The most diverse families were Asteraceae and Ericaceae, while the most frequent species were *Tillandsia aequatorialis* with 47 000, *Thelypteris euthytrix* with 31 000, and *Blechnum cordatum* with 19 667 individuals. We estimated an aerial biomass of 14.76 t ha⁻¹; where 9.35 t ha⁻¹ accounted for alive biomass and 5.42 t ha⁻¹ for necromass. This information will be useful to evaluate future changes in vascular-plant communities and productivity in high Andean mountain ecosystems due to factors associated to global environmental change.

Keywords: climate change, biomass carbon, biodiversity monitoring, permanent plots, Podocarpus National Park.

INTRODUCCIÓN

Amenazas como la variabilidad en los patrones climáticos (Bagley *et al.*, 2014), la pérdida de hábitat, la alteración de procesos biogeoquímicos (Haddad *et al.*, 2015), entre otros, están afectando negativamente los ecosistemas naturales y su biodiversidad asociada (Bellard *et al.*, 2012, Báez & Homeier 2018, Foster 2001; Pearson 2006; Colwell *et al.*, 2008; Thuiller *et al.* 2008; Glick *et al.* 2011; Furniss *et al.*, 2013; Thornton *et al.*, 2014). Esto provoca alteraciones en los patrones fenológicos (Zavaleta *et al.*, 2003) y en la fisiología de las especies (Sierra-Almeida y Cavieres, 2010); así como, cambios en los patrones de distribución (Araújo y Rahbek, 2006; Feeley y Silman, 2010; Gottfried *et al.*, 2012; Thuiller *et al.*, 2008), e incrementos en las tasas de extinción local (Dullinger *et al.*, 2012; Pauli *et al.*, 2007; Pounds *et al.*, 2006). Las especies más afectadas debido a una mayor contracción de su nicho climático son las plantas vasculares y las aves de rango altitudinal restringido localizadas en las partes más elevadas de los Andes (Ramirez-Villegas *et al.*, 2014, Báez *et al.* 2016). No obstante, el grado de afectación de las especies dependerá en gran medida de sus características morfológicas (Broennimann *et al.*, 2006).

El páramo es un ecosistema natural situado entre el límite continuo del bosque montano y las nieves perpetuas (Llambí, 2012). En el Ecuador los páramos cubren el 5% del territorio nacional, de ellos dependen directa o indirectamente varios millones de personas (Hofstede *et al.*, 2014; Hofstede *et al.*, 2002). En el sur del Ecuador el páramo se encuentra en mejor estado de conservación comparado con el resto del país; sin embargo, la incidencia del cambio ambiental global, incluyendo cambio en el uso de la tierra, cambios en el clima y cambios en la deposición de nutrientes, minería y plantaciones con especies forestales exóticas inciden negativamente en su conservación (Castillo *et al.*, 2008; Mena y Hofstede, 2006; Mena *et al.*, 2009).

Los páramos del Parque Nacional Podocarpus (PNP) tienen fisonomía diferente a los del

norte del país (Alulima y Cajamarca, 2013; Guzmán y Salinas, 2010). Se consideran ecosistemas estratégicos por los servicios ecosistémicos que prestan, incluyendo provisión de agua, y fijación de carbono (Cunalata *et al.*, 2013; Hofstede y Mena, 2000). Son importantes también por el endemismo existente, riqueza biológica, regulación del microclima, y generación de fuentes de empleo como el ecoturismo (Buytaert *et al.*, 2010; Lozano *et al.*, 2004; Mena y Ortiz, 2001; Podwojewski, 1999). Son ecosistemas frágiles, por ello, los estudios que generen información sobre el estado de conservación de los mismos son importantes.

Bajo esta perspectiva, el desarrollo de ésta investigación permite obtener información concreta para fortalecer las redes globales de monitoreo ecológico. La presente investigación forma parte del Proyecto "Monitoreo a Largo Plazo del Cambio Climático en la Biodiversidad" (MIC-CAMBIO) de ecosistemas de Páramo del PNP el cual es parte de los proyectos "Global de los Ambientes Alpinos" (GLORIA) y "Nutrient Network, que buscan generar información que fundamente el entendimiento del cambio climático y su impacto en la biodiversidad de estos ecosistemas (Aguirre *et al.*, 2015). Así, en el presente trabajo se generó información sobre la diversidad florística y el contenido de biomasa vegetal aérea (plantas vasculares y briófitos) y necromasa del ecosistema páramo de Cajanuma del PNP, para el monitoreo a mediano y largo plazo de las comunidades vegetales y estudios de cambio climático.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La investigación se desarrolló en el ecosistema "Arbustal Siempreverde y Herbazal del Páramo", más conocido como "páramo" (MAE, 2012). El área de monitoreo está localizada en Cajanuma, Parque Nacional Podocarpus (PNP), entre los límites de las provincias de Loja y Zamora Chinchipe (Moreno y Quinde, 2017). El PNP tiene un área 144 994 ha de las cuales el páramo representa 11 637 ha (8 %), distribuido en un rango altitudinal entre los 2 800 y 3 800 m s.n.m. Este ecosistema se caracteriza por ser una confluencia entre los ecosistemas arbustal siempreverde, herbazal del páramo que comprende una fisionomía arbustiva y herbácea. Las especies características de estos ecosistemas son: *Calamagrostis intermedia*, especies de los géneros *Bacharis*, *Gynoxys*, *Diplostephium*, *Hypericum*, *Pentacalia*, entre otros (MAE, 2012). Además, es catalogado como una zona de alta diversidad y endemismo (Richter, Beck, Rollenbeck, y Bendix, 2013, Eguiguren y Ojeda, 2009, Keating, 2008, Lozano *et al.*, 2004). Las parcelas de monitoreo se ubicaron a una altitud de 3 200 m s.n.m. (-79.16° longitud Este y -4.11° latitud Sur) (Figura 1). Esta zona se caracteriza por una temperatura media anual de 11°C, una precipitación media anual de 1 660 mm (Karger *et al.*, 2016), y por tener topografía accidentada con pendientes que van desde los 0 a 68 grados (Moreno y Quinde, 2017).

