



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

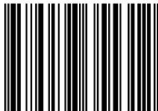
### Serie: Estudios de Biodiversidad 3

#### Cambio climático y Biodiversidad: Estudio de caso de los páramos del Parque Nacional Podocarpus, Ecuador

La biodiversidad es uno de los principales activos para el desarrollo de los territorios; gran parte de los bienes y servicios que a diario se emplean provienen de las interacciones entre ecosistemas, especies y genes. Los Andes tropicales son considerados entre los ecosistemas más diversos y con mayor endemismo a nivel mundial, y albergan a millones de personas que dependen de los beneficios de la biodiversidad. El páramo del Parque Nacional Podocarpus forma parte de estas áreas de interés biológico y es considerado un ecosistema de alta importancia por su rol en la provisión del servicio hídrico. No obstante, está sujeto a presiones globales como el cambio climático, puesto que sus características intrínsecas lo convierten en un ambiente altamente sensible ante cualquier perturbación.

En las últimas décadas se evidencia un crecimiento exponencial de literatura científica concerniente al cambio climático y la biodiversidad; así mismo, se han iniciado investigaciones a largo plazo tendientes a conocer cómo los ecosistemas y los diferentes niveles biológicos, responderán ante cambios rápidos del clima. En el sur del Ecuador estos procesos son aún incipientes. Por ello, desde el año 2008 en el páramo del Parque Nacional Podocarpus se han desarrollado estudios orientados a generar una sólida base científica que sirva de cimiento para evaluar los impactos del cambio climático en grupos sensibles como las plantas vasculares, los briofitos y los anfibios; así como en la captura y almacenamiento de carbono. Este libro compendia toda la información generada hasta el momento y se convierte en el punto de partida para continuar con estudios a largo plazo. Creemos que los esfuerzos de monitoreo continuo local tienen el potencial de contribuir de manera conjunta a la conservación de los ecosistemas, sus bienes y servicios, y al bienestar de las poblaciones locales.

ISBN-13: 978-9978-355-31-2



9 789978 355312

UNL

Serie: Estudios de Biodiversidad 3

Cambio climático y Biodiversidad:  
Estudio de caso de los páramos del Parque Nacional Podocarpus, Ecuador

## Cambio climático y Biodiversidad: Estudio de caso de los páramos del Parque Nacional Podocarpus, Ecuador



Editores  
Nikolay Aguirre  
Tatiana Ojeda Luna  
Paúl Eguiguren  
Zhofre Aguirre Mendoza





# **Cambio climático y Biodiversidad: Estudio de caso de los páramos del Parque Nacional Podocarpus, Ecuador**

**Editores:**

**Nikolay Aguirre**

**Tatiana Ojeda Luna**

**Paúl Eguiguren**

**Zhofre Aguirre Mendoza**



## **Universidad Nacional de Loja**

Dirección de Investigación

Programa Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos

### **Citación:**

Aguirre N., Ojeda-Luna T., Eguiguren P., y Aguirre-Mendoza Z. (Editores). 2015. Cambio climático y biodiversidad: Estudio de caso de los páramos del Parque Nacional Podocarpus, Ecuador. Programa de biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. Universidad Nacional de Loja. Ecuador. 272 p.

Autores capítulo. 2015. Título del capítulo: en Aguirre *et al.* (Editores). Cambio climático y Biodiversidad: Estudio de caso de los páramos del Parque Nacional Podocarpus, Ecuador. Programa de biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. Universidad Nacional de Loja. Ecuador.

**ISBN:** 978-9978-355-31-2

### **Revisión de pares:**

Dr. Andreas Fries

Philipps Universität Marburg, Alemania

Universidad Técnica Particular de Loja

Dr. Pablo Lozano

Universidad Estatal Amazónica. Puyo, Ecuador.

Dr. Dennis Denis

Universidad de La Habana, Cuba

### **Diseño e impresión:**

EDILOJA Cía. Ltda

Telefeax: 593 7 2611 418

San Cayetano Alto s/n

[www.ediloja.com.ec](http://www.ediloja.com.ec) [edilojainfo@ediloja.com.ec](mailto:edilojainfo@ediloja.com.ec)

Loja. Ecuador

Diciembre, 2015

## **Autores**

**Aguirre Nikolay.** Programa de Investigación Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. Universidad Nacional de Loja. Correo electrónico: nikolay.aguirre@unl.edu.ec

**Aguirre-Mendoza Zhofre.** Herbario Reinaldo Espinosa. Universidad Nacional de Loja. Correo electrónico: zhofre.aguirre@unl.edu.ec

**Aguirre-Mendoza Jovhana.** Carrera de Administración Pública. Universidad Nacional de Loja. Correo electrónico: jovhana.aguirre@unl.edu.ec

**Aguirre-Mendoza Luis.** Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional de Loja. Correo electrónico: luis.aguirre@unl.edu.ec

**Alulima Andreina.** Carrera de Ingeniería Forestal. Universidad Nacional de Loja. Ecuador. Correo electrónico: andremalu2689@hotmail.com

**Cajamarca Paola.** Carrera de Ingeniería Forestal. Universidad Nacional de Loja. Ecuador. Correo electrónico: pao.cforestal17@hotmail.com

**Cevallos Paola.** Carrera de Ingeniería Forestal. Universidad Nacional de Loja. Ecuador. Correo electrónico: pao.cevallos1288@gmail.com

**Eguiguren Paúl.** Programa de Investigación Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. Universidad Nacional de Loja. Correo electrónico: paul.eguiguren@unl.edu.ec

**Maita Juan.** Programa de Investigación Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. Universidad Nacional de Loja. Correo electrónico: juan83armando@gmail.com

**Merino Bolívar.** Herbario Reinaldo Espinosa. Universidad Nacional de Loja.

**Ochoa Iliana.** Herbario Reinaldo Espinosa. Universidad Nacional de Loja. Correo electrónico: iliochoa@hotmail.com

**Ojeda-Luna Tatiana.** Programa de Investigación Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. Universidad Nacional de Loja. Correo electrónico: tatiana.oluna@unl.edu.ec

**Rengel Eduardo.** Gobierno Autónomo Municipal de Loja. Ecuador. Correo electrónico: aerengels@gmail.com

**Salinas Lenin.** Carrera de Ingeniería Forestal. Universidad Nacional de Loja. Ecuador. Correo electrónico: lenin.salinas@gmail.com

**Salinas Salinas Karen.** Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente. Universidad Nacional de Loja. Correo electrónico: k-salinas@hotmail.com

**Samaniego Natalia.** Programa de Investigación Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. Universidad Nacional de Loja. Correo electrónico: natalia.samaniego@unl.edu.ec

**Santín Jaime.** Programa de Investigación Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. Universidad Nacional de Loja. Correo electrónico: jaime.santin@unl.edu.ec

**Santín Andrea.** Carrera de Ingeniería en Manejo y conservación del Medio Ambiente. Universidad Nacional de Loja. Correo electrónico: andreasantn@yahoo.es

**Urgiles-Gómez Narcisa.** Programa de Investigación Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. Universidad Nacional de Loja. Correo electrónico: narcisa.urgiles@unl.edu.ec

**Veintimilla Yanez David.** Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente. Universidad Nacional de Loja. Correo electrónico: veintimilla.yanez.david@gmail.com

**Vidal Liliana.** Carrera de Ingeniería en Manejo y conservación del Medio Ambiente. Universidad Nacional de Loja. Correo electrónico: elyjaneth\_5@hotmail.com

# Contenido

<b>PARTE I PRESENTACIÓN GENERAL .....</b>	<b>11</b>
<b>Conocimiento local para el monitoreo de los impactos del cambio global en la biodiversidad.....</b>	<b>11</b>
Nikolay Aguirre	
<b>PARTE II BIODIVERSIDAD DEL PÁRAMO: PASADO, PRESENTE Y FUTURO.....</b>	<b>19</b>
<b>El cambio climático y la conservación de la biodiversidad en el Ecuador .....</b>	<b>19</b>
Tatiana Ojeda-Luna, Paúl Eguiguren, Nikolay Aguirre	
<b>Clima de la Región Sur el Ecuador: historia y tendencias.....</b>	<b>43</b>
Natalia Samaniego-Rojas, Paul Eguiguren, Juan Maita, Nikolay Aguirre	
<b>Los páramos del Parque Nacional Podocarpus: una aproximación a su diversidad ecosistémica y florística.....</b>	<b>65</b>
Zhofre Aguirre-Mendoza, Nikolay Aguirre, Bolívar Merino e Iliana Ochoa	
<b>PARTE III MONITOREO DE LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO .....</b>	<b>105</b>
<b>Iniciativas de Monitoreo del Cambio Climático.....</b>	<b>105</b>
Paúl Eguiguren, Tatiana Ojeda-Luna y Nikolay Aguirre	
<b>Metodología para instalar sitios pilotos de monitoreo de la biodiversidad y Cambio Climático.....</b>	<b>117</b>
Tatiana Ojeda-Luna, Paúl Eguiguren, Lenin Salinas y Nikolay Aguirre	
<b>PARTE IV. LÍNEA BASE PARA EL MONITOREO DE LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO .....</b>	<b>145</b>
<b>Patrones de diversidad florística a lo largo de la gradiente altitudinal del páramo del Parque Nacional Podocarpus .....</b>	<b>145</b>
Paúl Eguiguren, Tatiana Ojeda-Luna y Nikolay Aguirre	



<b>Diversidad de Anfibios en los páramos del Parque Nacional Podocarpus.....</b>	<b>169</b>
Luis Aguirre Mendoza, David Veintimilla, Karen Salinas y Nikolay Aguirre	
<b>Diversidad de briófitos de los Páramos de Cajanuma del Parque Nacional Podocarpus.....</b>	<b>187</b>
Narcisa Urgiles-Gómez, Jaime Santin, Paola Cevallos y Nikolay Aguirre	
<b>Reservorios de carbono en los páramos del Parque Nacional Podocarpus.....</b>	<b>211</b>
Paúl Eguiguren, Andrea Santín, y Eliana Vidal y Nikolay Aguirre	
<b>Estado de conservación del páramo de Cajanuma, Parque Nacional Podocarpus.....</b>	<b>227</b>
Tatiana Ojeda-Luna, Nikolay Aguirre, Andreina Alulima, Paola Cajamarca y Zhofre Aguirre-Mendoza	
<b>PARTE V GOBERNANZA DEL CAMBIO CLIMÁTICO .....</b>	<b>249</b>
<b>Mapeo de actores del Parque Nacional Podocarpus: implicaciones para el monitoreo de la biodiversidad .....</b>	<b>249</b>
Jaime Santin, Eduardo Rengel, Johvana Aguirre	
<b>Síntesis de las perspectivas e implicaciones del monitoreo de la biodiversidad en los páramos del Ecuador .....</b>	<b>269</b>
Nikolay Aguirre y Tatiana Ojeda-Luna	



Experimento de cámara abierta de calentamiento en el sitio piloto Cajanuma.  
Parque Nacional Podocarpus, Ecuador. Fotografía: Leire Ruiz



## PARTE I PRESENTACIÓN GENERAL

### Conocimiento local para el monitoreo de los impactos del cambio global en la biodiversidad

**Nikolay Aguirre**

Programa de Investigación en Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos.  
Universidad Nacional de Loja

nikolay.aguirre@unl.edu.ec

Existe evidencia científica que demuestra que las anomalías climáticas afectan severamente a la biodiversidad en diferentes formas y escalas (Thibeault *et al.*, 2010; Araujo y Rahbek, 2006; IPCC, 2007; IPCC, 2013; Buytaert *et al.*, 2011; Morueta *et al.*, 2015). Estos impactos se traducen en procesos de desplazamientos, adaptación y extinción de especies y ecosistemas (Buytaert *et al.*, 2011; Broennimann *et al.*, 2006; Peterson *et al.*, 2001). A escala local, a más de estos impactos se podrían reflejar interacciones de estos tres mecanismos y traducirse en cambios de patrones de distribución de especies, alteraciones en la estructura de comunidades, desplazamientos altimétricos de especies y ecosistemas, cambios en el funcionamiento de los ecosistemas, entre otros (Gottfried *et al.*, 2012; Pauli *et al.*, 2012; Dullinger *et al.*, 2012; Sierra y Cavieres, 2010; Cuesta *et al.*, 2009).

Las especies vegetales de las montañas son más sensibles a cambios en sus patrones de distribución y alteraciones en la estructura de sus comunidades (Pauli *et al.*, 2007; Pauli *et al.*, 2012). Ello se debe a que tienen menos espacio geográfico donde desplazarse. Al respecto, los estudios relacionados con la complejidad y gravedad de esos escenarios de impactos e interacciones a escala local, son todavía incipientes (Aguirre *et al.*, 2010; Eguiguren *et al.*, 2010; Pauli *et al.*, 2012).

Investigaciones científicas orientadas a realizar seguimiento *in-situ* a mediano y largo plazo de los posibles impactos del cambio climático en la biodiversidad de las montañas andinas y especialmente en los páramos del Ecuador, son escasas y se encuentran en una fase inicial. Con el seguimiento *in-situ* se podrá coleccionar información consistente a escala local, realizar un monitoreo continuo, detectar cambios tempranos y comprender los procesos funcionales asociados; para la generación de predicciones del

comportamiento de las especies y el diseño de medidas de adaptación para hacer frente a los impactos del cambio climático.

Sin embargo, el conocimiento sobre cómo la afección de estos procesos incidirá en la biodiversidad de los páramos andinos es todavía conceptual y, existen vacíos de conocimiento, debido a la falta de datos empíricos y experimentos en condiciones controladas (Körner y Paulsen, 2004). Preguntas claves todavía no han sido resueltas respecto a si el factor limitante más importante es la temperatura del aire o la del suelo; o si las temperaturas promedio son más importantes que los rangos térmicos diarios; o si la asimilación de carbono, su consumo o los procesos de regeneración son los factores más limitantes.

En este sentido, los estudios que caracterizan los elementos de la biodiversidad respecto de su grado de vulnerabilidad y resiliencia a los cambios ambientales, permitirán identificar aquellos grupos de especies que tienen mayor rango de tolerancia fisiológica o mayor capacidad genética de adaptarse, versus aquellos grupos más sensibles y que probablemente experimenten extinciones locales (Sierra y Cavieres, 2010; Cuesta *et al.*, 2012).

Los páramos del Parque Nacional Podocarpus (PNP) en comparación con los páramos del norte del Ecuador, se diferencian por su alta diversidad y endemismo (Herbario Loja, 2000; Mena *et al.*, 2001; Lozano *et al.*, 2003). Por ejemplo hasta el 60% de sus 3 000 – 4 000 especies de plantas vasculares pueden ser endémicas. Además, los páramos del PNP son ecosistemas únicos, pero muy poco valorados y socialmente invisibles; su importancia radica en que constituyen un corredor biológico para el intercambio de genes y refugio de especies amenazadas. Estos ecosistemas tienen alta importancia hidrológica, debido a su alto rendimiento de agua que beneficia a mucha gente, ya sea para consumo, riego o electricidad; como consecuencia del gran contenido de materia orgánica de sus suelos que retiene el agua para liberarla en épocas secas (Hofstede 1997; Mena *et al.*, 2001).

Conocer cuáles son los patrones de cambios bio-ecológicos en especies seleccionadas y en el funcionamiento de las comunidades del páramo del PNP, asociado con anomalías climáticas en ecosistemas de montaña en la región sur del Ecuador, fue la pregunta central de una serie de investigaciones que se desarrollaron en los ecosistemas de páramos del PNP, que tuvieron su inicio en el año 2008.

Las investigaciones empezaron con la instalación de un sitio piloto para el monitoreo *in situ* de los impactos del cambio climático en la biodiversidad de ecosistemas alto-andinos; este sitio piloto está constituido por tres cimas seleccionadas en base a los criterios establecidos por la Red GLORIA (Iniciativa para la Investigación y el Seguimiento Global de los Ambientes Alpinos) y cuya metodología de instalación y evaluación fue adaptada a la realidad del ecosistema páramo del sur del Ecuador (Pauli *et al.*, 2003; Pauli *et al.*, 2015). Además se complementó con estudios de ecología, funcionamiento y conflictos asociados al manejo de la biodiversidad del páramo y sus áreas de influencia.

Esta publicación recoge los resultados de las investigaciones mencionadas, los mismos que han contribuido a llenar parte de los vacíos de conocimiento y han propiciado un mejor entendimiento de la ecología y funcionamiento de uno de los ecosistemas más frágiles, vulnerables e importantes de los Andes tropicales. A su vez esto ha permitido establecer las bases científicas para el monitoreo a largo plazo de los impactos de cambios globales en los elementos de la biodiversidad. Se espera que la información presentada se convierta en un insumo estratégico para la generación de predicciones y sobre todo para el desarrollo de medidas locales de adaptación frente a los impactos del cambio global en la Región Sur del Ecuador.

### Referencias Bibliográficas

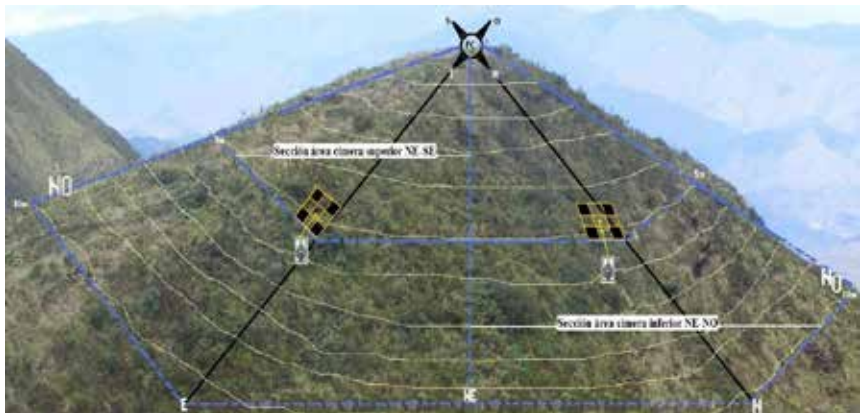
- Aguirre N., Eguiguren P., Ojeda T. (2010). El Cambio Climático y la Conservación de la Biodiversidad en el Ecuador. CEDAMAZ 1 (1): 5-12.
- Araújo M., Rahbek C. (2006). How Does Climate Change Affect Biodiversity? *Science* 313: 1396–1397.
- Broennimann O., Thuiller W., Hughes G., Midgley G., Alkemade J., 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., Cuesta-Camacho F., Tobón C. (2011). Potential impacts of climate change on the environmental services of humid tropical alpine regions. *Global Ecology and Biogeography* 20: 19–33.

- Cuesta F., Peralvo M., Valarezo N. (2009). Los bosques montanos de los Andes Tropicales. Programa Regional Ecobona-Intercooperation, Agencia Suiza para la cooperación y el desarrollo (COSUDE): Quito, Lima, La Paz.
- Cuesta F., Muriel P., Beck S. Meneses I., Halloy S., Salgado S. (2012). Biodiversidad y Cambio Climático en los Andes Centrales – Conformación de una Red de investigación para monitorear sus impactos y delinear acciones de adaptación. Red Gloria-Andes, Lima, Peru. 180 p.
- Dullinger S., Gattringer A., Thuiller W., Moser D., Zimmermann N.E., Guisan A., Willner W., Plutzer C., Leitner M., Mang T., Caccianiga M., Dirnböck T., Siegrun E., Fischer A., Lenoir J., Svenning J.-C., Psomas A., Schmatz D.R., Silc U., Vittoz P., Hülber K. (2012). Extinction debt of high-mountain plants under twenty-first-century climate change. *Nature Climate Change* doi:10.1038/nclimate1514.
- Eguiguren P., Ojeda T., Aguirre N. (2010) Diversidad florística del ecosistema páramo del Parque Nacional Podocarpus para el monitoreo del cambio climático. *Ecología Forestal* 1 (1): 7-18.
- Gottfried M., Pauli H., Futschik A., Akhalkatsi M., Barancok P., Benito Alonso J.L., Coldea G., *et al.* (2012). Continent-wide response of mountain vegetation to climate change. *Nature Climate Change* 2: 111–115.
- Herbario LOJA. (2000). Diagnóstico de la vegetación natural y de la intervención humana en los páramos del Parque Nacional Podocarpus. Informe final. Programa Podocarpus. Loja, Ecuador. 75 p.
- Hofstede, R. (1997). La importancia hídrica del páramo y aspectos de su manejo. Ecopar. Disponible en: <http://www.condesan.org/e-foros/cdpp/cdpp31.htm> (Consultado 10.08.2015).
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2007). Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Parry M.L., Canziani

- O.F., Palutikof J.P., van der Linden P.J., Hanson C.E. (eds.). Cambridge University Press. Cambridge, UK. 976 p.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2013). Climate Change 2013: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Stocker T.F., Qin D., Plattner G.-K., Tignor M., Allen S.K., Boschung J., Nauels A., Xia Y., Bex V., Midgley P.M. (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 p.
- Körner C., Paulsen J. (2004). A world-wide study of high altitude treeline temperatures. *Journal of Biogeography* 31: 713–732.
- Lozano P., Delgado T., Aguirre Z. (2003). Estado actual de la flora endémica exclusiva y su distribución en el Occidente del Parque Nacional Podocarpus. Publicaciones de la Fundación Ecuatoriana para la Investigación y Desarrollo de la Botánica. Loja, Ec. 180 p.
- Mena P., Medina G., Hofstede R. (2001). Los páramos del Ecuador: Particularidades, problemas y perspectiva. Eds. Abya Yala/Proyecto Páramo. Quito, Ec. 311p.
- Morueta-Holme N., Engemann K., Sandoval P., Jonas J., Svenning J., 2015. Strong upslope shifts in Chimborazo's vegetation over two centuries since Humboldt. *PNAS* 112: 12741-12745
- Pauli H., Gottfried M., Hohenwallner, D., Reiter K., Grabherr, G. (2003). Manual para el trabajo de campo del proyecto GLORIA. Aproximación al estudio de las cimas. Instituto de ecología y conservación biológica. Universidad de Viena. Jaca, España. 55 p.
- 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.
- Pauli H., Gottfried M., Dullinger S., Abdaladze O., Akhalkatsi M., *et al.* (2012). Recent plant diversity changes on europe's mountain summits. *Science* 336: 353–355.



- Pauli H., Gottfried M., Lamprecht A., Niessner S., Rumpf S., Winkler M., Steinbauer K., Grabherr G. (2015). The GLORIA field manual – standard Multi-Summit approach, supplementary methods and extra approaches. 5th edition. GLORIA-Coordination, Austrian Academy of Sciences & University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna. Austria.
- Peterson A., Sánchez-Cordero V., Soberón J., Bartley J., Buddemeier R., Navarro-Sigüenza A. G. (2001). Effects of global climate change on geographic distributions of Mexican Cracidae. *Ecological Modelling* 144: 21–30.
- Sierra 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.
- Thibeault J., Seth A., García M. (2010). Changing climate in the Bolivian Altiplano: CMIP3 projections for temperature and precipitation extremes. *Journal of Geophysical Research* 115: D08103.



Cima piloto para el monitoreo de la biodiversidad en el Parque Nacional Podocarpus.  
Fotografía: Paúl Eguiguren



## PARTE II BIODIVERSIDAD DEL PÁRAMO: PASADO, PRESENTE Y FUTURO

### El cambio climático y la conservación de la biodiversidad en el Ecuador

**Tatiana Ojeda-Luna<sup>1,2,\*</sup>, Paúl Eguiguren<sup>1,2</sup>, Nikolay Aguirre<sup>1,2</sup>.**

<sup>1</sup>Programa de Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. Universidad Nacional de Loja. Ecuador

<sup>2</sup>Carrera de Ingeniería Forestal. Universidad Nacional de Loja. Ecuador

\*Autor para correspondencia: tatiana.oluna@unl.edu.ec

#### El cambio climático en el contexto global

El sistema climático es un sistema complejo e interactivo, formado por la atmósfera, la superficie terrestre, la nieve y el hielo, los océanos y otros cuerpos de agua, y los seres vivos. Este sistema está en constante evolución debido a sus propias dinámicas internas y a factores externos llamados forzamientos. La radiación solar es la principal fuente de energía del sistema climático, consecuentemente los cambios que en ella se produzcan afectan directa o indirectamente al clima (Le Treut *et al.*, 2007).

En los últimos 65 millones de años, el sistema climático de la Tierra ha experimentado cambios continuos, pasando por períodos extremos de calor con áreas polares libres de hielo, a condiciones extremas de frío con capas de hielo continentales y casquetes polares (Zachos *et al.*, 2001). Así por ejemplo, hace 55 millones de años en la época conocida como el máximo térmico del Paleoceno-Eoceno, la temperatura global aumentó más de 5°C en un lapso inferior a 10 000 años (Zachos *et al.*, 2008). Si se comparan estos cambios con los que se proyectan a futuro, se puede evidenciar que el calentamiento global proyectado para el siglo XXI excede la variabilidad natural de los últimos 1 000 años (Crowley, 2000). Karl y Trenberth (2003) estiman que en ausencia de políticas de mitigación, el intervalo de calentamiento desde 1990 hasta el 2100 fluctuará entre 1,7° a 4,9°C. Estas proyecciones además reflejan que el ritmo de cambio podría ser incluso más rápido que cualquier evento de calentamiento de los últimos 65 millones de años, siendo los próximos 30 a 80 años aún más vertiginoso e intenso (National Research Council, 2013).

El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) indica que el calentamiento del sistema climático es inequívoco, prueba de ello es el aumento progresivo de la temperatura de la superficie terrestre en las últimas décadas tomando como referencia períodos anteriores desde 1850 (IPCC, 2013). Por ello, la comunidad científica, los tomadores de decisión y la sociedad en general están poniendo su atención en el abrupto cambio climático. Este fenómeno es entendido como “el cambio en el estado del clima que puede ser identificado (por ejemplo usando pruebas estadísticas) por cambios en el promedio y/o la variabilidad de sus propiedades, y que persiste por un período extendido, típicamente décadas o más” (IPCC, 2013).

Si bien, anteriormente se mencionó que el sistema climático cambia constantemente, es importante señalar que entre el 41 y 64% de las variaciones de temperatura en épocas pre-antropógenas se deben a cambios en la irradiación solar y las actividades volcánicas (Crowley 2000). No obstante, estudios señalan que el cambio climático actual está altamente influenciado por los impactos de las actividades humanas que desde épocas pre-industriales han provocado un aumento de gases de efecto invernadero asociado al uso de energía basada en combustibles fósiles y al cambio de uso del suelo (IPCC, 2002; Karl y Trenberth, 2003).

A pesar de que existe un fuerte consenso de que el clima está cambiando a ritmos inusuales y que en el siglo XXI se experimentarán cambios climáticos sin precedentes, no se conoce con certeza cuáles serán los impactos concretos en las diferentes regiones, puesto que se esperan diversos patrones de cambio alrededor del mundo (García *et al.*, 2014). Por ejemplo, los océanos tropicales podrían tardar 10 años en modificar su temperatura y llegar a un nuevo equilibrio climático, lo que es más lento que la respuesta de los continentes, pero más rápido que los polos (Schneider y Root, 2013).

Para finales de este siglo, existe la probabilidad de que en el Pacífico ecuatorial la precipitación media anual se incremente bajo un escenario climático RCP 8,5 (considerado como el más pesimista). Adicionalmente, los eventos de precipitación extrema serán más intensos y frecuentes en las zonas húmedas tropicales y estarán acompañados por incrementos de la temperatura media global (IPCC, 2013). Para la zona oeste de la Amazonía se proyecta una mayor precipitación y menor probabilidad de fuertes

sequías, debido a que la precipitación es controlada por la convergencia de humedad de los Andes (Malhi *et al.*, 2008).

En las áreas montañosas tropicales, los posibles efectos incluyen un aumento general de la temperatura, aumento en la pérdida de agua por la evaporación, disminución de la humedad del suelo, incrementos de incendios y sequía, aumento del potencial de invasión de especies de plagas introducidas, entre otros (Isaac and Williams, 2013). En los Andes tropicales se esperan impactos diferenciados, a nivel de especies, ecosistemas y funciones hidrológicas, como consecuencia de diferentes grados de exposición y sensibilidad de los sistemas andinos a las alteraciones climáticas proyectadas (Peralvo *et al.*, 2012).

Datos provenientes del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), indican un sostenido incremento de temperatura (superando inclusive el incremento medio mundial del siglo pasado de 0.6 °C) y de la frecuencia de precipitaciones intensas; desfases en las épocas de inicio y fin de la época lluviosa; y períodos de sequías inusuales. Así mismo, existen evidencias del retroceso de los glaciares, prueba de ello es que el glaciar Alpha del Antisana perdió entre 1956 y 1999 un 11% de su longitud (Cáceres 2006). Se estima que estos cambios en el régimen climático interactúen con procesos antrópicos (cambios de cobertura y uso de la tierra), generando impactos amplificadas sobre la integridad de los sistemas socio-ecológicos (Peralvo *et al.* 2012).

Sin duda, todas estas manifestaciones climáticas tendrán también consecuencias en los seres vivos, ya que el clima juega un papel primordial para el desarrollo de los procesos biológicos que se desarrollan ya sea a nivel de individuos o de ecosistemas, y que inciden en múltiples aspectos de la vida de las personas (Mora *et al.*, 2013).

### **La biodiversidad en el Ecuador**

La biodiversidad es la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluyendo la variedad de genes, especies y ecosistemas; así como las interacciones entre estos en un sistema determinado (Naciones Unidas, 1992; Díaz *et al.*, 2006; Ostfeld y Keesing, 2013). La biodiversidad permite que el ecosistema mantenga sus funciones e influencia la provisión de servicios ecosistémicos de los que se beneficia la humanidad (Díaz *et al.*, 2006; Maestre *et al.*, 2012).

El Ecuador se encuentra entre los 17 países con mayor diversidad a nivel mundial (Sierra *et al.* 2002). El país alberga dos de los 24 *hotspots* o puntos calientes de biodiversidad a nivel mundial, como son los Andes tropicales y el Chocó Darién ecuatoriano (Mittermeier *et al.*, 1998; Myers *et al.*, 2000). Richter *et al.* (2009) puntualizan que la zona de transición entre los Andes y la Amazonía es uno de los cinco *hotspots* más megadiversos, habiéndose encontrado más de 5 000 especies de plantas vasculares por 10 000 km<sup>2</sup>.

Existen varios factores que determinan la alta biodiversidad del Ecuador, entre ellos se mencionan: la confluencia de varias regiones biogeográficas como el Chocó, Tumbes, los Andes y la Amazonía que atraviesan el país de norte a sur; y la variabilidad ambiental en cada una de estas zonas; así como la circulación de la corriente fría de Humboldt y la cálida del Niño (Sierra *et al.*, 2002; FLACSO *et al.*, 2008).

En el quinto informe nacional para el Convenio sobre la Diversidad Biológica, el MAE (2015) menciona que en el Ecuador existen 91 tipos de ecosistemas terrestres y 21 de los 27 ecosistemas marinos y costeros reconocidos a nivel global. A nivel de especies esta diversidad biológica se traduce en 18 198 especies de plantas vasculares registradas hasta la actualidad (1 140 especies más de lo reportado por MAE, 2010), de las cuales 17 748 son nativas. La diversidad faunística está representada por 1 784 especies de peces marinos y de agua dulce; 540 especies de anfibios; 432 especies de reptiles; 1 642 especies de aves; 403 especies de mamíferos; y escasas estimaciones de invertebrados que desde luego aumentarán las cifras de biodiversidad para el país (por ejemplo los lepidópteros superarían las 4 000 especies siendo el país más diverso en mariposas del mundo). Aunque a nivel genético los estudios son aún incipientes, cabe indicar que solo en el Alto Napo se han encontrado 31 variedades de yuca utilizadas como alimento y medicina.

A pesar de la importancia biológica del país, existen presiones antrópicas que afectan directamente el mantenimiento de esta diversidad; así por ejemplo, los dos *hotspots* que alberga el Ecuador, están entre los de mayor probabilidad de pérdida de plantas y vertebrados, por consecuencia de la disminución de bosques (Cincotta *et al.*, 2000; Brooks *et al.*, 2002). Como un intento para frenar la pérdida de la biodiversidad, en el Ecuador se han realizado importantes avances en la última década; sin embargo, todavía es necesario redoblar acciones que permitan alcanzar las metas de conservación. Desde el sector gubernamental, la principal estrategia nacional de conservación

de la biodiversidad radica en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP). Este sistema a su vez está conformado por cuatro subsistemas: i) el patrimonio de áreas naturales del Estado (PANE); ii) el subsistema de áreas protegidas privadas (APPRI); iii) las áreas protegidas comunitarias (APC); y iv) las áreas protegidas de los gobiernos autónomos descentralizados (APG). Concretamente dentro del PANE el Ecuador tiene hoy en día 50 áreas protegidas entre parques nacionales, reservas biológicas, reservas de producción de fauna, reservas ecológicas, área natural de recreación y reservas marinas. En total se contabilizan más de 5 millones de hectáreas de superficie terrestre protegida (19,6% del territorio nacional); y más de 14 millones de hectáreas de superficie marino-costera. Complementariamente existen otras estrategias de conservación como el programa socio bosque, las reservas de biósfera, los corredores biológicos, los bosques protectores y patrimonio forestal (MAE, 2015).

### **Impactos del cambio climático en la biodiversidad de los ecosistemas tropicales**

A las presiones humanas directas hacia los recursos naturales, se suma el abrupto cambio climático que debemos enfrentar hoy en día y que supone un peligro para la conservación de la biodiversidad. Muchos sistemas ecológicos tienen la habilidad para adaptarse a un ambiente cambiante; no obstante, las respuestas dependerán de su capacidad adaptativa, diversidad genética, habilidad para migrar, disponibilidad actual de hábitats, disturbios de interacciones y liberaciones ecológicas (Mora *et al.*, 2013).

Además, la capacidad de respuesta puede depender de qué tan rápidos sean los cambios que provocan perturbaciones en los sistemas ecológicos. Cambios lentos permiten respuestas con menos perturbaciones; en tanto que, cambios abruptos pueden ser dañinos especialmente cuando los individuos tienen poca capacidad para movilizarse y cuando el sistema no es manejado (Alley *et al.*, 2003). Entonces, la supervivencia de las especies no depende exclusivamente de la existencia de climas adecuados, sino que es importante además que las especies se muevan al compás del clima (Loarie *et al.*, 2009).

Desafortunadamente no nos encontramos ante un panorama de cambios paulatinos. Atributos climáticos biológicamente importantes como el número de días libres de nieve, la duración de las épocas de crecimiento, la frecuencia e intensidad de eventos extremos (como el número de días de



calor extremos o tormentas severas) están modificándose de una manera vertiginosa, por lo que algunas especies no pueden siquiera moverse mucho menos adaptarse lo suficientemente rápido (National Research Council, 2013). Este es el caso de biomas montañosos que requieren menores velocidades de cambio de temperatura para acoplarse a las nuevas condiciones (Loarie *et al.*, 2009).

Se estima que el cambio climático afectará todos los niveles de la biodiversidad, desde organismos hasta biomas, influyendo en la funcionalidad, fisiología, fenología, dinámica y distribución de las especies (McCarty, 2001; Enquist, 2002; IPCC, 2002; Root y Hughes, 2005; Bellard *et al.*, 2012). Esto podría resultar en el desplazamiento, adaptación y extinción de las especies (Pearson, 2006; Thuiller *et al.*, 2008).

La mayor parte de modelos muestran consecuencias alarmantes para la biodiversidad, con escenarios de extinción que podrían catalogarse como la sexta extinción masiva de la historia de la Tierra (Bellard *et al.*, 2012). Incluso con un pequeño calentamiento absoluto, los trópicos serán los primeros en sufrir los embates del cambio climático, principalmente porque el clima en la región ha estado relativamente constante desde 1860. Además se prevé que para el 2050 muchas regiones tropicales tendrán meses continuos con registros climáticos extremos fuera de sus rangos históricos, esto debido a que los trópicos tienen estrechos rangos de tolerancia climática que pueden ser fácilmente sobrepasados con pequeños cambios; sin duda, esto es un gran problema en vista de que gran parte de la biodiversidad mundial se encuentra en los trópicos (Huntingford *et al.*, 2013, Mora *et al.*, 2013).

La biota tropical podría ser más sensible al cambio climático que aquella de ambientes templados, debido a la magnitud de la temperatura proyectada con respecto a las temperaturas actuales o prehistóricas (Malhi *et al.*, 2010). Adicionalmente, los organismos tropicales podrían tener nichos térmicos más restringidos y por lo tanto las respuestas al calentamiento (aclimatación, adaptación, dispersión o migración o extinción) podrían ser mayores y por lo tanto más fáciles de detectar que ambientes temperados (Grabher *et al.*, 2010; Malhi *et al.*, 2010).