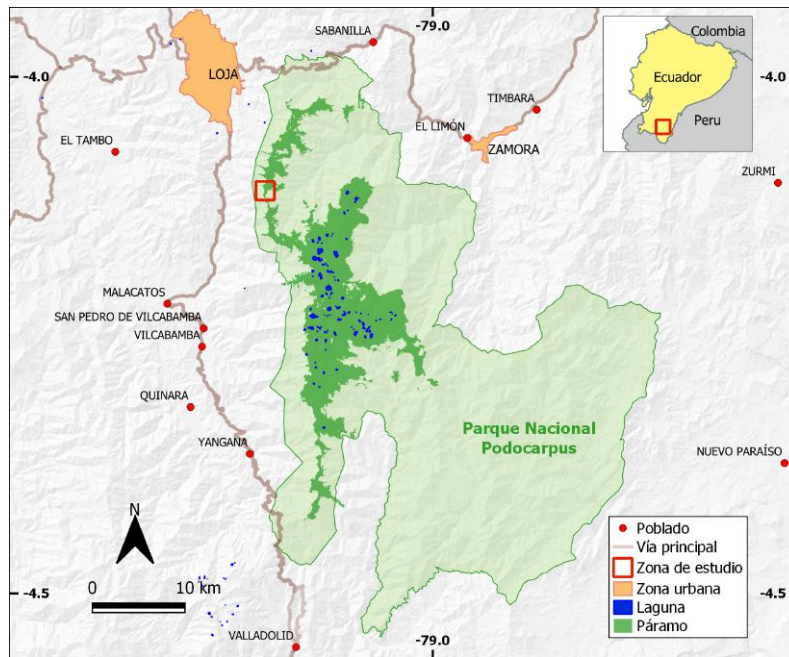


Figura 1. Ubicación de zona de estudio con respecto al ecosistema páramo del PNP.

Diseño de muestreo

En el diseño del muestreo se consideró el protocolo de monitoreo de biodiversidad, productividad y experimentación en ecosistemas herbáceos del Nutrient Network (www.nutnet.umn.edu) El área de monitoreo consta de tres bloques de 420 m² (35 x 12 m). Cada uno de ellos conformado de 10 unidades experimentales de 36 m² (6 x 6 m), organizadas en dos columnas y cinco filas. Cada unidad experimental fue dividida en cuatro sub-unidades de 9 m² (3 x 3 m), las cuales se nombraron con las letras A, B, C, y D (Figura 2). Finalmente, mediante un diseño aleatorio en bloques se seleccionó una de las cuatro sub-unidades, la cual fue dividida en cuatro cuadrantes de 1 m² (1 x 1 m), en dos de los cuales se realizó el inventario florístico y la estimación de los contenidos de biomasa vegetal.

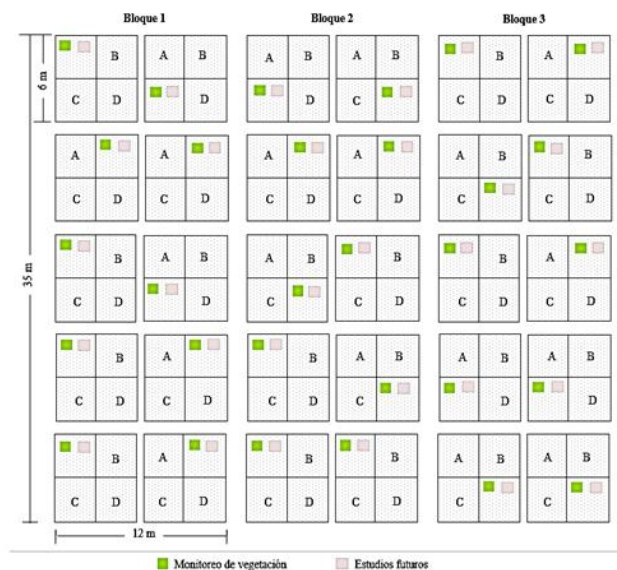


Figura 2. Diseño experimental de bloques al azar, para el monitoreo a largo plazo de las comunidades vegetales en el páramo arbustivo de Cajanuma.

Composición florística y parámetros ecológicos

El muestreo de la cobertura vegetal se realizó en uno de los cuatro cuadrantes de 1 m², donde se determinaron la composición y estructura vegetal. Para esto se registró el porcentaje de cobertura de cada especie, con un marco de 1 m² (1 x 1 m) dividido en 100 celdillas de 0,01 m² (0,1 x 0,1 m) donde cada celdilla representa el 1 %. En aquellos casos en que la planta fue demasiado pequeña el porcentaje de cobertura se proyectó directamente a la unidad. La presencia de diferentes estratos de vegetación resultó en coberturas mayores a 100 %.

Adicionalmente se determinó la densidad absoluta (D), densidad relativa (DR), frecuencia relativa (FR) y el índice de valor de importancia (IVI) para cada una de las especies registradas dentro del área de monitoreo con el objetivo de conocer la composición y estructura de las comunidades vegetales. La diversidad vegetal se estimó usando el índice de diversidad de Shannon.