En el caso de los Andes tropicales el análisis bajo escenarios de cambio climático sugiere modificaciones en la extensión de los biomas andinos para las décadas futuras (Cuesta *et al.*, 2012a). De manera concreta en el trópico sur-ecuadoriano el aumento de las precipitaciones podría agilizar la

migración de invasores nativos y exóticos desde zonas más húmedas hacia las cuencas secas cerca de la frontera con Perú. Debido al calentamiento, muchas especies de los boques húmedos y de tierras bajas pueden ampliar sus áreas hacia picos más altos en la zona andina, por lo cual muchas especies endémicas con limitada distribución y poco resistentes a sequías más frecuentes e intensas podrían enfrentar brechas de cambio altitudinal (Richter *et al.*, 2009). Bellard *et al.* (2012) explican que ante los estímulos climáticos, las especies pueden responder en tres ejes:

- Espacial: se refiere a migraciones hacia hábitats diferentes en busca de condiciones climáticas favorables; esto es especialmente factible para aquellas especies con alta capacidad de dispersión como las aves, insectos e invertebrados marinos.
- Temporal: relacionado con cambios diarios o estacionales de procesos ecológicos a los que las especies pueden recurrir, tales como cambios en la época de floración, fructificación o migración. Si bien esto ayuda a las especies a mantener la sincronía con los cambios climáticos, desacopla interacciones como predador-presa o insecto-planta y conlleva a la extinción de especies.
- Intrínseco: concerniente a adaptaciones propias de las especies para acoplarse a las nuevas condiciones.

Estudios en parcelas permanentes dentro de los ecosistemas tropicales han demostrado que la variabilidad climática de las últimas tres décadas ha provocado reducciones en el crecimiento de los árboles debido al aumento de la temperatura media anual, la temperatura media anual máxima y la intensidad de la estación seca (Clark, 2007; Feeley *et al.*, 2007). El incremento de esta variable climática o cambios en la precipitación podría provocar un estrés y resultar en la disminución de la productividad primaria neta, afectando la estructura de los ecosistemas (Schuur, 2003; Rolim *et al.*, 2005; Lambers *et al.*, 2008; Clark *et al.*, 2010; Cherrington *et al.*, 2011).

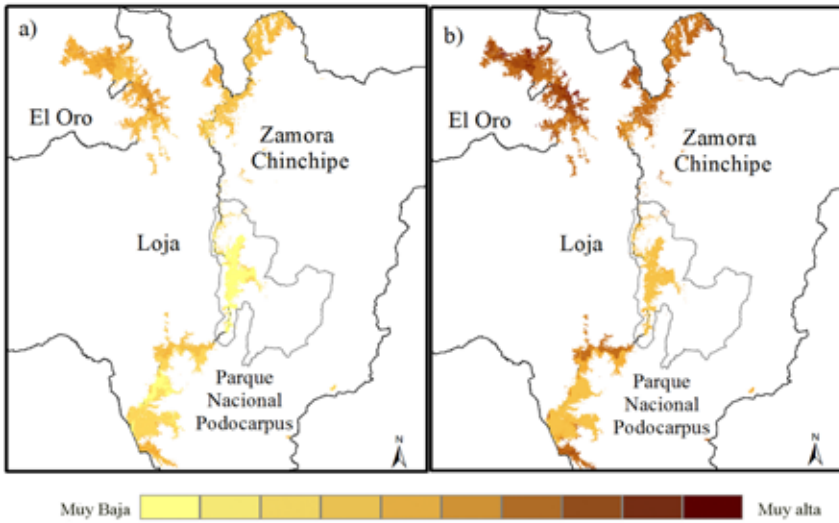
### **Impactos del cambio climático en los páramos del sur del Ecuador**

Los páramos son formaciones de alta montaña únicas en el mundo, debido a las características morfológicas que estos presentan. Este tipo de ecosistemas se encuentran localizados desde Costa Rica hasta los Andes tropicales. En el centro norte del Ecuador se encuentran distribuidos a partir de los 3 500 m s.n.m. mientras que en el sur tienen límites geográficos

que inician desde los 2 800 m s.n.m. (León-Yanez, 2000; Medina y Mena, 2001; Hofstede *et al.*, 2003; Kapelle, 2005).

En el Ecuador el páramo se caracteriza por tener una gran diversidad (Sklenar y Ramsay, 2001, Mena y Hofstede, 2006), la misma que es influenciada por la ubicación ecuatorial, la cordillera de los Andes, la influencia perhúmeda amazónica y corrientes marinas frías y cálidas desde la franja costanera (Mena y Hofstede, 2006). A más de su biodiversidad los páramos son importantes provisoros de servicios ecosistémicos a nivel local y global como la regulación del flujo hídrico y el mantenimiento de contenidos de carbono (Hofstede *et al.*, 2003; Buytaert *et al.*, 2006; Llambi *et al.*, 2012; Ayala *et al.*, 2014). Pese a su importancia para la sociedad, estos ambientes han sufrido una constante presión antrópica (Hofstede *et al.*, 2003, Mena y Hofstede, 2006) y al igual que otros ecosistemas tropicales se prevé fuertes impactos del cambio climático sobre ellos.

Según Aguirre *et al.* (2015), para el año 2050 bajo un escenario optimista de cambio climático (RCP 2,6) alrededor del 30% del área de páramo del sur del Ecuador tendría una vulnerabilidad moderada, mientras que un 34% de su superficie presentará una vulnerabilidad baja. Sin embargo, se estima que con un escenario menos optimista (RCP 8,5) el 52% de la superficie de páramo podría tener un nivel de vulnerabilidad alta (ver Figura 1). Gran parte de la extensión de páramos con alta vulnerabilidad se localizarían fuera de los límites del Parque Nacional Podocarpus y Yacuambi. En este sentido, estrategias como áreas protegidas, corredores biológicos, acciones de restauración, etc., tendientes a conservar estos ecosistemas podrían servir como un buen amortiguador que fomente la resiliencia y favorezca la capacidad adaptativa de los páramos. Dichas estrategias permitirán que estos ecosistemas, estén más conectados con los hábitats circundantes, y disminuirán la probabilidad de que se conviertan en islas proclives a desaparecer con el paso del tiempo, provocando serios impactos en la sociedad.



**Figura 1.** Vulnerabilidad al cambio climático de los páramos del sur del Ecuador proyectada al año 2050. a) Vulnerabilidad al cambio climático bajo el escenario RCP 2,6. b) Vulnerabilidad al cambio climático bajo el escenario RCP 8,5. Modificado de: Aguirre *et al.*, 2015.

Además de la fuerte vulnerabilidad que tendría este ecosistema, el cambio climático podría provocar desplazamientos de las especies hacia mayores altitudes en busca de ambientes más adecuados. Estas manifestaciones que han sido observadas a lo largo de la gradiente altitudinal en otros ecosistemas de alta montaña por Pauli *et al.* (2007), Chen *et al.* (2011), Pauli *et al.* (2012), entre otros. Además, se evidencia que existe una disminución de las especies adaptadas a temperaturas bajas y un aumento de las especies adaptadas a temperaturas un poco más cálidas (Gottfried *et al.*, 2012). Consecuentemente, los páramos podrían reducir sus límites geográficos, desencadenando una contracción de la superficie que ocupan actualmente (Richter *et al.*, 2009, Arnillas *et al.* 2010, Buytaert *et al.*, 2011). Esto a su vez podría acelerar la extinción de especies y su consecuente pérdida de biodiversidad (Buytaert *et al.*, 2011).

Evidencias encontradas por Villota y Behling (2014) muestran que este tipo de desplazamientos han ocurrido en el pasado en el Parque Nacional Podocarpus, donde durante la última época glacial y el Holoceno temprano, la línea superior del bosque estuvo localizada en bajas elevaciones, pero se movió ligeramente hacia mayores elevaciones durante el Holoceno medio (1200 años calibrados antes del presente), presentando una mayor

abundancia de la vegetación del bosque de montaña y el subpáramo, en comparación con épocas previas.

Como hemos mencionado los ecosistemas de montaña son muy sensibles a alteraciones en las variables climáticas, debido a que se encuentran bajo límites geográficos restringidos y están condicionados por las bajas temperaturas (Buytaert *et al.*, 2011; Michelsen *et al.*, 2011). Por lo tanto, con el cambio climático se esperaría se produzcan cambios en los patrones de distribución, fisiológicos, fenológicos, en composición y en la abundancia (Feeley y Silman, 2010; Sierra y Cavieres, 2010; Michelsen *et al.*, 2011 Gottfried *et al.*, 2012; Munson y Sher, 2015). Dichos cambios podrían afectar seriamente a los servicios ecosistémicos. Por ejemplo, los contenidos de carbono orgánico del suelo podrían disminuirse debido a condiciones más secas del suelo; mientras que, el suministro del agua podría verse afectado por variaciones en la precipitación, incrementando la evapotranspiración y alterando las propiedades del suelo (Buytaert *et al.*, 2011).

A estos factores es necesario agregar estresores antrópicos que afectan directamente a los ecosistemas; así por ejemplo, el grado de fragmentación impacta en la conectividad de las especies parameras. En este sentido las especies que provienen de ambientes más cálidos y en poblaciones continuas podrían tener una mejor adaptación debido al flujo genético. Mientras que poblaciones aisladas dependerán de la cantidad de genes asociados a la variabilidad climática contenidos en ellas (Buytaert *et al.*, 2014)

### **Retos para la conservación de la biodiversidad en un clima de cambios abruptos**

A pesar de la creciente preocupación por la amenaza que representa el cambio climático para la biodiversidad y los servicios ecosistémicos a nivel mundial, no se han logrado cumplir las metas para detener la pérdida de especies, y muchos aspectos inherentes a estos cambios aún quedan sin ser resueltos.

Según Hannah *et al.* (2005) el cambio climático tiene el potencial de desarrollar sinergias con otros estresores (pérdida de hábitat, introducción de especies exóticas invasoras, contaminación, caza excesiva, etc.) que por sí solos ya representan un reto para la conservación de la biodiversidad. Estos mismos autores indican que las respuestas deben considerar: i) estrategias adaptativas de conservación de una dinámica biodiversidad; ii) acciones

para permitan mantener los gases de efecto invernadero a niveles donde se puedan manejar los cambios biológicos.

Es necesario que las estrategias de conservación ante los rápidos cambios que está experimentando el clima puedan anticipar los impactos derivados de estos cambios, para lo cual se debe evaluar la distribución actual y futura de las especies con modelos que permitan hacer predicciones confiables (Araújo y Rahbek, 2006). Complementariamente se deben diseñar sistemas de conservación dinámicos que operen a escala de paisaje (Hannah *et al.*, 2002), que protejan la biodiversidad *in situ* y que consideren la heterogeneidad de hábitats y la diversidad genética de las especies, con el fin de mantener la capacidad adaptativa de las especies y ecosistemas (Bellard *et al.*, 2012). En este sentido, prácticas antiguas de conservación como la restauración, protección de hábitats y la disminución de presiones antrópicas podrían ayudar a cumplir con este objetivo (Dawson *et al.*, 2011).

En lo concerniente a acciones de mitigación que permitan disminuir la cantidad de gases de efecto invernadero, las acciones requeridas deben ser a un nivel más global, donde la sociedad en su conjunto debe empezar a transformar su matriz energética y de consumo orientada hacia la carbono-neutralidad. Al mismo tiempo las decisiones y políticas que se tomen a nivel global deben estar bien orientadas, puesto que tendrán grandes repercusiones en la biodiversidad (Hannah *et al.*, 2005).

Para todo esto, se requiere emprender procesos de investigación mas integradores (Bendix *et al.*, 2012), orientados a identificar variables ecológicas y evolutivas claves; así como, a desarrollar modelos capaces de proveer predicciones realistas con poca demanda de datos (Dawson *et al.*, 2011). El fortalecimiento de redes de trabajo existentes y la construcción de otras redes; así como la implementación de sitios de monitoreo son fundamentales para la generación de nuevo conocimiento; si bien, su sostenibilidad futura puede ser una limitación, existen estrategias como la vinculación a herbarios, museos, universidades y ministerios que pueden garantizar su permanencia a más largo plazo (Cuesta *et al.*, 2012b).

Aunque desde 1951 ha existido un crecimiento exponencial de ciencia del cambio climático, donde se ha desarrollado el 95% de la literatura que conocemos hoy en día (Stanhill, 2001), existen regiones donde es urgente la generación de conocimiento. Por ejemplo, Báez *et al.* (2011) revisaron más de 100 artículos científicos publicados entre 1970 y 2010 para el caso

específico de los Andes tropicales, determinando que aunque se han desarrollado algunos trabajos, el nivel de conocimiento es aún escaso y en algunos casos inexistente. Los grupos más estudiados han sido las plantas y anfibios, con muy poca información sobre el efecto del cambio climático en aves, reptiles, insectos y mamíferos; así como en temas de mitigación y resiliencia. Gran parte de esta información proviene de observaciones, por lo que existe la necesidad de llevar a cabo estudios experimentales y modelamientos que permitan conocer la respuesta de la biodiversidad en el mediano y largo plazo, y sobretodo centrarse en los grupos poco estudiados. Además es urgente que todo el conocimiento generado pueda ser sistematizado a través de plataformas de datos con libre acceso y protocolos estandarizados (Bendix, 2012).

Por otro lado, la generación de capacidades entre la sociedad civil es fundamental sobre todo en países tropicales de bajos ingresos per cápita, donde la supervivencia de grupos como los agricultores dependen altamente de la biodiversidad y es menos probable que puedan acceder a recursos o información adecuada para adaptarse a las condiciones cambiantes (Hannah, 2005).

Finalmente, a pesar de los potenciales impactos del cambio climático hacia los recursos naturales, en países como Ecuador la deforestación continúa siendo la mayor amenaza para la diversidad biológica, razón por la cual es urgente el diseño e implementación de estrategias enfocadas a disminuir estas presiones humanas (Richter *et al.* 2009). Así, todos los esfuerzos que se hagan deben abordar todas las aristas del problema y no solo centrarse en cómo afrontar los efectos adversos del clima.

## Referencias Bibliográficas

- Aguirre N., Eguiguren P., Maita J., Coronel V., N. Samaniego, 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. Universidad Nacional de Loja y Servicio Forestal de los Estados Unidos. Loja, Ecuador. 150 p.
- Alley R. B., Marotzke J., Nordhaus W. D., Overpeck J. T., Peteet D. M., Pielke Jr. R. A., Pierrehumbert R. T., Rhines P. B., Stocker T. F., Talley L. D., Wallace J. M.. (2003). Abrupt climate change. *Science* 299: 2005-2010 p.
- Araújo M. B., Rahbek C.. (2006). How does climate change affect biodiversity? *Science* 313: 1396-1397 p.
- Arnillas C., Tovar C., Cuesta F., Buytaert W. (2010). Potenciales impactos del cambio climático sobre la biodiversidad en los Andes Tropicales. En: Serie Panorama andino sobre cambio climático. CONDESAN, SGCAN. Lima-Quito.
- Ayala L., Villa M., Aguirre Z., Aguirre N. (2014). Cuantificación del carbono en los páramos del parque nacional Yasuni, provincias de Loja y Zamora Chinchipe, Ecuador. *CEDAMAZ* 4: 45-52 p.
- Báez S., Cuesta F., Cáceres Y., Arnillas C.A., Vásquez R. (2011). Síntesis del conocimiento de los efectos del cambio climático en la biodiversidad de los Andes tropicales. Serie Panorama Andino sobre Cambio Climático. CONDESAN, SGCAN. Lima-Quito. 49 p.
- Bellard C., Bertelsmeier C., Leadley P., Thuiller W., Courchamp F. (2012). Impacts of climate change on the future of biodiversity. *Ecology Letters* 13 p.
- Bendix J., Nieschulze J., Michener W. K.. (2012). Data platforms in integrative biodiversity research. *Ecological Informatics*. 11: 1-4 p.
- Brooks T. M., Mittermeier R. A., Mittermeier C. G., Da Fonseca G. A. B., Rylands A. B., Konstant W. R, Flick P, Pilgrim J., Oldfield S., Magin G., Hilton-Taylor C. (2002). Habitat loss and extinction in the hotspots of biodiversity. *Conservation Biology* 16 (4): 909-923 p.



- Buytaert W., Célleri R., De-Bièvre B., Cisneros F., Wyseure G., Deckers J., Hofstede R. (2006). Human impact on the hydrology of the Andean páramos. *Earth-Science Reviews* 79: 53-72 p.
- Buytaert W., Cuesta-Camacho F., Tobón C. (2011). Potential impacts of climate change on the environmental services of humid tropical alpine regions. *Global Ecology and Biogeography* 20: 19-33 p.
- Buytaert W, Sevink J, Cuesta F. (2014). Cambio climático: la nueva amenaza para los páramos. En: Cuesta F. *et al.*, Editores. Avances en investigación para la conservación de los páramos andinos, CONDESAN.
- Cáceres L. (2006). El cambio climático: Algunos aspectos globales y nacionales. En: Ortiz D., Mena Vásconez P. *Páramo: Investigaciones biofísicas en el páramo. Órgano de difusión del grupo de trabajo en páramos del Ecuador (GTP)*. Quito, Ecuador. 72 p.
- Cherrington E., Anderson E., Flores A., Hernandez B., Clemente A., Sempris E., Picado F., Irwin D. (2011). Consecuencias del cambio climático para la estructura de los bosques y el almacenamiento de carbono en la zona tropical de América Latina y el Caribe. USAID, NASA, CATHALAC, SERVIR., Claynton. 19 p.
- Chen C., Hill J., Ohlemüller R., Roy D., Thomas C. (2011). Rapid range shifts of species associated with high levels of climate warming. *Science* 333(6045): 1024-1026 p.
- Cincotta R. P., Wisniewski J., Engelman R. (2000). Human population in the biodiversity hotspots. *Nature* 404: 990-992 p.
- Clark D. (2007). Detecting Tropical Forests' Responses to Global Climatic and Atmospheric Change: Current Challenges and a Way Forward. *Biotropica* 31: 4-19 p.
- Clark D., Clark D., Oberbauerz S. (2010). Annual wood production in a tropical rain forest in NE Costa Rica linked to climatic variation but not to increasing CO<sub>2</sub>. *Global Change Biology* 16: 747-759 p.
- Crowley T. J. (2000). Causes of climate change over the past 1000 years. *Science* 289: 270-277 p.

- Cuesta F., Báez S., Ramírez J., Tovar C., Devenish C., Buytaert W., Jarvis A. (2012a). Síntesis de los impactos y estado del conocimiento de los efectos del cambio climático en la biodiversidad de los Andes Tropicales. En: Cuesta F., Bustamante M., Becerra M. T., Postigo J., Peralvo M. editores. Panorama andino de cambio climático: Vulnerabilidad y adaptación en los Andes Tropicales. CONDENSAN, SGCAN, Lima. 103-139 p.
- Cuesta F., Muriel P., Beck S., Meneses R. I., Halloy S., Salgado S., Ortiz E., Becerra M. T. (eds.). (2012b). Biodiversidad y cambio climático en los Andes tropicales: Conformación de una red de investigación para monitorear sus impactos y delinear acciones de adaptación. Red Gloria-Andes, Lima-Quito. 180 p.
- Dawson T. P., Jackson S. T., House J. I., Colin Prentice I., Mace G. M. (2011). Beyond predictions: Biodiversity conservation in a changing climate. *Science* 332: 53-58 p.
- Díaz S., Fargione J., Chapin III F. S., Tilman D. (2006). Biodiversity loss threatens human well-being. *PLoS Biol* 4(8): 1300-1305 p.
- Enquist C. (2002). Predicted regional impacts of climate change on the geographical distribution and diversity of tropical forests in Costa Rica. *Journal of Biogeography* 29: 519-534 p.
- Feeley K., Wright J., Supardi N., Rahman A., Davie S. (2007). Decelerating growth in tropical forest trees. *Ecology Letters* 10: 461-469 p.
- Feeley K., Silman M. (2010). Land-use and climate change effects on population size and extinction risk of Andean plants. *Global Change Biology* 16: 3215-3222 p.
- FLACSO (Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales), MAE (Ministerio del Ambiente del Ecuador), PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). (2008). Geo Ecuador 2008. Informe sobre el estado del medio ambiente. FLACSO. Ecuador. 188 p.
- García R. A., Cabeza M., Rahbek C., Araújo M. B. (2014). Multiple dimensions of climate change and their implications for biodiversity. *Science* 344: 6183 p.

- Grabherr G., Gottfried M., Pauli H. (2010). Climate change impacts in alpine environments. *Geography Compass* 4 (8): 1133-1153 p.
- Gottfried M., Pauli H., Futschik A., Akhalkatsi M., Barančok P., Benito Alonso J., Coldea G., Dick J., Erschbamer B., Fernández Calzado M., Kazakis G., Krajči J., Larsson P., Mallaun M., Michelsen O., Moiseev D., Moiseev P., Molau U., Merzouki A., Nagy L., Nakhutsrishvili G., Pedersen B., Pelino G., Puscas M., Rossi G., Stanisci A., Theurillat J.-P., Tomaselli M., Villar L., Vittoz P., Vogiatzakis I., Grabherr G. (2012). Continent-wide response of mountain vegetation to climate change. *Nature Climate Change* 2:111-115 p.
- Hannah L., Midgley G. F., Lovejoy T., Bond W. J., Bush M., Lovett J. C., Scott D., Woodward F. I. (2002). Conservation of biodiversity in a changing climate. *Conservation Biology* 16 (1): 264-268 p.
- Hannah L., Lovejoy T. E., Schneider S. H. (2005). Biodiversity and climate change in context. En: Lovejoy T. E., Hannah L. *Climate change and biodiversity*. Yale University Press. New Haven and London. 3-14 p.
- Hofstede R., Segarra P., Mena P. (2003). Los páramos del mundo. Proyecto atlas mundial de los páramos. Global peatland initiative/NC – IUCN/EcoCiencia. Quito 79 p.
- Huntingford C., Mercado L., Post E. (2013). Earth science: The timing of climate change. *Nature* 502: 174-175 p.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2007). *Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Parry M.L., Canziani O.F., Palutikof J.P., van der Linden P.J., Hanson C.E. (eds.). Cambridge University Press. Cambridge, UK. 976 p.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2013). *Climate Change 2013: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Stocker T.F., Qin D., Plattner G.-K., Tignor M., Allen S.K., Boschung J., Nauels A., Xia Y., Bex V., Midgley P.M. (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 p.

- Isaac J. L., Williams S. E. (2013). Climate change and extinctions. En: Levim S. (ed.). *Encyclopedia of biodiversity*. Second ed. Academic Press, Amsterdam, The Netherlands. 73-78 p.
- Karl T. R., Trenberth K. E. (2003). Modern global climate change. *Science* 302: 1719-1723 p.
- Lambers H., Chapin S., Pons T. (2008). *Plant physiological ecology*. New York, USA.
- Kapelle M. (2005). Hacia una breve descripción del concepto “páramo”. En: Kapelle M., Horn S. *Los páramos de Costa Rica* 29-36 p.
- Leon-Yanez S. (2000). Páramos ecuatorianos. En: *La Biodiversidad de los páramos*. Serie Páramo 7. GTP/ Abya Yala. Quito.
- Le Treut H., Somerville R., Cubasch U., Ding Y., Mauritzen C., Mokssit A., Peterson T., Prather M. (2007). Historical overview of climate change. En: *Climate change 2007: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K.B., Tignor M., Miller H.L. (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Loarie S.R., Duffy P.H., Hamilton H., Asner G.P., Field C.B., Ackerly D.D. (2009). The velocity of climate change. *Nature* 462:1052-1055 p.
- Llambi L., Soto-W A., Celleri R., De-Bievre B., Ochoa B., Borja P. (2012). Páramos andinos. *Ecología, hidrología y suelos de páramos*. Proyecto páramo andino 283 p.
- McCarty J. (2001). Ecological consequences of recent climate change. *Conservation Biology* 15: 320-331 p.
- MAE (Ministerio del Ambiente del Ecuador). (2010). *Cuarto informe nacional para el Convenio sobre la Diversidad Biológica*. Quito, Ecuador. 291 p.
- MAE (Ministerio del Ambiente del Ecuador). (2015). *Quinto informe nacional para el Convenio sobre la Diversidad Biológica*. Quito, Ecuador. 175 p.

- Maestre F. T., Quero J. L., Gotelli N. J., Escudero A., Ochoa V., Delgado-Baquerizo M., García-Gómez M., Bowker M. A., Soliveres S., Escolar C., García-Palacios P., Berdugo M., E. Valencia, Gonzalo B., Gallardo A., Aguilera L., Arredondo T., Blones J., Boeken B., Bran D., Conceição A. A., Cabrera O., Chaieb M., Derak M., Eldridge D. J., Espinosa C. I., Florentino A., Gaitán J., Gatica M. G., Ghiloufi W., Gómez-González S., Gutiérrez J. R., Hernández R. M., Huang X., Huber-Sannwald E., Jankju M., Miriti M., Monerri J., Mau R. L., Morici E., Naseri K., Ospina A., Polo V., Prina A., Pucheta E., Ramírez-Collantes D. A., Romão R., Tighe M., Torres-Díaz C., Val J., Veiga J. P., Wang D., Zaady E. (2012). Plant species richness and ecosystem multifunctionality in global drylands. *Science* 335: 214-218 p.
- Malhi Y., Roberts J. T., Betts R. A., Killeen T. J., Li W., Nobre C. A. (2008). Climate change, deforestation and the fate of the Amazon. *Science* 319: 169-172 p.
- Malhi Y., Silman M., Salinasz N., Bush M., Meir P., Saatchi S. (2010). Introduction: Elevation gradients in the tropics: laboratories for ecosystem ecology and global change research. *Global Change Biology* 16: 3171-3175 p.
- Medina G., Mena P. (2001). Los páramos del Ecuador. En: Mena P., Medina G., Hofstede R. (eds.). *Los páramos del Ecuador. Proyecto páramo y Abya Yala*, Quito. 1-23 p.
- Mena P., Hofstede R. (2006). Los páramos ecuatorianos. En: Morales *et al.* *Botánica económica de los Andes Centrales*. 91-109 p.
- Michelsen O., Syverhuset A., Pedersen B., Holten J. (2011). The impact of climate change on recent vegetation changes on Dovrefjell, Norway. *Diversity* 3: 91-111 p.
- Mittermeier R. A., Myers N., Thomsen J. B., da Fonseca G. A. B., Olivieri S. (1998). Biodiversity hotspots and major tropical wilderness areas: Approaches to setting conservation priorities. *Conservation Biology* 12 (3): 516-520 p.
- Mora C., Frazier A. G., Longman R. J., Dacks R. S., Walton M. M., Tong E. J., Sanchez J. J., Kaiser L. R., Stender Y. O., Anderson J. M., Ambrosino C. M., Fernandez-Silva I., Giuseffi L. M., Giambelluca T. W. (2013).

- The projected timing of climate departure from recent variability. *Nature* 502: 183-187 p.
- Munson S., Sher A. (2015). Long-term shifts in the phenology of rare and endemic rocky mountain plants. *American Journal of Botany* 102: 1268-1276p.
- Myers N., Mittermeier R., Mittermeier C., Fonseca G., Kent J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858 p.
- Naciones Unidas. (1992). Convenio sobre la diversidad biológica. 30 p.
- National Research Council. (2013). Abrupt impacts of climate change: Anticipating surprises. The National Academies Press. Washington, DC. 207 p.
- Ostfeld R. S., Keesing F. (2013). Biodiversity and human health. En: Levin S. A. (ed.) *Encyclopedia of biodiversity*. Segunda ed. Elsevier. 357-372 p.
- 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 p.
- Pauli H., Gottfried M., Dullinger S., Abdaladze O., Akhalkatsi M., Benito J., Coldea G., Dick J., Erschbamer B., Fernández R., Ghosh D., Holten J., Kanka R., Kazakis G., Kollár J., Larsson P., Moiseev P., Moiseev D., Molau U., Molero Mesa J., Nagy L., Pelino G., Puşcaş M., Rossi G., Stanisci A., Syverhuset A., Theurillat J., Tomaselli M., Unterluggauer P., Villar L., Vittoz P., Grabherr G. (2012). Recent plant diversity changes on Europe's mountain summits. *Science*, 336(6079): 353-355 p.
- Peralvo M., Bustamante M., Cuesta F., Becerra M. T. (2012). Adaptación al cambio climático en los Andes Tropicales. En: Cuesta F., Bustamante M., Becerra M., Postigo J., Peralvo J., (eds.). *Panorama andino de cambio climático: Vulnerabilidad y adaptación en los Andes Tropicales*. CONDENSAN, SGCAN, Lima. 263-281 p.
- Pearson R. (2006). Climate change and the migration capacity of species. *Trends in Ecology and Evolution* 21: 111-113 p.

- Richter M., Diertl K. H., Emck P., Peters T., Beck E. (2009). Reasons for an outstanding plant diversity in the tropical Andes of southern Ecuador. *Landscape Online* 12: 1-35 p.
- Rolim S., Jesus R., Nascimento H., do Couto H., Chambers J. (2005). Biomass change in an Atlantic tropical moist forest: The ENSO effect in permanent sample plots over a 22-year period. *Oecologia* 142: 238-246 p.
- Root T., Hughes L. (2005). Present and future phenological changes in wild plants and animals. En: Lovejoy T. E., Hannah L. *Climate change and biodiversity*. Yale University Press. New Haven and London. 61-69 p.
- Sklenar P., Ramsay P. (2001). Diversity of zonal paramo plant communities in Ecuador. *Diversity and Distributions* 7: 113-124 p.
- Schneider S. H., Root T. L. (2013). Climate change and ecology, synergism of. En Levine S. (ed.). *Encyclopedia of biodiversity*. Second ed. Academic Press, Amsterdam. 58-72 p.
- Schuur E. (2003). Productivity and global climate revisited: the sensitivity of tropical forest growth to precipitation. *Ecology* 84: 1165-1170 p.
- Sierra R., Campos E., Chamberlin J. (2002). Assessing biodiversity conservation priorities: ecosystem risk and representativeness in continental Ecuador. *Landscape and Urban Planning* 59: 95-110 p.
- Sierra 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 p.
- Stanhill G. (2001). The growth of climate change science: A scientometric study. *Climatic Change* 48: 515-524 p.
- Thuiller W., Albert C., Araujo M., Berry P., Cabeza M., Guisan A., Hickler T., Midgley G., Paterson J., Schurr F., Sykes M., Zimmermann N. (2008). Predicting global change impacts on plant species' distributions: Future challenges. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 9:137-152 p.

- Villota A., Behling H. (2014). Late glacial and holocene environmental change inferred from the páramo of Cajanuma in the Podocarpus National Park, southern Ecuador. *Caldasia* 36(2): 345-364 p.
- Zachos J., Pagani M., Sloan L., Thomas E., Billups K. (2001). Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to present. *Science* 292: 686-693p.
- Zachos J. C., Dickens G. R., Zeebe R. E. (2008). An early Cenozoic perspective on greenhouse warming and carbon-cycle dynamics. *Nature* 451: 279-283 p.







Estación climatológica en la parte alta de la microcuenca Mónica. Parque Nacional Podocarpus, Ecuador. Fotografía: Paúl Eguiguren



## Clima de la Región Sur el Ecuador: historia y tendencias

**Natalia Samaniego-Rojas<sup>1,2\*</sup>, Paul Eguiguren<sup>1,3</sup>, Juan Maita<sup>1,2,3</sup>,  
Nikolay Aguirre<sup>1,3</sup>**

<sup>1</sup>Programa de Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. Universidad Nacional de Loja. Ecuador

<sup>2</sup>Carrera en Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente. Universidad Nacional de Loja. Ecuador

<sup>3</sup>Carrera de Ingeniería Forestal. Universidad Nacional de Loja. Ecuador

\*Autor para correspondencia: natalia.samaniego@unl.edu.ec

### Introducción

El clima se constituye en el resultado de un proceso de complejas interacciones entre diversos factores (astronómicos, geográficos, meteorológicos), que a su vez inciden sobre los procesos ecológicos, económicos y socioproductivos a nivel del planeta. En el contexto ecológico, Smith y Smith (2012), sugieren que los ecosistemas son una respuesta de las condiciones climáticas, en donde la precipitación (por ser la principal entrada de agua y activar los sistemas de ciclaje de nutrientes) y la temperatura (por el rol que desempeña en el intercambio de agua entre la atmósfera y la superficie terrestre), gobiernan a gran escala la distribución de plantas y especies animales.

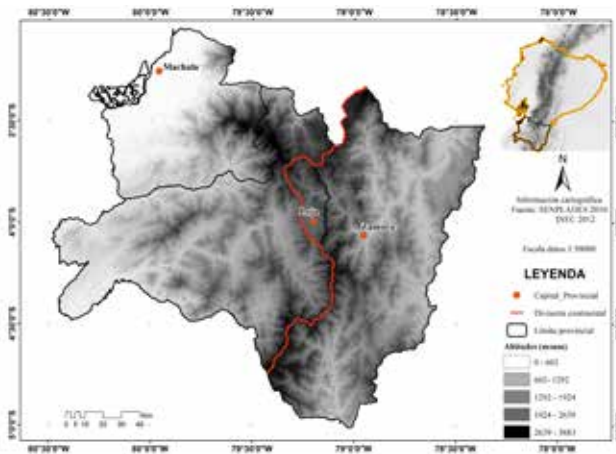
El Ecuador por su ubicación geográfica (1°20'N y 5°S) presenta diversos tipos de climas y microclimas que generan zonas con altos niveles de biodiversidad. En el sur del Ecuador, la Zona de Planificación Siete (ZP7); se caracteriza por su gran diversidad climática, biológica y multiétnica, aquí los ecosistemas son fuertemente afectados por las variaciones interanuales del clima (Rollenbeck *et al.* 2006), así como también por efecto de elementos topográficos. Esta región presenta algunas particularidades a nivel de su topografía, pues la cordillera de los Andes sufre una caída altitudinal extrema que se conoce como Depresión de Huancabamba (Maldonado *et al.* 2005, Emck 2007, Rollenbeck *et al.* 2011), la misma que se constituye en una barrera climática que incide sobre las tres grandes regiones naturales presentes en esta zona: la región Anteandina, Costa o Litoral; la región Andina o Sierra y la región Trasandina o Amazónica, que poseen regímenes de temperatura, y lluvia muy variados con totales pluviométricos anuales que fluctúan entre 100 y 6000 mm (Pourrut 1983, Maldonado *et al.* 2005, Trachte y Bendix 2014).

En este apartado se realiza una revisión general y análisis de los principales factores climáticos que inciden sobre la Región Sur del Ecuador, así como los patrones característicos de las zonas naturales de esta región y las tendencias futuras a nivel de precipitación y temperatura.

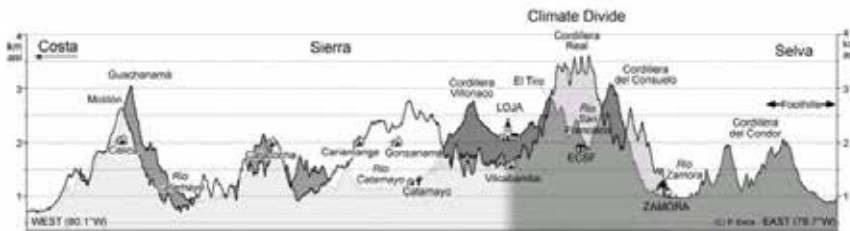
### Factores que inciden en el clima de la Región Sur del Ecuador

La Región Sur del Ecuador (RSE), conformada por las provincias de Loja, El Oro y Zamora Chinchipe (Figura 1), abarca el 11% del territorio nacional (SENPLADES 2009). En esta zona, los factores que determinan el clima y sus variaciones se corresponden con aquellos que afectan al resto país (Maldonado *et al.* 2005), fundamentalmente factores geográficos y meteorológicos, entre los que se destacan: latitud, orografía (conjunto relieve-altitud) y la presencia de Océano Pacífico (Pourrut 1983, Maldonado 2002).

a.



b.



**Figura 1.** a) Ubicación geográfica de la Región Sur del Ecuador o ZP7 y b) perfil transversal que se distribuye de Oeste a Este entre las coordenadas ~80 °W a 78,8 °W.

**Fuente:** Emck, 2007; SNI, 2013.

Por la ubicación geográfica del país, la latitud juega un papel muy importante en la cantidad de radiación solar que recibe el territorio ecuatoriano durante todo el año (Maldonado 2002, Oliver 2005, Smith y Smith 2012). En esta región existe una marcada influencia de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), en donde los vientos alisios que provienen de los cinturones de altas presiones subtropicales de los hemisferios Norte y Sur ( $30^{\circ}\text{N}$  y  $30^{\circ}\text{S}$ ), convergen cerca del Ecuador y forman una banda discontinua en donde generan procesos convectivos a escala diurna (Galvin 2008, Garreaud *et al.* 2009, Saavedra *et al.* 2011). El movimiento estacional de esta franja determina la entrada de masas de aire con diferentes condiciones de humedad y temperatura procedentes de los dos hemisferios (Figura 2b). Por tanto, cuando la ZCIT se ubica en el Hemisferio Sur ( $\sim 5^{\circ}\text{S}$ ), durante los meses de octubre a diciembre, Ecuador y sus regiones se encuentran influenciados por masas de aire caliente y húmedo que aumentan los niveles de nubosidad tipo cúmulos y lluvias (Rossel y Cadier 2009), mientras que al ubicarse en el hemisferio contrario durante los meses de julio a agosto, masas de aire frío y secos predominan en el territorio (Pourrut *et al.* 1995, Maldonado *et al.* 2005). Así durante este periodo el Litoral y la Sierra se encuentran en la estación seca mientras que la Amazonía presenta lluvias considerables.