Tabla 1. Ecuaciones para la determinación de parámetros ecológicos en el ecosistema páramo.

Parámetro	Ecuación
Densidad Absoluta (D)	$D = \frac{\text{Nro. de individuos por especie}}{\text{Total del área muestreada}}$
Densidad Relativa (DR)	$D = \frac{\text{Nro. de individuos por especie}}{\text{Nro. total de individuos}}$
Frecuencia relativa (FR).	$FR = \frac{\text{Nro. de parcelas con presencia de la especie}}{\Sigma \text{ de las frecuencias de todas las especies}} \times 100$
Índice de Valor de Importancia (IVI)	$IVI = \frac{DR + FR}{2}$
Índice de diversidad de Shannon	$H' \sum p_i \ln p_i$

Donde: p_i es el número de individuos de cada especie dividido para el número total de individuos de cada parcela.

Fuente: (Magurran 1988; Aguirre, 2015).

Biomasa vegetal

La biomasa (aérea) y necromasa fue estimada con el método directo o destructivo que consistió en coleccionar toda la biomasa al ras del piso, se recolectó muestras solo en un cuadrante de los tres destinados de biomasa. En este se establecieron cuatro franjas horizontales de 0,01 m² (0,1 x 0,1 m), realizando el muestreo solo en las franjas externas derecha e izquierda del cuadrante. Las esquinas de las franjas se marcaron permanentemente con tubos de PVC pintados de color rojo, para evitar futuros muestreos en ese lugar del cuadrante. Finalmente, la biomasa coleccionada se almacenó en bolsas plásticas y fueron transportadas al laboratorio donde se separaron en biomasa aérea de plantas vasculares y briófitos (biomasa fresca), y necromasa (biomasa muerta). Para la obtención del peso seco se colocaron las muestras en una estufa a una temperatura de 80°C durante 48 horas; para luego ser pesadas en una balanza digital.

Los datos obtenidos en los cuadrantes de muestreo de biomasa vegetal, fueron promediados tanto para la biomasa aérea (plantas vasculares y briófitos), como para la necromasa. Adicionalmente, se determinó la contribución individual de cada componente que integra la biomasa aérea, es decir plantas vasculares y briófitos.

RESULTADOS

Composición florística y parámetros ecológicos

Se registraron 1 367 individuos pertenecientes a 66 especies, 49 géneros y 32 familias. En el bloque 1 se registraron 514 individuos repartidos en 24 familias, 36 géneros y 46 especies. En el bloque 2 se registraron 315 individuos repartidos en 21 familias, 32 géneros y 41 especies. Finalmente, en el bloque 3 se registraron 538 individuos repartidos en 23 familias, 35 géneros y 45 especies.

Las especies con mayor número de individuos fueron: *Tillandsia aequatorialis* con 141 individuos en 30 m² y 47 000 ind/ha, seguida por *Hypericum lancioides* y *Vaccinium floribundum*. Las ocho especies más representativas en base a su frecuencia (Figura 3a) cubren el 55,7 % del total de la superficie muestreada.

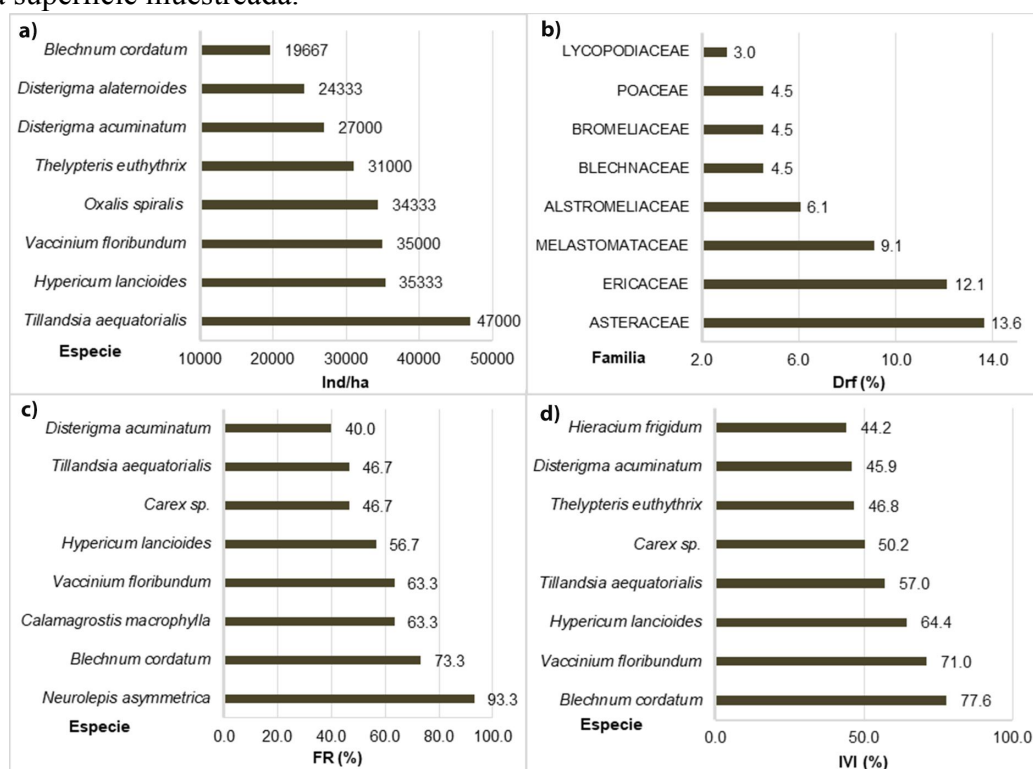


Figura 3. a) Densidad absoluta de las ocho especies con mayor número de ind/ha. b) Densidad relativa de las ocho familias con mayor número de especies. c) Frecuencia relativa de las ocho especies con mayor registro en el área de muestreo. d) Índice de valor de importancia de las especies más representativas registradas en el páramo arbustivo.