Otro factor importante es el complejo relieve–altitud dominado por la Cordillera de los Andes. Regionalmente, esta estructura montañosa se constituye en una interface entre los sistemas de alta presión que actúan a escala planetaria: el Anticiclón del Atlántico Sur y Anticiclón del Pacífico Sur (ver figura 2a), que inciden sobre los patrones de vientos que llegan a Ecuador (Emck 2007). Localmente esta barrera topográfica divide y aísla las masas de aire que provienen de los dos lados de la cordillera (Neill y Jorgensen 1999, Garreaud *et al.* 2009), separando la humedad que se origina en la Cuenca Amazónica y del Atlántico Tropical, de las zonas secas áridas y semiáridas de la Costa o Litoral (Vuille *et al.* 2000).

Aunque en la Región Sur del Ecuador, la configuración de la Cordillera de los Andes difiere drásticamente en su estructura, ésta aún mantiene su condición de “barrera climática”. En esta zona conocida como los Andes Bajos o “Depresión de Huancabamba” (Maldonado *et al.* 2005, Emck 2007, Rollenbeck *et al.* 2011) se exhibe la sección transversal más estrecha, intrincada y baja de toda la cordillera, en donde se pierde la

individualidad del ramal occidental y existe el predominio de la Cordillera Oriental o Cordillera Real (Aspden y Litherland 1992), aquí, las aristas de la Cordillera Real y los nudos de Guagrahuma-Acacana y Cajanuma constituyen las divisorias continentales (Maldonado 2002), en donde la principal particularidad climática está asociada al fuerte gradiente de temperatura y de precipitación que se da en distancias relativamente cortas; lo cual incide directamente sobre la estructura y diversidad de ecosistemas (Richter y Moreira-Muñoz 2005, Buytaert *et al.* 2006, Rollenbeck y Bendix 2011, Pineda *et al.* 2013).

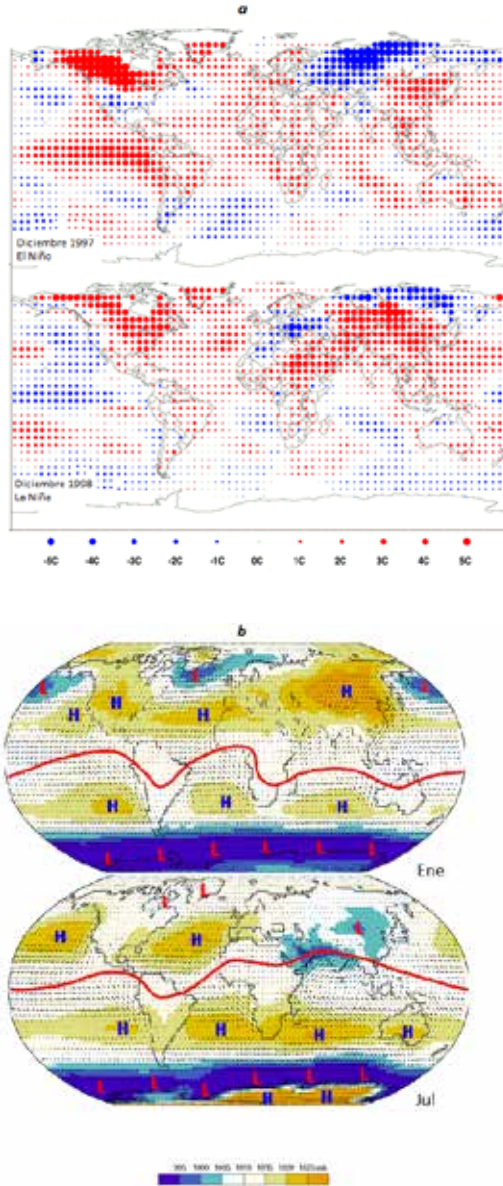
Debido al componente orográfico de esta región, la mayor cantidad de lluvia es precipitada permanente en el flanco oriental de la cadena montañosa (Richter y Moreira-Muñoz 2005, Rollenbeck y Bendix 2011), no obstante existen pasos bajos de la cordillera, como El Tiro a 2750 msnm (Emck 2007), que permiten que las corrientes de vientos amazónicos, influenciados por los alisios tropicales, sobrepasen el sistema de montañas ocasionando vientos fuertes descendentes que a su vez provocan que muchos valles interandinos queden en una posición de sotavento ocasionando sitios muy secos como Catamayo (Richter y Moreira-Muñoz 2005, Garreaud *et al.* 2009, Rollenbeck y Bendix 2011). En la vertiente occidental, el sistema de vientos es diferente al descrito anteriormente, éstos se encuentran influenciados por los alisios del sudeste del Pacífico, que, conjuntamente con los vientos bajos de las cordilleras del Litoral generan una capa de inversión térmica entre los 1200 y 2400 msnm originando la formación de neblinas orográficas, tal como sucede en Celica (Richter y Moreira-Muñoz 2005, Emck 2007).

Otro de los factores determinantes de la diversidad climática, es la proximidad al Océano Pacífico. La corriente fría de Humboldt, que desplaza aguas subantárticas hacia el ecuador (Sepulchre *et al.* 2009), y la corriente cálida Ecuatorial que fluye hacia el sur del continente, inciden notablemente en la distribución de lluvias tanto en las zonas costeras de Ecuador como de Perú (Tarras-Wahlberg *et al.* 2006). Así también, complejas interacciones entre océano – atmósfera ocasionan que, en periodos comprendidos entre 2 – 7 años se desencadene uno de los fenómenos climáticos de mayor importancia a nivel planetario: El Niño Oscilación del Sur (ENOS) (Vuille *et al.* 2000, Maturana *et al.* 2004, Kayano y Andreoli 2007, Rossel y Cadier 2009). Este fenómeno

presenta dos componentes: uno atmosférico (Oscilación del Sur) y otro oceánico (El Niño “EN” y La Niña “LN”). El evento “EN”, se caracteriza por el debilitamiento de los vientos alisios y el calentamiento de la superficie del mar entre 1 o 2 °C sobre la media registrada en la zona del Pacífico Ecuatorial, aunque existen casos extraordinarios en los cuales las anomalías pueden superar los 3 – 4 °C tal como se observa en la Figura 2a (McPhaden 2002, Waylen y Poveda 2002).

Para la región se ha identificado que, frente a anomalías positivas de las Temperatura Superficial del Mar (TSM), que son generalmente una característica de eventos EN, las condiciones atmosféricas cambian drásticamente, iniciando fuertes procesos convectivos asociados a lluvias intensas (Tarras-Wahlberg *et al.* 2006), las mismas que se concentran en las planicies costeras hasta una altitud aproximada de 1 800 msnm del flanco occidental (Bendix & Bendix, 2006). Mientras que, en los valles interandinos la señal del EN es variable de evento a evento (Rossel 1997). La estructura de la cordillera disipa la señal del fenómeno, modulando la circulación atmosférica que inhibe la convección sobre las zonas de montaña (Recalde-Coronel *et al.* 2014) ocasionando periodos de menor humedad, principalmente entre enero y abril. El efecto contrario se registra durante los eventos “LN”, periodos en los cuales los vientos alisios son más intensos de lo normal y la TSM anormalmente fría, lo cual genera épocas secas en el Litoral y un aumento de lluvias en la parte Andina (Bendix *et al.* 2011, Recalde-Coronel *et al.* 2014).





**Figura 2.** a) Anomalías de temperatura superficial del océano durante eventos El Niño/La Niña del año 97-98, b) La línea roja indica el proceso de migración estacional de la ZCIT en enero y julio, L: centros de baja presión y H: centros de alta presión. En el continente sudamericano, el centro de alta presión que se ubica a la derecha se denomina: Anticiclón del Atlántico Sur, mientras que el centro de alta presión ubicado a la izquierda del continente se denomina: Anticiclón del Pacífico Sur.

**Fuente:** NOAA, 2015; NCEP/NCAR Reanalysis Project, 1959-1997 Climatologies

## Clima de la región sur del Ecuador

De acuerdo a la clasificación de Pourrut *et al.* (1995) la Región Sur del Ecuador presenta de manera general tres tipos de climas: a) Clima megatérmico seco a semihúmedo, b) Clima ecuatorial mesotérmico semihúmedo a húmedo y c) Clima tropical megatérmico muy húmedo.

El primer tipo de clima es característico de la parte occidental del Litoral y la parte sur occidental de la zona Andina (Zapotillo, Macará, parte baja de Puyango, Pindal). Presenta una estación seca y una estación húmeda bien definidas, con temperaturas anuales promedio superiores a los 22 °C y los niveles de precipitación generalmente entre 500 – 1000 mm. (Pourrut *et al.* 1995, Bendix *et al.* 2008a). El periodo de lluvias en condiciones normales, concentra entre el 70 – 90% del total de las precipitaciones anuales (ver Figura 3, sitios referenciales Zapotillo y Saucillo-Alamor), esto ocurre durante los meses de diciembre a mayo (Gondard 1983, Cedeño y Cornejo 2006, Rossel y Cadier 2009); con claras excepciones que están ligadas a los periodos de “El Niño (EN)”, en donde la cantidad de lluvia precipitada suele ser significativamente superior a la media normal, principalmente en años catalogados como “Súper Niño” p.ej. 1983, 1997/98 (Bendix *et al.* 2003, Takahashi 2004). Asimismo, se ha identificado que durante estos eventos, la estación de lluvias inicia más temprano de lo normal y su duración puede extenderse uno o dos meses adicionales (Cedeño y Cornejo-Rodríguez 2006), generando impactos, que van desde inundaciones, deslizamientos (Bendix *et al.* 2003) hasta incrementos en la producción primaria con efectos sobre la estructura y funcionamiento de los ecosistemas áridos y semiáridos (Tote *et al.* 2011, Pucha-Cofrep *et al.* 2015), que se ubican en las llanuras costeras y flancos occidentales de la cordillera (Emck 2007, UNESCO 2010).

El segundo tipo de clima que se destaca en esta región del Ecuador es el clima ecuatorial mesotérmico semihúmedo a húmedo, éste predomina en gran parte de la zona Andina, a excepción de las vertientes de sotavento (Malacatos, Catamayo, etc.). En general, este tipo de clima se caracteriza por presentar inviernos relativamente secos (Kottek *et al.* 2006), debido a la pérdida de humedad que sufren las masas de aire al chocar en los flancos de la cordillera (Vuille *et al.* 2000b), las precipitaciones anuales promedio varían de 600 a 2000 mm no obstante en las partes más altas de la cordillera se han registrado valores de hasta 6700 mm.a-1 (Bendix *et al.* 2008a), las

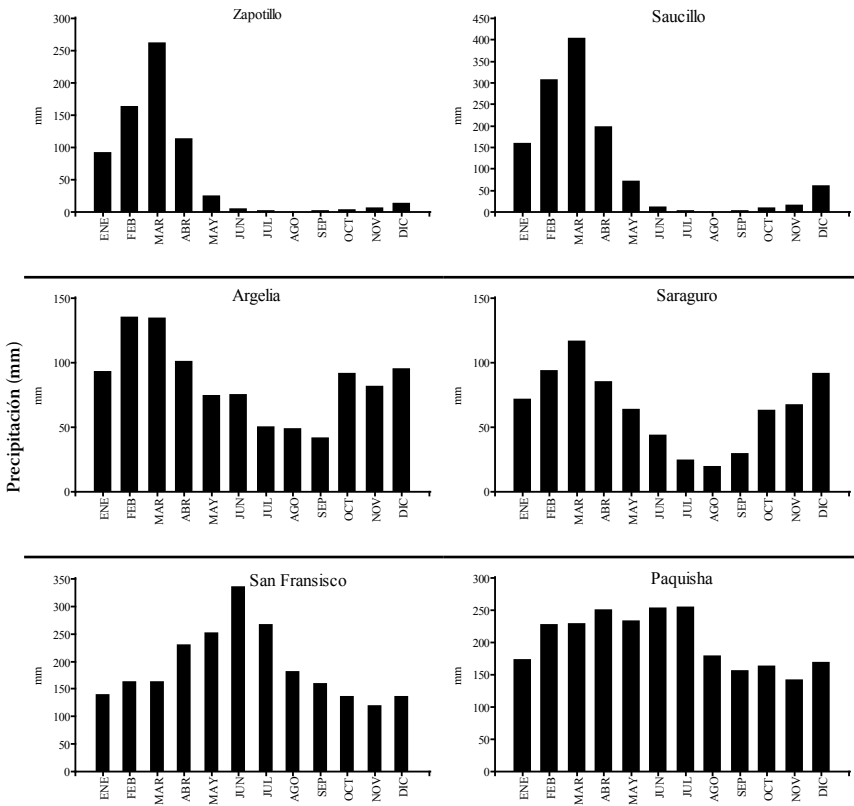
temperaturas fluctúan entre los 12 – 22 °C y los niveles de humedad relativa varían entre 65 – 85%, estas diferencias están en función de la topografía local: exposición y altura (Pourrut *et al.* 1995, Bendix *et al.* 2013, Fries *et al.* 2014). Además es común encontrar grandes diferencias climáticas asociadas al fuerte gradiente altitudinal; por ejemplo, las partes altas de la cordillera, como Cajanuma, Cerro Toledo, son extremadamente húmedos durante todo el año, esta condición está asociada a la alta frecuencia de nubosidad (superior al 80%) así como a los fuertes vientos que inciden sobre las tasas de condensación, principalmente durante la época de junio – agosto (Bendix *et al.* 2008b), aquí el gradiente térmico está en razón de 0,5 °C/100 m; mientras que, para los valles comprendidos entre Catamayo y Cariamanga los niveles de nubosidad y lluvia disminuyen considerablemente (Bendix *et al.* 2004), y en donde típicamente la tasa de cambio de temperatura es de 0,71 °C/100 m (Richter y Moreira-Muñoz 2005).

Contrariamente a la temperatura, la precipitación no sigue un patrón lineal sino que este parámetro está influenciado por la configuración del relieve y el efecto de los sistemas de circulación local, lo cual determina su alta variabilidad temporal y espacial (Buytaert *et al.* 2010, Rollenbeck *et al.* 2011, Trachte y Bendix 2014). No obstante, en la zona, de manera general se ha identificado un ciclo anual de lluvias que presenta un patrón estacional típico de las zonas interandinas con concentración de precipitaciones entre los meses de diciembre – mayo y octubre – noviembre y una disminución de lluvias a finales de noviembre por efecto del “Veranillo del Niño” que dura entre dos y tres semanas (Emck 2007, Bendix *et al.* 2008b). Este patrón bimodal, está supeditado a la influencia alternada de masas de aire de origen oceánico y amazónico que confluyen en este sector. Por otra parte, Rollenbeck *et al.* (2006), Emck (2007), establecen que el régimen de lluvias en sectores circundantes a la divisoria climática es levemente diferente, con presencia de lluvias y lloviznas durante los meses de julio, agosto y septiembre (ver Figura 3, sitios Argelia y Saraguro). Aquí, los eventos EN y LN tienen menor incidencia que en la Costa o Litoral y aunque no existe una tendencia marcada, se ha identificado que durante eventos EN normales y moderados, existe una disminución de precipitaciones en la época lluviosa mientras que eventos LN ocasionan un efecto contrario (Bendix *et al.* 2011).

Finalmente, el tercer tipo de clima corresponde al clima tropical megatérmico muy húmedo, que se concentra espacialmente en la provincia de Zamora Chinchipe. Esta zona mantiene un intercambio de masas de

aire a nivel planetario influenciada por los vientos alisios. La provisión de agua procede en un 50% desde el Atlántico gracias al sistema Intertropical de Circulación de la Atmósfera y el 50% restante se debe a procesos de evapotranspiración local (Phillips *et al.* 2009). Las precipitaciones de tipo atmosférica son abundantes, frecuentes e intensas, pues sobre las llanuras amazónicas se conforman masas de aire caliente con una notable humedad (90% según Pourrut *et al.* 1995), procedente de la evaporación de la densa cobertura boscosa, estas masas producen importantes precipitaciones tanto en las planicies amazónicas como a lo largo de toda la ladera oriental de la Cordillera Real, las mismas que en ocasiones invaden la zona interandina.

Este tipo de clima, se caracteriza por presentar temperaturas sobre los 22 °C, la humedad y precipitaciones son elementos que se mantienen relativamente constantes durante todo el año sin gran diferenciación entre estación seca y lluviosa, pero con un relativo aumento de lluvias en abril debido al movimiento de la ZCIT (Rollenbeck *et al.* 2006, Fries *et al.* 2014). En los flancos orientales, las precipitaciones se concentran en los meses de mayo a septiembre y existe una estación relativamente seca entre noviembre y febrero (Emck 2007, Fries *et al.* 2014). Los promedios anuales varían entre 3000 mm en las regiones próximas a la cordillera y entre 2500 – 3000 en las zonas más orientales (MAE 2012). No obstante pese a estas características, se han detectado eventos de disminuciones drásticas en las precipitaciones, eventos que han sido documentados por Marengo *et al.* (2008).



**Figura 3.** Promedios mensuales multianuales (2000 – 2014) para 6 sitios referenciales de la Región Sur del Ecuador: Zapotillo (223 msnm), Saucillo-Alamor (328 msnm), Argelia (2160 msnm), Saraguro (2525 msnm), San Francisco (1620 msnm) y Paquisha (650 msnm).