De las 32 familias vegetales encontradas en la zona de estudio las que presentaron el mayor número de especies fueron Asteraceae con nueve especies (14 %) y con menor diversidad relativa la familia Lycopodiaceae (3 %) (Figura 3b).

En lo referente a la frecuencia relativa (FR) observamos que las especies más frecuentes registradas fueron *Neurolepis asymmetrica* con un 93 % misma que fue registrada en 28 de las 30 subunidades de muestreo de 1 m², *Hypericum lancioides* con 57 % registrada en 17 subunidades, finalmente *Disterigma acuminatum* con un porcentaje de frecuencia del 40 % por estar presente en 12 subunidades (Figura 3c).

Las especies ecológicamente más dominantes como *Blechnum cordatum*, *Vaccinium floribundum*, *Hypericum lancioides*, *Tillandsia aequatorialis*, *Carex* sp., (Figura 3d) entre otras, son las más conspicuas, lo que es evidente no solo en los cuadrantes de muestreo, sino en todo el sitio de monitoreo y experimentación del PNP. El índice de diversidad de Shannon & Weaver generalmente está entre valores de 1,5 a 3,5 (Margalef 1972, Magurran 1988); para nuestra área de estudio este valor fue de 3,41; lo cual indicaría una diversidad alta en el ecosistema páramo del PNP.

Las plantas vasculares registran un porcentaje de cobertura del 79 %, destacando entre las especies con mayor cobertura *Neurolepis asymmetrica*, *Tillandsia aequatorialis* e *Hypericum lancioides* (Figura 4a), lo que destaca la riqueza florística del páramo de Cajanuma y la presencia de diferentes estratos que permiten que casi toda la superficie del suelo se encuentre cubierta por algún tipo de vegetación. El porcentaje de cobertura de la categoría briófitos cubiertos por plantas vasculares es de 31 %, seguido de la categoría líquenes que alcanza 3 % y finalmente se encuentra la categoría de suelo desnudo con solo el 1 % (Figura 4b).

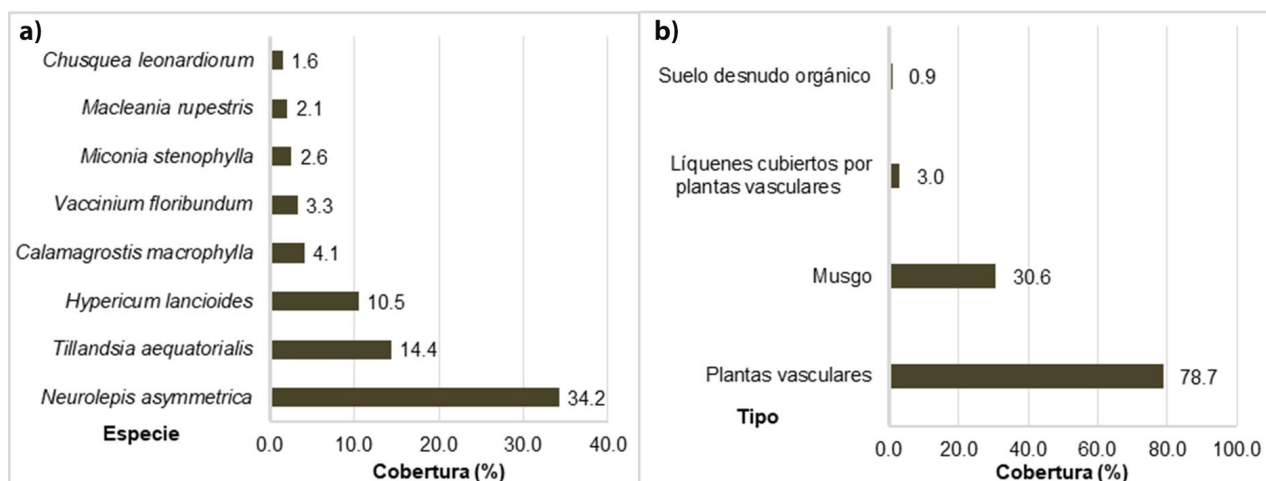


Figura 4. a) Porcentaje de cobertura registrada por cada tipo de estrato b) Porcentaje de cobertura de ocho especies de flora más representativa en el páramo arbustivo.

Biomasa

Los páramos del PNP almacenan en promedio $14,76 \text{ t ha}^{-1}$ de biomasa vegetal; la biomasa aérea es la categoría de mayor aportación con $9,35 \text{ t ha}^{-1}$ (63 %), mientras que la necromasa aporta $5,42 \text{ t ha}^{-1}$ (34 %) (Figura 5a).

La aportación individual de las plantas vasculares al contenido total de biomasa aérea es de $4,96 \text{ t ha}^{-1}$ (53 %), mientras que los briófitos aportan $4,39 \text{ t ha}^{-1}$ (47 %) (Figura 5b). Ello indica que los briófitos en relación a las plantas vasculares, representan un importante componente en la contribución de biomasa aérea en el páramo del PNP.

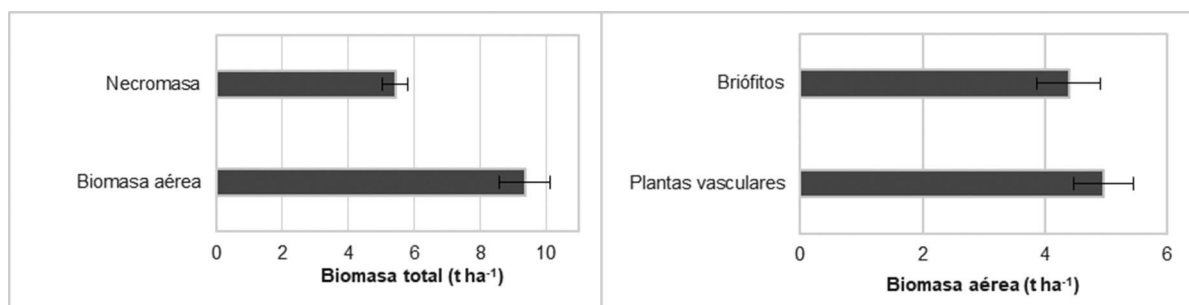


Figura 5. Valores medios de biomasa aérea en relación a los componentes plantas vasculares y briófitos. a) Valores medios y error estándar (n=30) de biomasa almacenada en el páramo. b) Valores medios (t ha⁻¹) y error estándar de biomasa aérea almacenada en las plantas vasculares y briófitos en el páramo arbustivo.

DISCUSIÓN

Composición florística

Las familias con mayor número de especies en el sitio de monitoreo: Asteraceae, Ericaceae, Bromeliaceae, Poaceae y Melastomataceae son las que caracterizan a los páramos húmedos y poco intervenidos del sur de Ecuador (Alulima y Cajamarca, 2013; Eguiguren y Ojeda, 2009; Izco *et al.*, 2007); aspecto que los hace diferentes a los páramos del norte, dominados por gramíneas en forma de penachos, almohadillas o frailejones (Aguirre *et al.*, 2002; Becking, 2004, MAE 2012).

La especie *Tillandsia aequatorialis* (bromelia) cuyo hábito de crecimiento es el herbáceo representa una de las especies más abundantes (Figura 3a), lo que concuerda con un estudio realizado por Alulima y Cajamarca (2013), quienes han evidenciado una tendencia de incremento de especies herbáceas a partir de 3 270 msnm. De la misma manera Mazzola *et al.*, (2008), manifiestan que a medida que aumenta la gradiente altitudinal, incrementa la abundancia de hierbas y disminuyen los arbustos quedando en las posiciones más elevadas pocos individuos y de manera aislada. Sin embargo, es preciso señalar que a más de las hierbas es evidente la abundancia de especies arbustivas como es el caso de *Hypericum lancioides*, *Disterigma acuminata*, esto puede deberse a que el sitio de monitoreo y experimentación del PNP se encuentra ubicado en una zona de transición (ecotono) entre el bosque andino y el páramo. Este sitio es de fundamental importancia para evaluar los efectos del cambio climático, ya que un posible cambio en el límite de cobertura podría influir en la adaptación o extinción de las especies a mayores altitudes (Kazakis *et al.*, 2007).

Las especies más frecuentes en el área de estudio pertenecen a las familias: Poaceae, Blechnaceae, Ericaceae, Bromeliaceae y Clusiaceae (Figura 3b). Ello concuerda con un estudio realizado por Eguiguren y Ojeda (2009), quienes además indican que las especies pertenecientes a estas familias pueden ser encontradas en más del 50 % de la superficie muestreada. Según Mostacedo y Fredericksen (2000), esto se debe principalmente al patrón de distribución de las especies y al número de individuos.

En lo referente a las plantas vasculares estas representan el mayor porcentaje de cobertura, con valores superiores al 70 %. Esto es corroborado por Alulima y Cajamarca (2013); y, Eguiguren y Ojeda, (2009), quienes manifiestan que el elevado porcentaje de cobertura de las plantas vascu-

lares representa la riqueza florística de los páramos en el sur del Ecuador, sumado a la presencia de diferentes estratos que hacen que casi toda la superficie se encuentre cubierta por algún tipo de vegetación. Los briófitos cubren gran porcentaje de la superficie (30 %), razón por la cual [Richter y Moreira-Muñoz \(2005\)](#) los consideran fitoindicadores en la variación de patrones hídricos y/o térmicos respecto a los impactos del cambio climático. Finalmente, los bajos porcentajes de cobertura de suelo desnudo (1 %) indican que se trata de ecosistemas con poca o sin intervención antrópica ([Vargas et al., 2000](#)). En relación a las especies más dominantes en términos de cobertura, *Neurolepis asymmetrica*, *Tillandsia aequatorialis*, *Hypericum lancioides*, *Calamagrostis macrophylla*, *Vaccinium floribundum* y *Miconia stenophylla* son las más conspicuas, lo que es evidente no solo en los cuadrantes de muestreo, sino en todo el sitio de monitoreo y experimentación del PNP.

Estimación de biomasa

Los páramos del PNP evaluados almacenan en promedio 14,76 t ha⁻¹ de biomasa aérea (plantas vasculares y briófitos) y necromasa. Este valor es corroborado por [Santín y Vidal \(2012\)](#) y [Albán y Granda \(2013\)](#), quienes documentaron en promedio 12,5 t ha⁻¹ y 19,6 t ha⁻¹ respectivamente. El aporte al contenido total de biomasa, es mayor para el caso de la biomasa aérea frente a la necromasa; no obstante, este resultado difiere al obtenido en los páramos del norte, donde [Albán y Granda \(2013\)](#) registraron para el caso de la biomasa aérea un aporte igual a 6,55 t ha⁻¹ y de 13 t ha⁻¹ de necromasa. Una posible explicación para este hecho es la diversidad florística y formas de vida de las especies ([Ayala et al., 2017](#); [Santín y Vidal, 2012](#)). En la vegetación arbustiva de los páramos del sur, existe dominancia de especies leñosas y de lento crecimiento, cuyas hojas son pequeñas y coriáceas, existe mayor latencia en los tejidos y por ende mayor concentración de biomasa aérea ([Guhl, 1982](#); [Llambí, 2012](#)). Mientras que en los páramos del norte predominan las gramíneas (Poaceae) que cubren el suelo casi por completo, constituyendo la necromasa el 80 % siendo considerablemente mayor a la biomasa vegetal aérea ([Hofstede et al., 1998](#)).