**Fuente:** INAMHI.

### Tendencias del clima en la Región Sur del Ecuador

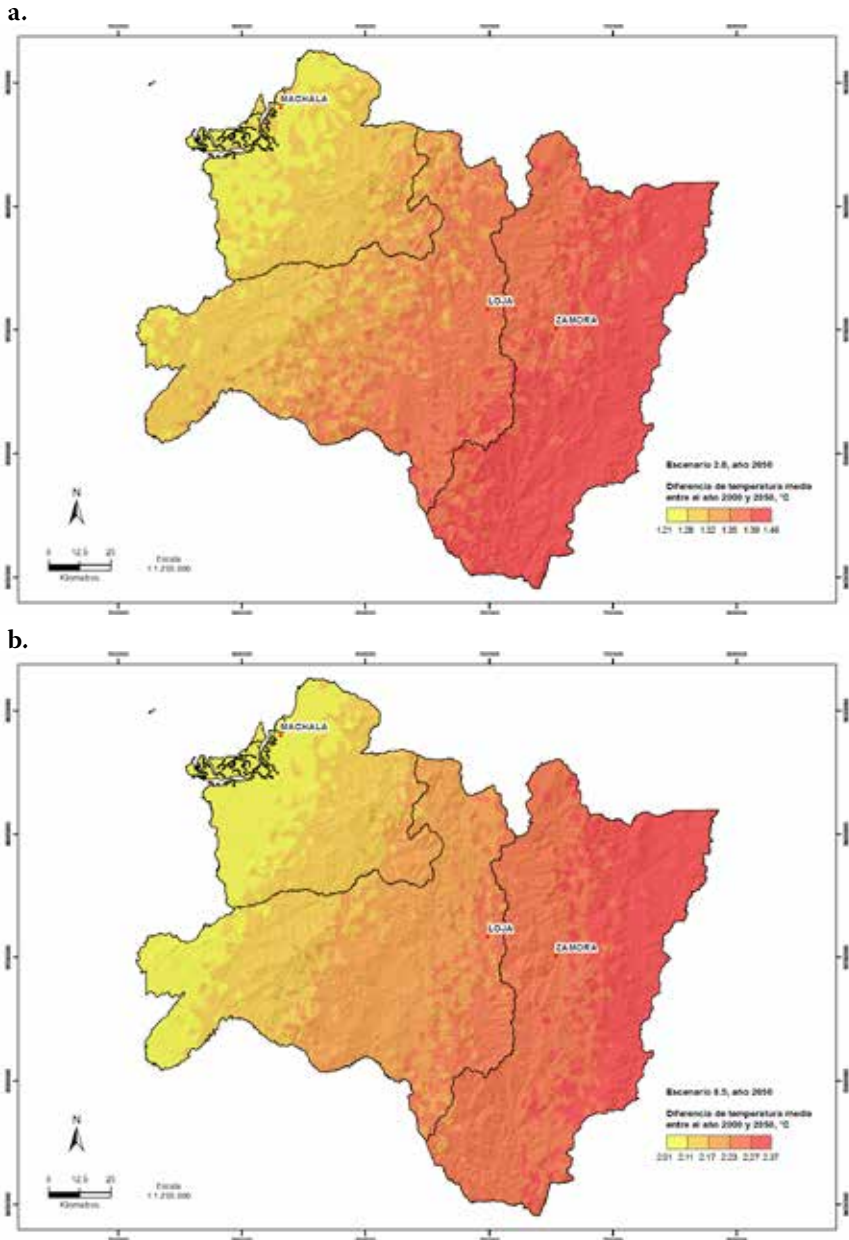
Investigaciones de cambio climático, describen la estrecha relación que existe entre las actividades antrópicas y las anomalías en los patrones de precipitaciones y temperaturas (Moss *et al.* 2010, IPCC 2014). Las tendencias regionales indican un cambio intenso de temperatura tanto en función del gradiente altitudinal como de la exposición de las laderas, por lo cual se espera que los impactos más fuertes se localicen en la zona andina, a diferencia de las zonas bajas (Urrutia y Vuille 2009).

Buytaert *et al.* (2011), Florian *et al.* (2013), establecen que, en el caso de las precipitaciones, los modelos determinan una mayor variabilidad y afectación en la estacionalidad, lo que teóricamente resultaría en estaciones

secas más largas y/o fuertes, así como mayor frecuencia de condiciones extremas. No obstante, estos cambios son mucho más difíciles de detectar debido a la variabilidad intrínseca de las precipitaciones, principalmente en las zonas montañosas (Bookhagen y Strecker 2008).

Para la región sur, los modelos indican diferencias sustanciales en función de la zona y por efecto de la escala de análisis, así por ejemplo, las investigaciones en la Estación San Francisco, ubicada en el flanco oriental de la Cordillera Real, determinan que la temperatura presenta una tendencia de incremento de 0,22 °C por década desde el año 1948, mientras que, localmente los datos indicaron una tendencia de enfriamiento que podría responder al aumento de los rangos de temperatura diaria, con mínimos más bajos y máximos más altos (Breuer *et al.* 2013). Mientras que, Oñate-Valdivieso y Bosque Sendra (2011), determinaron que en la zona correspondiente a la cuenca Catamayo Chira (sector occidental de la Cordillera Real) el 94% de las estaciones evaluadas, presentan un incremento de temperatura que va desde 0,1 y 2,4 °C. De la misma manera Aguirre *et al.* (2015), indican un aumento de temperatura a nivel de toda la región sur del Ecuador. Bajo un escenario optimista (RCP 2,6) se prevé un aumento entre 1,21 y 1,46 °C, mientras que un escenario pesimista (RCP 8,5) se estima un aumento entre 2,01 – 2,37 °C.

En el caso de las precipitaciones, las tendencias no están claramente definidas, por ejemplo, para San Francisco, se ha evidenciado una disminución de lluvias que puede causar cambios en la frecuencia e intensidad, mientras que, para el sector occidental, las anomalías pueden llegar a tener incrementos de hasta 127,4 % en sectores que están por debajo de los 600 msnm, sin tener en cuenta eventos ENOS, y una tendencia contraria (7 – 35,5% de incremento) para las localidades sobre esta cota altitudinal (Oñate-Valdivieso y Bosque Sendra 2011, Breuer *et al.* 2013)



**Figura 5.** Anomalías climáticas en la Región Sur del Ecuador bajo escenarios Representative Concentration Pathways (RCP), a) anomalía de temperatura bajo escenario 2,6 y b) anomalía de temperatura bajo escenario 8,5.

**Fuente:** Aguirre *et al.* 2015.

Bajo este contexto, las repercusiones de estas anomalías climáticas, se conectan e impactan directamente sobre los ecosistemas y su funcionamiento. Pues considerando que existe una compleja interacción entre organismos vivos y su medio abiótico, éste último componente determina la calidad y cantidad de los servicios que cada ecosistema puede proveer (Mace *et al.* 2012).

Florian *et al.* (2013), Breuer *et al.* (2013), Buytaert y Bievre (2012), sostienen que existen procesos ecosistémicos críticos que se verán fuertemente afectados por cambios en los patrones del clima, tales como, la descomposición de materia orgánica, la misma que interviene en el ciclaje de nutrientes y es vital para el mantenimiento de la productividad de los ecosistemas; asimismo, exponen que la provisión de agua al ser un factor primordial en el desarrollo tanto de los ecosistemas como de las comunidades humanas, se convierte en un elemento estratégico pero de alta vulnerabilidad, pues los cambios en los patrones de lluvia afectarán la disponibilidad de agua. Asimismo, García *et al.* (2014), mencionan que los cambios en la distribución regional de los climas pueden impactar negativamente los hábitats de especies con distribuciones restringidas, en donde según, Thuiller (2007), únicamente las especies que tengan la habilidad o capacidad de modificar su fenología, migrar a diferentes altitudes o cambiar su comportamiento estacional, podrán adaptarse exitosamente a un clima que se prevé tiende a cambiar en proporciones exorbitantes.

### **Literatura citada**

- Aspden J. A., M. Litherland. (1992). The geology and Mesozoic collisional history of the Cordillera Real, Ecuador. *Tectonophysics* 205: 187-204 p.
- Aguirre N., P. Eguiguren, J. Maita, V. Coronel, N. Samaniego, T. Ojeda-Luna, Z. Aguirre-Mendoza. (2015). Vulnerabilidad al cambio climático en la región sur del Ecuador: Potenciales impactos en los ecosistemas, producción de biomasa y producción hídrica. Universidad Nacional de Loja y Servicio Forestal de los Estados Unidos. Loja, Ecuador. 150 p.
- Bendix A., J. Bendix. (2006). Heavy rainfall episodes in Ecuador during El Niño events and associated regional atmospheric circulation and SST patterns. *Advances in Geosciences* 6: 43-49 p.



- Bendix J., E. Beck, A. Brauning, F. Makenschin, R. Mosandl, S. Scheu, W. Wilcke. (eds.). (2013). *Climate change: Effects on biodiversity and ecosystem functioning*. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Bendix J., S. Gammerler, C. Reudenbach, A. Bendix. (2003). A case study on rainfall dynamics during El Niño/La Niña 1997/99 in Ecuador and surrounding areas as inferred from GOES-8 and TRMM-PR observations. *Erdkunde*: 81-93 p.
- Bendix J., R. Rollenbeck, D. Göttlicher, T. Naub, P. Fabian. (2008a). Seasonality and diurnal pattern of very low clouds in a deeply incised valley of the eastern tropical Andes (South Ecuador) as observed by a cost/effective WebCam system. *Meteorological Applications* 15: 103-114 p.
- Bendix, J., R. Rollenbeck, W. E. Palacios. (2004). Cloud detection in the Tropics--a suitable tool for climate-ecological studies in the high mountains of Ecuador. *International Journal of Remote Sensing* 25:4521-4540.
- Bendix J., R. Rollenbeck, M. Richter, P. Fabian, P. Emck. (2008b). *Climate*. En: Beck E., Bendix J., Kottke I., Makeschin F., Mosandl R. (eds.). *Gradients in a tropical mountain ecosystem of Ecuador*. Ecological Studies. Berlin, Al. 63-73 p.
- Bendix J., K. Trachte, E. Palacios, R. Rollenbeck, D. Göttlicher, T. Naus, A. Bendix. (2011). El Niño meets La Niña-anomalous rainfall patterns in the "traditional" El Niño region of Southern Ecuador. *Erdkunde* 65: 151-167 p.
- Bookhagen B., M. R. Strecker. (2008). Orographic barriers, high-resolution TRMM rainfall, and relief variations along the eastern Andes. *Geophysical Research Letters* 35: 1-6 p.
- Breuer, L., J. Exbraray, I. Plesca, W. Buytaert, T. Ehmann, T. Peters, E. Timbe, K. Trachte, D. Windhosrt. (2013). Global climate change impacts on local climate and hydrology. En J. Bendix, E. Beck, A. Brauning, F. Makeschin, R. Mosandl, S. Scheu, W. Wilcke, (eds.). *Ecosystem services, biodiversity and environmental change in a tropical mountain ecosystem of south Ecuador*. Springer, Berlin, Heidelberg. 434 p.

- Buytaert, W., B. De Bièvre. (2012). Water for cities: The impact of climate change and demographic growth in the tropical Andes. *Water Resources Research* 48: 1-13 p.
- Buytaert, W., R. Celleri, P. Willems, B. De Bièvre, G. Wyseure. (2006). Spatial and temporal rainfall variability in mountainous areas: A case study from the south Ecuadorian Andes. *Journal of Hydrology* 329: 413-421 p.
- Buytaert, W., F. Cuesta-Camacho, C. Tobón. (2011). Potential impacts of climate change on the environmental services of humid tropical alpine regions. *Global Ecology and Biogeography* 20: 19-33 p.
- Buytaert, W., M. Vuille, A. Dewulf, R. Urrutia, a. Karmalkar, R. Celleri. (2010). Uncertainties in climate change projections and regional downscaling in the tropical Andes: Implications for water resources management. *Hydrology and Earth System Sciences* 14: 1247-1258 p.
- Cedeño, J., M. P. Cornejo-Rodríguez. (2006). Diagnóstico de probabilidades de lluvia asociados a eventos del ciclo ENOS en la costa del Ecuador. Page 8 *Climate variability and change-hydrological impacts*. Habana.
- Emck, P. (2007). A climatology of South Ecuador - whit special focus on the major andean ridge as atlantic-pacific climate divide. Universität Erlangen, Nürnberg.
- Florian, W., N. Jantz, V. Krashevskaja, T. Peters, H. Behling, M. Maraun, S. Scheu, G. Brehm. (2013). Climate change: effects on biodiversity and ecosystem functioning. En: J. Bendix, E. Beck, A. Brauning, F. Makeschin, R. Mosandl, S. Scheu, and W. Wilcke (eds.). *Ecosystem services, biodiversity and environmental change in a tropical mountain ecosystem of south Ecuador*. Berlin, Heidelberg. 434 p.
- Fries, A., R. Rollenbeck, F. Bayer, V. Gonzalez, F. Oñate-Valivieso, T. Peters, J. Bendix. (2014). Catchment precipitation processes in the San Francisco valley in southern Ecuador: combined approach using high-resolution radar images and in situ observations. *Meteorology and Atmospheric Physics*:13-29 p.

- Galvin, J. F. P. (2008). The weather and climate of the tropics part 3 - Synoptic-scale weather systems. *Weather* 63: 16-22 p.
- Garcia, R. A., M. Cabeza, C. Rahbek, and M. B. Araujo. (2014). Multiple dimensions of climate change and their implications for biodiversity. *Science* 344: 486-496 p.
- Garreaud, R. D., M. Vuille, R. Compagnucci, J. Marengo. (2009). Present-day South American climate. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 281: 180-195 p.
- Gondard, P. (1983). Ritmos pluviométricos y contrastes climáticos en la provincia de Loja. *Cultura: Revista del Banco Central del Ecuador* 5: 39-54 p.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2014). Climate change 2014 synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland.
- Kayano, M., R. Andreoli. (2007). Relation of South American summer rainfall interannual variations with the Pacific Decadal Oscillation. *International Journal of Climatology* 27: 531-540 p.
- Kottek, M., J. Grieser, C. Beck, B. Rudolf, F. Rubel. (2006). World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift* 15: 259-263 p.
- Mace, G. M., K. Norris, A. H. Fitter. (2012). Biodiversity and ecosystem services: A multilayered relationship. *Trends in Ecology and Evolution* 27: 19-25 p.
- MAE. (2012). Línea Base de Deforestación del Ecuador Continental, Quito-Ecuador. 30 p.
- Maldonado, N. (2002). Clima y vegetación de la región sur del Ecuador. En: Z. Aguirre, J. Madsen, E. Cotton, H. Balslev (eds.). *Botánica Austroecuatorial: Estudios sobre los recursos vegetales en las provincias de El Oro, Loja y Zamora- Chinchipe*. ABYA AYALA, Quito, Ecuador. 484 p.

- Maldonado, N., F. Vivar, J. Velez. (2005). Escenario natural de la cultura de Loja. Esbozo de geografía física y humana. Loja.
- Marengo, J. A., C. A. Nobre, J. Tomasella, M. D. Oyama, G. S. de Oliveira, R. de Oliveira, H. Camargo, L. M. Alves, I. F. Brown. (2008). The drought of Amazonia in 2005. *American Meteorological Society* 21: 495-516 p.
- Maturana, J., M. Bello, M. Manley. (2004). Antecedentes históricos y descripción del fenómeno El Niño, Oscilación del Sur. En: S. Avaria, J. Carrasco, J. Rutllant, E. Yáñez (eds.). *El Niño-La Niña 1997 - 2000. Sus efectos en Chile*. Valparaiso. 13-27 p.
- McPhaden, M. J. (2002). El Niño and La Niña: Causes and Global Consequences. (M. C. Maccracken, J. S. Perry, Eds.) *Encyclopedia of Global Environmental Change*.
- Moss, R. H., J. A Edmonds, K. a Hibbard, M. R. Manning, S. K. Rose, D. P. van Vuuren, T. R. Carter, S. Emori, M. Kainuma, T. Kram, G. a Meehl, J. F. B. Mitchell, N. Nakicenovic, K. Riahi, S. J. Smith, R. J. Stouffer, A. M. Thomson, J. P. Weyant, T. J. Wilbanks. (2010). The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature* 463: 747-756 p.
- Neill, D., P. Jorgensen. (1999). [www.mobot.org](http://www.mobot.org). En: J. P and S. León-Yáñez, editors. *Catalogue of the vascular plants of Ecuador*. 8-13 p.
- NOAA. (2015). Global temperature and precipitation maps. <http://www.ncdc.noaa.gov/temp-and-precip/global-maps/>.
- Oliver, J. (ed). (2005). *Encyclopedia of world climatology. The effects of brief mindfulness intervention on acute pain experience: An examination of individual difference*. Springer, New York.
- Oñate-Valdivieso, F., J. Bosque Sendra. (2011). Estudio de tendencias climáticas y generación de escenarios regionales de cambio climático en una cuenca hidrográfica binacional en América del Sur. *Estudios Geográficos* 72: 147-172 p.
- Phillips, O. L., L. E. O. C. Aragão, S. L. Lewis, J. B. Fisher, J. Lloyd, G. López-González, Y. Malhi, A. Monteagudo, J. Peacock, C. a Quesada, G. van der Heijden, S. Almeida, I. Amaral, L. Arroyo, G. Aymard, T. R. Baker,

- O. Bánki, L. Blanc, D. Bonal, P. Brando, J. Chave, A. C. A. de Oliveira, N. D. Cardozo, C. I. Czimczik, T. R. Feldpausch, M. A. Freitas, E. Gloor, N. Higuchi, E. Jiménez, G. Lloyd, P. Meir, C. Mendoza, A. Morel, D. a Neill, D. Nepstad, S. Patiño, M. C. Peñuela, A. Prieto, F. Ramírez, M. Schwarz, J. Silva, M. Silveira, A. S. Thomas, H. Ter Steege, J. Stropp, R. Vásquez, P. Zelazowski, E. Alvarez Dávila, S. Andelman, A. Andrade, K. Chao, T. Erwin, A. Di Fiore, E. Honorio C, H. Keeling, T. J. Killeen, W. F. Laurance, A. Peña Cruz, N. C. a Pitman, P. Núñez Vargas, H. Ramírez-Angulo, A. Rudas, R. Salamão, N. Silva, J. Terborgh, A. Torres-Lezama, G. Van Der Heijden, Á. Cristina, A. De Oliveira, E. A. Dávila, A. Di Fiore, E. H. C, A. P. Cruz, P. N. Vargas. (2009). Drought sensitivity of the Amazon Rainforest. *Science* 323: 1344-1347 p.
- Pineda, L., V. Ntegeka, P. Willems. (2013). Rainfall variability related to sea surface temperature anomalies in a Pacific–Andean basin into Ecuador and Peru. *Advances in Geosciences* 33: 53–62 p.
- Pourrut, P. (1983). Los climas del Ecuador: fundamentos explicativos. Quito.
- Pourrut, P., O. Róvere, I. Romo, H. Villacrés. (1995). Clima del Ecuador. En: P. Pourrut, editor. *El agua en el Ecuador. Clima, precipitaciones, escorrentía*. Quito. 13-26 p.
- Pucha-Cofrep, D., T. Peters, A. Bräuning. (2015). Wet season precipitation during the past century reconstructed from tree-rings of a tropical dry forest in Southern Ecuador. *Global and Planetary Change* 133: 65-78 p.
- Recalde-Coronel, G., A. G. Barnston, Á. G. Muñoz. (2014). Predictability of december-april rainfall in coastal and Andean Ecuador. *Journal of Applied Meteorology and Climatology* 53: 1471-1493 p.
- Richter, M., A. Moreira-Muñoz. (2005). Heterogeneidad climática y diversidad de la vegetación en el sur de Ecuador: un método de fitoindicación. *Revista Peruana de Biología* 12: 217-238 p.
- Rollenbeck, R., J. Bendix. (2011). Rainfall distribution in the Andes of southern Ecuador derived from blending weather radar data and meteorological field observations. *Atmospheric Research* 99: 277-289 p.

- Rollenbeck, R., J. Bendix, P. Fabian. (2011). Spatial and temporal dynamics of atmospheric water inputs in tropical mountain forests of South Ecuador. *Hydrological Processes* 25: 344-352 p.
- Rollenbeck, R., P. Fabian, J. Bendix. (2006). Precipitation dynamics and chemical properties in tropical mountain forests of Ecuador. *Advances in Geosciences* 6: 73-76 p.
- Rossel, F. (1997). Influencia de El Niño sobre los regímenes hidroluviométricos del Ecuador. Ecuador.
- Rossel, F., E. Cadier. (2009). El Niño and prediction of anomalous montly rainfalls in Ecuador. *Hydrologycal process* 23: 3253-3260 p.
- Saavedra, M., M. Calvo, C. Jiménez. (2011). Caracterización climática de la circulación atmosférica en América del Sur. *Revista de Investigación de Física* 14: 1-7 p.
- SENPLADES. (2009). Agenda zonal para el buen vivir. Propuestas de desarrollo y lineamientos para el ordenamiento territorial.
- Sepulchre, P., L. C. Sloan, M. Snyder, J. Fiechter. (2009). Impacts of andean uplift on the Humboldt current system: A climate model sensitivity study. *Paleoceanography* 24: 1-11 p.
- Smith, T., R. Smith. (2012). *Elements of ecology*. 8va. edition. Pearson Education.
- Takahashi, K. (2004). The atmospheric circulation associated with extreme rainfall events in Piura, Peru, during the 1997-1998 and 2002 El Niño events. *Annales Geophysicae* 22: 3917-3926 p.
- Tarras-Wahlberg, N., S. W. B. Caudwell, S. N. Lane. (2006). El Niño events, rainfall patterns and floods in the Puyango river basin, Southern Ecuador. *Revista Brasileira de Meteorologia* 21: 201-210 p.
- Thuiller, W. (2007). Climate change and the ecologist. *Nature* 448: 550-552 p.
- Tote, C., G. Govers, S. Van Kerckhoven, I. Filiberto, G. Verstraeten, H. Eerens. (2011). Effect of ENSO events on sediment production in a large coastal basin in northern Peru. *Earth Surface Processes and Landforms* 36: 1776-1788 p.

- Trachte, K., J. Bendix. (2014). High resolution precipitation climatology for the Andes of South Ecuador. *Geophysical Research Abstract* 16: 14041 p.
- UNESCO. (2010). *Atlas pluviométrico del Ecuador*. UNESCO, Quito.
- Urrutia, R., M. Vuille. (2009). Climate change projections for the tropical Andes using a regional climate model: Temperature and precipitation simulations for the end of the 21st century. *Journal of Geophysical Research* 114: 1-15 p.
- Vuille, M., R. Bradley, F. Keimig. (2000). Climate variability in the Andes of Ecuador and its relation to tropical Pacific and Atlantic sea surface temperature anomalies. *Journal of Climate* 13: 2520-2535 p.
- Waylen, P., G. Poveda. (2002). El Niño-Southern Oscillation and aspects of western South American hydro-climatology. *Hydrological Processes* 16: 1247-1260 p.



Zona Piloto de monitoreo de páramos de Cajanuma. Parque Nacional Podocarpus, Ecuador. Fotografía: David Veintimilla.





# Los páramos del Parque Nacional Podocarpus: una aproximación a su diversidad ecosistémica y florística.

Zhofre Aguirre-Mendoza<sup>1,3\*</sup>, Nikolay Aguirre<sup>1,2</sup>, Bolívar Merino<sup>3</sup>  
e Iliana Ochoa<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Carrera de Ingeniería Forestal. Universidad Nacional de Loja. Ecuador

<sup>2</sup>Programa de Investigación en Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos.  
Universidad Nacional de Loja. Ecuador

<sup>3</sup>Herbario Loja. Universidad Nacional de Loja. Ecuador

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

## Introducción

La palabra páramo tiene su origen del latín “*paramus*” que significa “lugar frío y desamparado”. Con base en ello, se puede definir al páramo como un ecosistema, un bioma, un paisaje, una zona de vida, un espacio de producción, que se encuentra entre el límite continuo del bosque y el de las nieves perpetuas en la zona neotropical (Hofstede *et al.*, 2003; Kappelle y Horn, 2005; Llambí *et al.*, 2012).

Los páramos de los Andes sólo se encuentran en cuatro países: Perú, Ecuador, Colombia y Venezuela. En las regiones neotropicales, el páramo está localizado entre el límite superior del bosque y la línea de nieve perpetua, conformado por vegetación herbácea con predominio de poáceas (Luteyn, 1999). En Suramérica los páramos se extienden desde el norte de Perú hasta Venezuela. Otros ecosistemas alpinos parecidos, pero más secos, en el sur son la puna en las áreas del altiplano en los Andes Centrales y la jalca en el sur de Perú y Bolivia (Cuesta *et al.*, 2014; Hofstede *et al.*, 1998; Luteyn, 1999). Florísticamente, el páramo es único y diverso y hasta el 60% de sus 3000–4000 especies de plantas vasculares pueden ser endémicas. El páramo es un ecosistema frágil y lento en recuperarse de perturbaciones, por lo tanto cualquier actividad humana provoca gran impacto (Luteyn, 1992; Hofstede *et al.*, 2001).

Los páramos son ecosistemas de alta montaña, inhabitados a causa de las condiciones climáticas extremas, donde la temperatura varía entre -6 a 20 °C, la irradiación solar y la humedad relativa son altas y la presión atmosférica muy baja. Su importancia se refleja en los servicios ecosistémicos que

ofrecen: almacenamiento de carbono, captación y regulación hídrica, belleza escénica y conservación de recursos genéticos (Quizhpe *et al.*, 2002; Hosftede *et al.*, 2003; Ayala *et al.*, 2014).

En Ecuador el páramo se divide en tres rangos de altitud diferentes, caracterizados por su vegetación, fisonomía y composición florística: páramo bajo (3300–4000-m-snm), páramo medio (4000–4400 m snm) y páramo alto (sobre 4000 msnm) (Acosta-Solís, 1984). Esta división coincide con la planteada por Ulloa y Jørgensen (1995) en la que clasifica tres zonas, aunque sin un rango altitudinal establecido: 1) subpáramo o páramo arbustivo, que es una zona de transición entre el bosque andino y el páramo; 2) el páramo propiamente dicho y 3) el superpáramo. En la provincia de Loja la faja de páramo es reducida y se considera que la vegetación de páramo inicia sobre 2800–2900 m snm., mientras que en la zona central y norte del país entre 3500–4500 m snm (Quizhpe *et al.*, 2002).

El páramo se caracteriza por una vegetación herbácea dominada por gramíneas en forma de penachos, plantas en forma de almohadillas, rosetas, arbustos micrófilos enanos (*Arcytophyllum*, *Loricaria*) y por la ausencia de árboles. Algunas especies de los géneros *Brachyotum*, *Escallonia*, *Hesperomeles*, *Myrsine* y *Miconia*, que forman parte del subpáramo, se encuentran también en zonas más bajas formando parte de los bosques andinos (Ulloa y Jørgensen, 1995). La exclusividad de la flora que crece en estas regiones se debe particularmente a una serie de adaptaciones que les permiten sobrevivir en las extremas condiciones climáticas (Luteyn, 1992; Laegaard, 1992).

Los escasos estudios realizados en la región sur del Ecuador han demostrado que los páramos de esta región son diferentes a los del resto del país, particularmente por sus notables diferencias en la composición florística y estructura. En la región centro y norte los páramos están dominados por gramíneas en forma de penachos, tales como *Calamagrostis intermedia*; *Festuca* spp.; y *Stipa ichu*; mientras que, en los páramos del sur y en especial del Parque Nacional Podocarpus (PNP) las gramíneas no son abundantes y están reemplazadas por *Calamagrostis macrophylla*, *Cortaderia bifida*, *Chusquea microphylla*, *Chusquea asymerica*, *Chusquea nana* y abundantes arbustos achaparrados (Aguirre, 1997; Quizhpe *et al.*, 2002; Izco *et al.*, 2007).

En general los páramos en el Ecuador presentan un marcado deterioro por actividades humanas que incluyen la ampliación de la frontera

agrícola, sobre-pastoreo, quemadas provocadas para conseguir rebrotes de hierba, reforestación con especies exóticas, entre otras. Todos estos factores provocan cambios, por lo general irreversibles, que se reflejan en: compactación del suelo, modificación de la composición florística y estructura de la vegetación y paisaje, y pérdida paulatina de su función en la captación y regulación de los caudales de agua (Aguirre, 1997). Al respecto los páramos del PNP no han sido mayormente alterados y cumplen una función hídrica sobresaliente, debido a que desde sus territorios nacen dos cuencas hidrográficas binacionales: Catamayo-Chira y Zamora-Santiago, que abastecen de agua para varios canales de riego, presas y centrales hidroeléctricas que se construyen actualmente en Ecuador.

Medina y Mena (2001) mencionan que el páramo en el Ecuador cubre alrededor de 12 600 km<sup>2</sup> (1 260 000 ha), que representa aproximadamente el 5% del territorio nacional. En lo concerniente al Parque Nacional Podocarpus (PNP), Hofstede *et al.*, (2003) reporta que el 1,11% del territorio del PNP es páramo, mientras que Becking (2004) indica que de las 146 280 hectáreas del PNP, el 8% corresponden a ecosistemas de páramo, y que los páramos se encuentran distribuidos entre 2800 y 3800 m snm., sobre la Cordillera Oriental de los Andes. Se trata de ambientes húmedos (2000 a 4000 mm de precipitación anual) y muy fríos (temperatura diaria promedio de 10 °C con mínimas de hasta -3 °C).

Los páramos del sur del Ecuador son considerados más diversos y con mayor endemismo en comparación al resto del Ecuador debido a: i) su ubicación dentro de la formación de Huancabamba; ii) al contacto con la zona Tumbesina, por estar ubicados en el *divortium aquarium* de las cuencas Amazónica y del Pacífico, lo cual origina una zona de transición de los páramos de norte de los Andes hacia la Puna más al sur en el Perú (Becking, 2004; Lozano *et al.*, 2003; Herbario LOJA, 2000; Apolo, 1984).

La particularidad de la flora de los páramos del PNP es que está compuesta por elementos andinos tropicales, es decir que incluye sobre todo géneros que forman los bosques andinos en zonas más bajas y que llegan al ambiente paramuno formando los denominados arbustos enanos de páramo; aunque también existen elementos de páramo propiamente dicho como los penachos de gramíneas, rosetas acaules y pequeñas almohadillas (Herbario LOJA, 2000).

La importancia ecológica y estado de conservación de los páramos del Parque Nacional Podocarpus no ha sido estudiada a profundidad, en relación a los de la región norte del Ecuador. Quizhpe *et al.*, (2002) estudiaron la relación entre la vegetación, los factores edáficos, ambientales y la intervención humana, aportando con información importante para establecer áreas dentro del páramo que merecen prioridad en el manejo. Este artículo presenta la diversidad ecosistémica, diversidad específica y el inventario de las especies colectadas en el Parque Nacional Podocarpus.

## Metodología

La fuente principal de colección de información fue la base de datos del Herbario Reinaldo Espinosa de la Universidad Nacional de Loja, donde se realizó un proceso de búsqueda de todas las colecciones de la flora vascular de los páramos del Parque Nacional Podocarpus.

Posterior a ello se procedió a realizar los respectivos análisis para conocer parámetros de diversidad florística y endemismo de la flora. Los nombres científicos fueron escritos en base al Catálogo de Plantas Vasculares del Ecuador (Jorgensen y León-Yañez, 1999; Neill y Ulloa-Ulloa, 2011). El endemismo florístico se determinó en base al Libro Rojo de las Plantas Endémicas del Ecuador (León *et al.*, 2011).

## Resultados

### Diversidad ecosistémica del Parque Nacional Podocarpus

Según el Herbario LOJA (2000) y Quizhpe *et al.*, (2002) en el PNP se diferencian seis comunidades vegetales (tipos de páramos):

- i. Páramo herbáceo de bambúes: Se distingue por la presencia de vegetación abierta de bambúes como *Chusquea neurophylla*, *Chusquea laegardii* (estas características no son exclusivas para esta comunidad, ocurren también en la comunidad II y III) y *Calamagrostis macrophylla*, *Bartsia orthocarpiflora*, *Geranium acaule* y *Isidrogalvia falcata*.
- ii. Páramos arbustivos del norte del Parque Nacional Podocarpus: Caracterizada por vegetación de arbustales densos. Las especies representativas son: *Brachyotum campanulare*, *Chusquea scandens*, *Disterigma ovalifolia*, *Paepalanthus ensiformis* (dominante) y *Puya*

*eryngioides*. Las especies exclusivas de mayor frecuencia son: *Baccharis genistelloides*, *Lisanthus ovalis* y *Oritrophium repens*.

- iii. Páramo arbustivo denso (centro-norte del Parque Nacional Podocarpus): Constituida por vegetación arbustiva más densa que la comunidad II, con especies arbustivas como *Bomarea brachysepala*, *Cybianthus pastensis*, *Ilex andina* y *Pentacalia myrsinites*, pero también contiene regularmente elementos herbáceos como *Chusquea neurophylla* y *Chusquea asymmetrica*, esta última exclusiva para la comunidad.
- iv. Páramo arbustivo denso (centro-sur del Parque Nacional Podocarpus): Se caracteriza por la vegetación arbustiva semejante a la comunidad III, las especies características incluyen *Arcytophyllum setosum*, *Bomarea dissitifolia*, *Chusquea loxensis* y *Miconia media*, las cuales se desarrollan en un amplio rango altitudinal de 2900–3410 m snm.
- v. Páramo herbáceo con *Chusquea nana*: Se caracteriza por la dominancia de *Chusquea nana*, que es una especie exclusiva para esta unidad, desarrollándose a 3400 m snm. La diversidad en esta comunidad es baja; las cuatro especies exclusivas son: *Lachemilla nivalis*, *Lycopodium magellanicum*, *Luzula gigantea* y *Ranunculus guzmanii*.
- vi. Páramo arbustivo de Sabanilla: Se caracteriza por la presencia de arbustos grandes de *Persea brevipes*, *Pitcairnia trianae* y *Weinmannia ovalis*, aunque las especies dominantes son generales del área de los páramos del Parque Nacional Podocarpus como: *Arcytophyllum setosum*, *Rhynchospora* sp. y *Xyris subulata*.

En contraste Reyes (2004), reporta cuatro tipos de páramos dentro del Parque Nacional Podocarpus: i) Páramo arbustivo de montañas altas (se desarrolla en pendientes ligeramente inclinadas); ii) Páramo arbustivo de montañas medias y bajas; iii) Páramo herbáceo bajo de montañas altas (en su mayoría dominado por *Chusquea asymmetrica* y en otros casos por *Chusquea nana*, con individuos de tamaños que alcanzan 70 cm de altitud aproximadamente, existe mayor cantidad de musgo); y, iv) Páramo herbáceo bajo de montañas medias y bajas (se desarrolla en su mayoría en pendientes muy escarpadas, con individuos de alturas que no sobrepasan 20 cm).

También Santín y Vidal (2012), basados en Becking (2004) citan que dentro del PNP existen cuatro ecosistemas: páramo (3100-3600 m snm), subpáramo (3000-3100 m snm), bosque alto andino (2900-3000 m snm) y bosque andino superior (2700-3000 m snm). En todos ellos se diferencian las características típicas de los páramos del PNP: su elevada humedad y mezcla de hierbas graminoides y arbustos; generalmente ubicados en los filos de las cordilleras y pequeñas planicies donde se desarrollan los páramos herbáceos en combinación con páramos de arbustos en las depresiones y hondonadas. Todo esto debido a la influencia de: la depresión de Huancabamba; altitud sobre el nivel del mar donde se desarrollan (desde 2900 m snm) y a las corrientes cálidas húmedas de la Amazonia (Becking, 2004; Quizhpe *et al.*, 2002; Lozano *et al.*, 2003).

### **Diversidad florística**

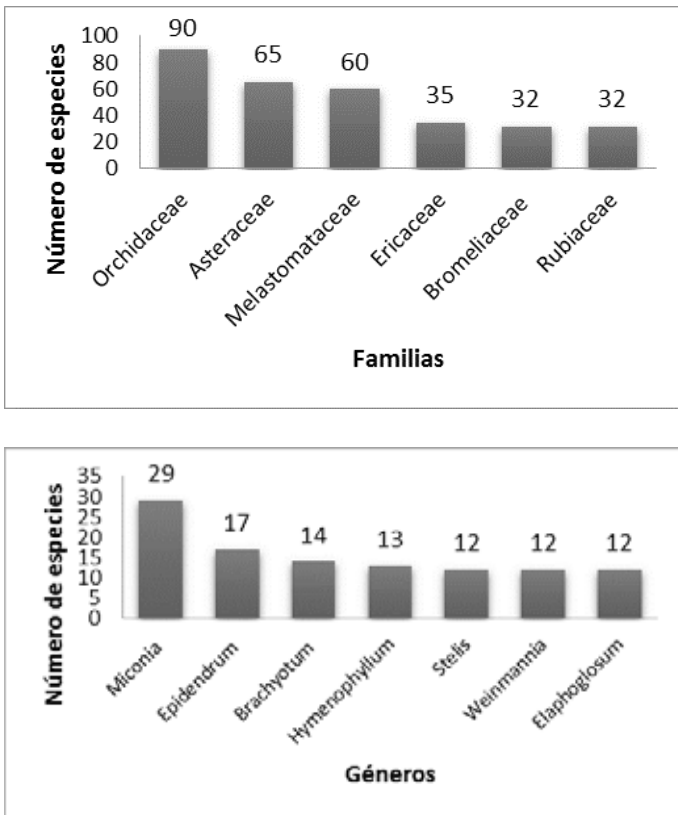
Se han realizado algunas aproximaciones para demostrar la diversidad específica de flora de los páramos del PNP; así, el herbario LOJA (2000) y Quizhpe *et al.*, (2002) reportan 221 especies, dentro de 93 géneros y 61 familias. Las familias más ricas en especies son: Asteraceae con 25 especies, Melastomataceae con 23 y Ericaceae con 15. El género con mayor número de especies es *Miconia* con 11 especies. De igual manera Keating (1995) en dos sitios de páramo: Cajanuma y El Tiro, reporta 114 especies en 43 familias.