Respecto al componente biomasa aérea, cuyo aporte al contenido total de biomasa es de 9,35 t ha⁻¹, el mismo que fue clasificado en las subcategorías plantas vasculares y briófitos, indica una contribución de 4,96 y 4,39 t ha⁻¹ respectivamente. Ello indica que los briófitos representan un importante componente en la contribución de biomasa aérea en el ecosistema páramo. La riqueza de briófitos y por ende el aporte a la producción de biomasa y al almacenamiento de carbono ha sido también reportado en estudios similares ([Álvaro et al., 2007](#), [Cevallos, 2013](#)).

CONCLUSIONES

La riqueza florística reportada en el presente estudio contiene una muestra representativa de la diversidad vegetal de los páramos del PNP, misma que está integrada por 66 especies, repartidas en 49 géneros y 32 familias, las cuales se registraron en un área de muestreo de 30 m², lo que demuestra la elevada diversidad de este ecosistema.

El valor medio de peso seco por hectárea de biomasa vegetal fue 14,76 t ha⁻¹; donde, la biomasa aérea es la categoría con mayor aportación con 9,35 t ha⁻¹ (63,3 %), mientras que la necromasa aportó 5,42 t ha⁻¹ (36,7 %).

La categoría biomasa aérea fue clasificada en las subcategorías plantas vasculares y briófitos; donde las plantas vasculares aportan 4,96 t ha⁻¹ (53 %) y los briófitos 4,39 t ha⁻¹ (47 %); que

indica que las plantas vasculares al igual que los briófitos, representan componentes importantes en la contribución de biomasa aérea.

La producción de biomasa aérea y necromasa en los páramos del sur, es diferente a la del norte del país; ya que para nuestro caso se registra mayor concentración de biomasa aérea, mientras que en el norte se registra mayor producción de necromasa, lo cual es atribuido a las diferencias en diversidad florística y formas de vida de las especies.

Contribución de autores

Urgiles Narcisa es la responsable principal de la redacción del documento y conceptualización del tema. Cofre Daniel es autor de la tesis “Composición florística, estructura y estimación de la biomasa vegetal de los páramos de Cajanuma, Parque Nacional Podocarpus”, ejecutada como parte del proyecto de investigación “Evaluación de potenciales impactos en la biodiversidad y servicios ecosistémicos: respuestas locales a cambios globales en el Sur del Ecuador” financiado por la UNL, Tamargo Eva y Maita Juan instalaron las parcelas de monitoreo, recolectaron datos de campo, determinaron datos en laboratorio y redacción y revisión del documento; Loján Paúl colaboró en la redacción del documento, Alvarez Pablo participó en el análisis de los datos, presentación de resultados y discusión. Báez Selene colaboró en el diseño metodológico para la implementación de las parcelas y dió asesoría científica. Eguiguren Paúl y Ojeda-Luna Tatiana participaron en la revisión y edición del documento. Aguirre Nikolay participó en el diseño metodológico, asesoría científico-técnica y en la revisión y elaboración del documento.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, N., Eguiguren, P., Maita, J., Coronel, V., Samaniego, N., Ojeda-Luna, T., Aguirre-Mendoza, Z. (2015). *Vulnerabilidad al cambio climático en la región sur del Ecuador: Potenciales impactos en los ecosistemas, producción de biomasa y producción hídrica*, Loja, Ecuador. EDILOJA, Loja, Ec, p. 183.
- Aguirre, Z. (2015). *Guía práctica para realizar estudios de comunidades vegetales*. Herbario Loja 5, 1-30.
- Aguirre, Z., Madsen, J., Cotton, E., BALSLEV, H. (2002). *Botánica austroecuatoriana: estudios sobre los recursos vegetales en las provincias de El Oro, Loja y Zamora-Chichipe*. Ediciones Abya Yala, Quito.
- Albán Molina, E., Granda Garzón, J. (2013). *Determinación del contenido de carbono en la biomasa aérea del páramo de la Reserva Ecológica Yanacocha*. Quito, 2013.
- Alulima, M., Cajamarca, P. (2013). *Evaluación del impacto del cambio climático, sobre la diversidad florística en una zona piloto del ecosistema páramo del Parque Nacional Podocarpus*. Carrera de Ingeniería forestal. Universidad Nacional de Loja.
- Álvaro, W., Díaz, M., Morales, M. (2007). Catálogo comentado de las hepáticas del Cerro de Mamapacha, municipio de Chinavita-Boyacá, Colombia. *Acta Biológica Colombiana* 12.
- Araújo, M., Rahbek, C. (2006). How does climate change affect biodiversity? *Science* 313, 1396-1397.
- Ayala, L., Villa, M., Aguirre, Z., Mendoza, N. (2017). Cuantificación del carbono en los páramos del Parque Nacional Yacuri, provincias de Loja y Zamora Chinchipe, Ecuador. *CEDAMAZ* 4.

- Báez, S., Jaramillo, L., Cuesta, F., Donoso, D. 2016. Effects of climate change on Andean biodiversity: a synthesis of studies published until 2015. *Neotropical Biodiversity*, 2: 181-194.
- Báez, S. & Homeier, J. 2018. "Functional traits determine tree growth and ecosystem productivity of a tropical montane forest: Insights from a long-term nutrient manipulation experiment." *Global Change Biology* 24(1): 399-409.
- Bagley, J., Desai, A., Harding, K., Snyder, P., & Foley, J. (2014). Drought and deforestation: Has land cover change influenced recent precipitation extremes in the Amazon? *Journal of Climate*, 27(1), 345–361.
- Becking, M. (2004). *Sistema microregional de conservación Podocarpus. Tejiendo (micro) corredores de conservación hacia la cogestión de una Reserva de Biosfera Cóndor-Podocarpus. Programa Podocarpus*. Loja, Ecuador.
- Bellard, C., Bertelsmeier, C., Leadley, P., Thuiller, W., Courchamp, F. (2012). Impacts of climate change on the future of biodiversity. *Ecology Letters* 15, 365-377.
- Broennimann, O., Thuiller, W., Hughes, G., Midgley, G.F., Alkemade, J.R., Guisan, A. (2006). Do geographic distribution, niche property and life form explain plants' vulnerability to global change? *Global Change Biology* 12, 1079-1093.
- Buytaert, W., Céleri, R., De Bièvre, B., Cisneros, F. (2010). Hidrología del páramo andino: propiedades, importancia y vulnerabilidad.
- Castillo, J., Bustamante, M., Castro, M. (2008). *Plan de sostenibilidad financiera Parque Nacional Podocarpus*, in: MAE, F., CI, IM, CONDESAN, MOORE, ECOCIENCIA (Ed.), p. 103.
- Cevallos, P.A. (2013). *Evaluación de parámetros florísticos de la diversidad de briófitos en el páramo de Cajanuma, parque nacional Podocarpus*, Carrera de Ingeniería Forestal. Universidad Nacional de Loja, Loja. p. 116.
- Colwell, R., Brehm, G., Cardelús, C., Gilman, A., John, L. (2008). Global Warming, Elevational Range Shifts, and Lowland Biotic Attrition in the Wet Tropics. *Science* (80-). 322, 258–261.
- Cunalata, C., Inga, C., Recalde, C., Echeverría, M. (2013). *Determinación de carbono orgánico total presente en el suelo y la biomasa de los páramos de las comunidades del Chimborazo y Shobol Ilinllin en Ecuador*. Boletín del Grupo Español del Carbón, 10-13.
- Dullinger, S., Gattringer, A., Thuiller, W., Moser, D., Zimmermann, N.E., Guisan, A., Willner, W., Plutzer, C., Leitner, M., Mang, T. (2012). Extinction debt of high-mountain plants under twenty-first-century climate change. *Nature Climate Change* 2, 619.
- Eguiguren, P., Ojeda-Luna, T. (2009). *Línea base para el monitoreo a largo plazo del impacto del cambio climático, sobre la diversidad florística en una zona piloto del ecosistema páramo del Parque Nacional Podocarpus*. Carrera de Ingeniería Forestal. Universidad Nacional de Loja, Loja, p. 110.
- Feeley, K.J., Silman, M.R. (2010). Land-use and climate change effects on population size and extinction risk of Andean plants. *Global change biology* 16, 3215-3222.
- Foster, P. (2001). The potential negative impacts of global climate change on tropical montane cloud forests. *Earth-Science Rev.* 55, 73 – 106 p.
- Furniss, M., Roby, K., Cenderelli, D., Chatel, J., Clifton, C., Clingenpeel, A., Hays, P., Higgins, D., GHodges, K., Howe, C., Jungst, L., Louie, J., Mai, C., Martinez, K., Overton, K., Staab, K., Staab, B., Steinke, B., Weinhold, M. (2013). *Assessing the Vulnerability of Watersheds*

- to Climate Change Results of National Forest Watershed Vulnerability Pilot Assessments.* USDA Forest Service, USA.
- Glick, P., Stein, B., Edelson, N., (Edit). (2011). *Scanning the Conservation Horizon A Guide to Climate Change Vulnerability Assessment.* National Wildlife Federation, USA.
- Gottfried, M., Pauli, H., Futschik, A., Akhalkatsi, M., Barancok, P., Benito Alonso, J., Coldea, G., Dick, J., Erschbamer, B., Fernandez Calzado, M. (2012). Continent-wide response of mountain vegetation to climate change, *Nature Climate Change*, 2, 111–115.
- Guhl, E. (1982). *Los páramos circundantes de la Sabana de Bogotá.* Jardín Botánico " José Celestino Mutis".
- Guzmán, P., Salinas, L. (2010). *Patrones de diversidad florística en función de la gradiente altitudinal de los páramos del Parque Nacional Podocarpus*, p. 103.
- Haddad, N. M., Brudvig, L. a., Clobert, J., Davies, K. F., Gonzalez, A., Holt, R. D., Townshend, J. R. (2015). Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. *Science Advances*, 1(2), 1–9.
- Hofstede, R., Calles, J., López, V., Polanco, R., Torres, F., Ulloa, J., Vásquez, A., Cerra, M. (2014). *Los Páramos Andinos ¿Qué sabemos? Estado de conocimiento sobre el impacto del cambio climático en el ecosistema páramo.* Quito: UICN Quito.
- Hofstede, R., Coppus, R., Váscónez, P.M., Segarra, P., Wolf, J., Sevink, J. (2002). El estado de conservación de los páramos de pajonal en el Ecuador. *Ecotropicos* 15, 3-18.
- Hofstede, R., Mena, P. (2000). *Los beneficios escondidos del páramo, II Conferencia Electrónica sobre Usos Sostenibles y Conservación del Ecosistema Páramo en los Andes*, p. 9.
- Hofstede, R.G.M., Lips, J.M., Jongasma, W. (1998). Geografía, ecología y forestación de la Sierra Alta del Ecuador: Revisión de literatura.
- Izco, J., Pulgar, Í., Aguirre, Z., Santin, F. (2007). Estudio florístico de los páramos de pajonal meridionales de Ecuador. *Revista peruana de biología* 14, 237-246.
- Kazakis, G., Ghosn, D., Vogiatzakis, I., Papanastasis, V. (2007). Vascular plant diversity and climate change in the alpine zone of the Lefka Ori, Crete. *Biodiversity and Conservation* 16, 1603-1615.
- Llambí, L. (2012). Ecología, hidrología y suelos de páramos: Proyecto Páramo Andino. Proyecto Páramo Andino.
- Lozano, P., Delgado, T., Aguirre, Z. (2004). Endemism as a tool for conservation. Podocarpus National Park a case study. *Lyonia* 6(2), 43-53.
- MAE. (2012). *Sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador Continental, Subsecretaría de Patrimonio Natural.* MAE, Quito.
- Magurran, A. (1988). *Ecological Diversity and Its Measurement* New Jersey, USA, Princeton University Press.
- Margalef, R. (1972). *Homage to Evelyn Huthinson, or why is there an upper limit to diversity?* Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences. 44. 211-235.
- Mazzola, M.B., Kin, A.G., Morici, E.F., Babinec, F.J., Tamborini, G. (2008). Efecto del gradiente altitudinal sobre la vegetación de las sierras de Lihue Calel (La Pampa, Argentina). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 43, 103-109.
- Mena, P., Hofstede, R. (2006). *Los páramos ecuatorianos. Botánica económica de los Andes Centrales.* Universidad Mayor de San Andrés, La Paz.

- Mena, P., Morales, M., Ortiz, P., Ramón, G., Rivadeneira, S., Suárez, E., Terán, J., Velázquez, C. (2009). *Gente y ambiente de Páramo: realidades y perspectivas en el Ecuador*. Quito, Ecuador: EcoCiencia-AbyaYala., P., Ortiz, D. (2001). El ecoturismo en los páramos. GTP, Grupo de Trabajo en Páramos del Ecuador.
- Moreno, G., Quinde, J. (2017). *Estimación de los contenidos de carbono del ecosistema páramo del parque nacional Podocarpus-Ecuador, Facultad Agropecuaria*. Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador.
- Mostacedo, B., Fredericksen, T. (2000). *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal*.
- Pauli, H., Gottfried, M., Reiter, K., Klettner, C., Grabherr, G. (2007). Signals of range expansions and contractions of vascular plants in the high Alps: observations (1994–2004) at the GLORIA master site Schrankogel, Tyrol, Austria. *Global change biology* 13, 147-156.
- Pearson, R. (2006). Climate change and the migration capacity of species. *Trends Ecol. Evol.* 21, 111–113.
- Podwojewski, P. (1999). Los suelos de las altas tierras andinas: los páramos del Ecuador. *Bol Soc Ecuator Cie Suelo* 18, 14.
- Pounds, J.A., Bustamante, M.R., Coloma, L.A., Consuegra, J.A., Fogden, M.P., Foster, P.N., La Marca, E., Masters, K.L., Merino-Viteri, A., Puschendorf, R. (2006). Widespread amphibian extinctions from epidemic disease driven by global warming. *Nature* 439, 161.
- Ramirez-Villegas, J., Cuesta, F., Devenish, C., Peralvo, M., Jarvis, A., Arnillas, C. (2014). Using species distributions models for designing conservation strategies of Tropical Andean biodiversity under climate change. *Journal for Nature Conservation* 22, 391-404.
- Richter, M., Moreira-Muñoz, A. (2005). Heterogeneidad climática y diversidad de la vegetación en el sur de Ecuador: un método de fitoindicación. *Revista peruana de Biología* 12, 217-238.
- Sierra-Almeida, A., Cavieres, L. (2010). Summer freezing resistance decreased in high-elevation plants exposed to experimental warming in the central Chilean Andes. *Oecologia* 163, 267-276.
- Steffen, W., Sanderson, A., Tyson, P. D., Jäger, J., Matson, P. A., Moore III, B., & Oldfield, F. (2006). *Global change and the earth system: a planet under pressure*. New York.
- Thornton, P., Ericksen, P., Herrero, M., Challinor, A. (2014). Climate variability and vulnerability to climate change: a review. *Glob. Chang. Biol.* 1–16.
- Thuiller, W., Albert, C., Araújo, M., Berry, P., Cabeza, M., Guisan, A., Hickler, T., Midgley, G., Paterson, J., Schurr, F. (2008). *Predicting global change impacts on plant species' distributions: future challenges*. *Perspectives in plant ecology, evolution and systematics* 9, 137-152.
- Vargas, H., Neill, D., Asanza, M., Freire-Fierro, A., Narváez, E. (2000). *Vegetación y flora del Parque Nacional Llanganates. Biodiversidad en el Parque Nacional Llanganates: un reporte de las evaluaciones ecológicas y socioeconómicas rápidas*. Quito: EcoCiencia, Herbario Nacional del Ecuador, Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales e Instituto Internacional de Reconstrucción Rural.
- Zavaleta, E., Shaw, M., Chiariello, N., Mooney, H., Field, C. (2003). *Additive effects of simulated climate changes, elevated CO₂, and nitrogen deposition on grassland diversity*. *Proceedings of the National academy of Sciences* 100, 7650-7654.