Eguiguren y Ojeda (2009) instalaron tres sitios pilotos para el monitoreo del impacto del cambio climático en la flora de los páramos del Parque Nacional Podocarpus y, en la zona piloto reportan un total de 121 especies, repartidas en 71 géneros y 40 familias, en un área aproximada de 6 140 m<sup>2</sup>, por lo que se evidenció que esta zona contiene una muestra representativa de la diversidad florística de los páramos del sur del Ecuador. Las familias más diversas fueron Ericaceae, Asteraceae, Poaceae y Bromeliaceae, por lo que se las considera como taxas características de los páramos más australes. Estas familias poseen especies muy frecuentes puesto que están representadas por un gran número de individuos en cada cima, tal es el caso de *Tillandsia aequatorialis*, *Puya nitida*, *Calamagrostis macrophylla*, *Chusquea asymmetrica* y *Chusquea neurophylla*, que además son especies típicas de estos páramos muy húmedos y poco intervenidos.

Los páramos del PNP están separados de las formaciones de páramo del norte de la provincia (Fierro Urco) y las del Sur (Amaluza), esto explicaría

el que tengan muchos elementos florísticos de bosque andino, elementos de páramo del norte y del sur, y elementos paramunos propios como por ejemplo *Calamagrostis macrophylla*, *Chusquea* spp. no comunes en otras formaciones de páramo del Ecuador, siendo más bien característico de páramos sin intervención y más húmedos (Herbario Loja, 2000; Becking, 2004; Quizhpe *et al.*, 2002; Beltran *et al.*, 2009; León-Yañez, 2000)

Sobre la base de las colecciones existentes en el herbario LOJA se determina la existencia de 737 especies vegetales, que corresponden a 257 géneros y 105 familias (Anexo 1). En la figura 1, se muestra las seis familias y siete géneros dominantes de los ecosistemas de páramo del Parque Nacional Podocarpus.



**Figura 1.** Familias y géneros con mayor número de especies en los páramos del Parque Nacional Podocarpus.

Los resultados de la diversidad florística del Parque Nacional Podocarpus son congruentes con los reportados por Sklenář y Jørgensen (1999) y



Sklenář y Ramsay (2001), que confirman la elevada riqueza florística de los páramos del sur del Ecuador, como parte de la eco-región Andes del Norte; y, en este contexto la particularidad florística de los páramos del Parque Nacional Podocarpus.

### **Endemismo florístico**

De las 737 especies registradas, 67 son endémicas del Ecuador, que representan el 10,51% del total registrado y aproximadamente el 2% del total nacional (en el anexo 1, se presenta el listado completo de las especies registradas en el páramo del PNP). Algunas tienen un rango de distribución amplio y ocurren indistintamente en provincias del norte y del sur del país, pero otras especies tienen rangos restringidos y están presentes solo en las provincias del Sur en la Cordillera de los Andes (Loja y Azuay) y en las provincias sur orientales (Zamora Chinchipe y Morona Santiago) (cuadro 1 ver especies endémicas con su respectiva categoría de conservación). Al respecto Quizhpe *et al.*, (2002) también reportó 34 especies endémicas de las 221 registradas con el mismo patrón de distribución. De igual manera Eguiguren y Ojeda (2009) en un área más específica dentro del PNP reportan 20 especies endémicas, la mayoría de ellas encontradas en la cima de mayor altitud.

### **Discusión**

Los páramos del Parque Nacional Podocarpus son particulares, muy diferentes a otros del sur del Ecuador, se diferencian por la fisonomía; estructura; frondosidad de la vegetación; y, humedad del ambiente donde se desarrollan. Se logran diferenciar páramos herbáceos húmedos con dominio de *Sphagnum*, almohadillas, bromelias terrestres; páramos arbustivos con una mezcla muy especial de gramíneas y arbustos de hojas xerofíticas; y, páramos con dominancia de gramíneas, creciendo en penachos. Dentro de éstos y en base a estudios más exclusivos se han determinado la existencia de seis comunidades vegetales, lo que indica una elevada diversidad ecosistémica del PNP.

La diversidad florística del Parque Nacional Podocarpus, se ve reflejada en el registro de 737 especies, información que corresponde a la flora debidamente catalogada en las colecciones del herbario LOJA de la Universidad Nacional de Loja, ratificando así la particularidad y elevada diversidad de los páramos del sur del Ecuador. Sin embargo el número de especies podría ser mayor,

debido a que posiblemente algunos investigadores no depositaron las colecciones en el herbario Loja.

El endemismo es elevado, debido a que estos páramos son muy particulares florísticamente, como consecuencia de la influencia amazónica y la altitud sobre el nivel del mar; esto corrobora los patrones de endemismo florístico en el Ecuador, que según León-Yáñez *et al.*, (2011) indican que en las estribaciones de las cordilleras y en las partes altas se concentra el mayor endemismo.

### Referencias bibliográficas

- Acosta-Solís, M. (1984). Los Páramos Andinos del Ecuador. Editora Nacional. Quito, Ecuador. 220 p.
- Aguirre, Z. (1997). El páramo, ¿por qué y cómo manejarlo? Revista de Difusión Técnica y Científica de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Nacional de Loja, Ecuador 28: 67–71 p.
- Apolo W. (1984). Plan de manejo del Parque Nacional de Loja. Loja, Ecuador.
- Ayala, L., Villa, M., Aguirre Mendoza, Z., Aguirre Mendoza N. (2014). Cuantificación del carbono en los páramos del Parque Nacional Yacuri, provincias de Loja y Zamora Chinchipe, Ecuador. Revista CEDAMAZ 4: 45-52 p.
- Beltrán, K., S. Salgado, F. Cuesta., S. León-Yáñez, K. Romoleroux, E. Ortiz, A. Cárdenas y A. Velástegui. (2009). Distribución Espacial, Sistemas Ecológicos y Caracterización Florística de los Páramos en el Ecuador. Memoria técnica del mapa a escala 1:100 000. EcoCiencia, Proyecto Páramo Andino y Herbario QCA. Quito.
- 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. Imprenta Monsalve Moreno. 35-36 p.
- Cuesta F.; J. Sevin, L.D. Llambi, B. De Bievre, J. Posner (Eds.). (2014). Avances en investigación para la Conservación de los páramos andinos. CONDESAN. Lima, Perú.

- Eguiguren P. y Ojeda 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. Tesis de grado previa a la obtención del título de Ingeniero Forestal. Universidad Nacional de Loja. Loja-Ecuador. 30 p.
- Herbario LOJA. (2000). Diagnóstico de la vegetación natural y de la intervención humana en los páramos del Parque Nacional Podocarpus. Programa Podocarpus. Informe Final. Loja, Ecuador. 75 p.
- Hofstede R., P. Segarra y P. Mena. (2003). Los Páramos del Mundo. Proyecto Atlas Mundial de los Páramos. Global Peatland Initiative/NC-IUCN/EcoCiencia. Quito.
- Hofstede, R. (2001). El impacto de las actividades humanas en el páramo. En: Mena, V., P., G. Medina y R. Hofstede (Eds.). Los Páramos del Ecuador: Particularidades, problemas y perspectivas. Abya Yala y Proyecto Páramo. Quito.
- Izco J., Í. Pulgar, Z. Aguirre y F. Santín. (2007). Estudio florístico de los páramos de pajonal meridionales de Ecuador. Revista Peruana Biológica 14(2): 237-246 p.
- Jorgensen P.M. y León S. (Eds) (1999). Catalogue of the vascular plants of Ecuador. Missouri Botanical Garden Press 75(1):181 p.
- Kappelle, M.; Horn S. (Eds.) (2005). Páramos de Costa Rica. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica. 768 p.
- Llambí, L.; A. Soto, R. Célleri, R. De Bievre, B. Ochoa, P. Borja. (2012). Ecología, hidrología y suelos de páramos. Proyecto Páramo Andino. 283 p.
- Keating P. (1995). Disturbance regimes and regeneration dynamics of upper montane forest and páramos in the southern Ecuadorian Andes Colorado. University of Colorado. Tesis de Ph.D. 301 p.
- Laegaard S. (1992). Influence of fire in the grass páramo vegetation of Ecuador. En Páramo: an Andean ecosystem under human influence. H. Balslev y J. Luteyn (Eds.) London: Academic Press. 151-170 p.

- León-Yáñez, S., Valencia, R., Pitman, N., Endara, L., Ulloa, C. y Navarrete, H. (Eds.). (2011). Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador. Segunda Edición. Publicaciones del Herbario QCA. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador.
- León-Yáñez, S. (2000). La flora de los páramos ecuatorianos. En: La biodiversidad de los páramos. Serie Páramo 7: 5-21. GTP/Abya-Yala. Quito.
- Lozano P., T. Delgado y Z. Aguirre. (2003). Estado actual de la flora endémica exclusiva y su distribución en el Occidente del Parque Nacional Podocarpus. Fundación Ecuatoriana para la Investigación y Desarrollo de la Botánica. Loja, Ecuador. 180 p.
- Luteyn, J. L. (1992). Páramos: why study them?. In: Balslev, H. and Luteyn, J. L. (Eds.). Páramo: an Andean ecosystem under human influence. Academic Press London 1-14 p.
- Luteyn, J. L. (1999). Páramos a checklist of plants diversity, geographical distribution and botanical literatura. *Memoirs of the New York Botanical Garden*. Vol. 84.
- Medina G., y Mena P. (2001). Los páramos en Ecuador. En Mena P., G. Medina y R. Hofstede (Eds.). 2001. Los páramos del Ecuador. Particularidades, problemas y perspectivas. Abya Yala/Proyecto Páramo. Quito, Ecuador. 1-24 p.
- Neill, D. y Ulloa-Ulloa, C. (2011). Adiciones de la flora del Ecuador: segundo suplemento 2005-2010. MAE. Jatun Sacha, Missouri Botanical Garden. RG. Grafista, Quito, Ecuador. 202 p.
- Quizhpe W., Z. Aguirre, O. Cabrera y T.E. Delgado. (2002). Los páramos del Parque Nacional Podocarpus. En: Z. Aguirre, J. E. Madsen, E. Cotton y H. Balslev (Eds.). *Botánica Austroecuatoriana*. Abya Yala. Quito, Ecuador 79-89 p.
- Reyes F. (2004). Determinación de la cantidad de Carbono fijado en los páramos de Cajanuma y su relación con factores ambientales. Tesis de grado previa a la obtención del título de Ingeniero Forestal. Universidad Nacional de Loja. Loja-Ecuador. 58-59 p.

Sklenář P. y P. Jørgensen. (1999). Distribution patterns of paramo plants in Ecuador. *Disponible Journal of Biogeography* 26: 681-691 p.

Sklenář P. y P. Ramsay. (2001). Diversity of zonal páramo plant communities in Ecuador. *Diversity and distribution* 7: 113-124 p.

Santín A. y Vidal E. (2012). Generación de una línea base de los reservorios de carbono de los páramos del PNP y evaluación de su aplicación como mecanismo de mitigación al cambio climático. Tesis de grado previa a la obtención del título de Ingeniero en Manejo y Conservación del Medio Ambiente. Universidad Nacional de Loja. Loja-Ecuador. 78 p.

Ulloa, C. y P.M. Jørgensen. (1995). Árboles y arbustos de los altos Andes del Ecuador. *AAU Reports*: 30: 1-264 p.

**Anexo 1. Especies vegetales de los páramos del Parque Nacional Podocarpus. Categoría de conservación según la IUCN: CR = En Peligro Crítico; EN= En Peligro; VU= Vulnerable; NT= Casi Amenada; LC = Preocupación Menor; DD = Datos Insuficientes.**

Espece	Familia	Rango altitudinal (msnm)	Categoría IUCN
<i>Aetanthus nodosus</i> (Desr.) Engl.	Loranthaceae	2900	
<i>Aetanthus</i> sp.	Loranthaceae	2900	
<i>Ageratina cutervensis</i> (Hieron.) R.M. King & H. Rob.	Asteraceae	2900	
<i>Agrostis perennans</i> (Walter) Tuck.	Poaceae	3350	
<i>Agrostis toluensis</i> Kunth	Poaceae	3000-3375	
<i>Agrostis</i> sp.	Poaceae	2825-2850	
<i>Aiouea dubia</i> (Kunth) Mez.	Lauraceae	3200	
<i>Aiouea</i> sp.	Lauraceae	2900	
<i>Alloplectus hispidus</i> (Kunth) Mart.	Gesneriaceae	2850-3000	
<i>Alternanthera porrigens</i> (Jacq.) Kuntze var. <i>piurensis</i> (Standl.) Eliasson	Amaranthaceae	3000	
<i>Alternanthera porrigens</i> (Jacq.) Kuntze var. <i>porrigens</i> (Standl.) Eliasson	Amaranthaceae	2900	
<i>Andinia pensilis</i> (Schltr.) Luer	Orchidaceae	2900	
<i>Anthurium andraeanum</i> Linden	Araceae	2900	
<i>Anthurium oxybelium</i> Schott.	Araceae	2825-2900	
<i>Anthurium</i> sp.	Araceae	2900	
<i>Antidaphne andina</i> Kuijt	Eremolepidaceae	2825-3100	
<i>Antidaphne viscoidea</i> Poepp. & Endl.	Eremolepidaceae	2900-3150	
<i>Antidaphne</i> sp.	Eremolepidaceae	2800	
<i>Aphanelytrum procumbens</i> Hack.	Poaceae	2900-3200	
<i>Arachniodes denticulata</i> (Sw.) Ching	Dryopteridaceae	2859	
<i>Arcytophyllum capitatum</i> (Benth.) K. Schum.	Rubiaceae	2850-3050	
<i>Arcytophyllum ciliolatum</i> Standl.	Rubiaceae	2950	
<i>Arcytophyllum filiforme</i> (Ruiz & Pav.) Standl.	Rubiaceae	3150-3460	
<i>Arcytophyllum setosum</i> (Ruiz & Pav.) Schltdl.	Rubiaceae	2950-3400	
<i>Arcytophyllum vernicosum</i> Standl.	Rubiaceae	2960-3460	

Espece	Familia	Rango altitudinal (msnm)	Categoría IUCN
<i>Arcytophyllum</i> sp.	Rubiaceae	2800	
<i>Ardisia</i> sp.	Primulaceae	2850-3050	
<i>Ascogrammitis</i> sp.	Polypodiaceae	2865-2880	
<i>Asplenium cuspidatum</i> Lam.	Aspleniaceae	2887	
<i>Asplenium foeniculaceum</i> Kunth	Aspleniaceae	2818-2880	
<i>Asplenium hallii</i> Hook.	Aspleniaceae	2880	
<i>Asplenium serra</i> Langsd. & Fisch.	Aspleniaceae	2850	
<i>Asplenium sessilifolium</i> Desv.	Aspleniaceae	2850-3050	
<i>Asplenium</i> sp.	Aspleniaceae	2880-2935	
<i>Axinaea lawessonii</i> E.Cotton, Bussmann & P. Lozano	Melastomataceae	2825-3400	
<i>Axinaea macrophylla</i> (Naud.) Triana	Melastomataceae	2850-3200	
<i>Axinaea quitensis</i> Benoist	Melastomataceae	2825-2850	NT
<i>Axinaea sclerophylla</i> Triana	Melastomataceae	2900-2950	VU
<i>Axinaea scutigera</i> Triana	Melastomataceae	2900-3200	
<i>Baccharis brachylaenoides</i> DC.	Asteraceae	2900	
<i>Baccharis genistelloides</i> (Lam.) Pers.	Asteraceae	2905	
<i>Baccharis jelskii</i> Hieron.	Asteraceae	2900	
<i>Baccharis oblongifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	Asteraceae	2900	
<i>Baccharis</i> sp.	Asteraceae	3400	
<i>Banisteriopsis padifolia</i> (Nied.) B. Gates	Malpighiaceae	2900	
<i>Barbosella cucullata</i> (Lindl.) Schltr.	Orchidaceae	2800	
<i>Bartsia inaequalis</i> Benth.	Scrophulariaceae	3200-3360	
<i>Bartsia orthocarpiflora</i> Benth.	Scrophulariaceae	3360	
<i>Begonia acerifolia</i> Kunth	Begoniaceae	2850	NT
<i>Begonia urticae</i> L.f.	Begoniaceae	2850-3400	
<i>Bejaria aestuans</i> L.	Ericaceae	2800-3400	
<i>Bejaria mathewsii</i> Fielding & Gardner	Ericaceae	2800-2950	
<i>Bejaria resinosa</i> Mutis ex L.f.	Ericaceae	2950-3225	
<i>Bejaria cf resinosa</i> Mutis ex L. f.	Ericaceae	2950-3400	
<i>Berberis jamesonii</i> Lindl.	Berberidaceae	2800	LC
<i>Berberis lutea</i> Ruiz & Pav.	Berberidaceae	2900-3350	
<i>Berberis multiflora</i> Benth.	Berberidaceae	3025-3100	

Espece	Familia	Rango altitudinal (msnm)	Categoría IUCN
<i>Berberis</i> sp.	Berberidaceae	2900	
<i>Besleria reticulata</i> Fritsch	Gesneriaceae	2950	
<i>Besleria</i> sp.	Gesneriaceae	3000-3400	
<i>Bidens alba</i> DC.	Asteraceae	2900	
<i>Blechnum auratum</i> (Fée) R.M. Tryon & Stolze	Blechnaceae	3270-3400	
<i>Blechnum cordatum</i> (Desv.) Hieron.	Blechnaceae	3200-3400	
<i>Blechnum ensiforme</i> (Liebm.) C. Chr.	Blechnaceae	3200-3375	
<i>Blechnum fragile</i> (Liebm.) C.V. Morton & Lellinger	Blechnaceae	2800	
<i>Blechnum lima</i> Rosenst.	Blechnaceae	2800-3270	
<i>Blechnum</i> sp.	Blechnaceae	2900	
<i>Bomarea brachysepala</i> Benth.	Alstroemeriaceae	2825-2900	NT
<i>Bomarea dissitifolia</i> Baker	Alstroemeriaceae	2800-3270	
<i>Bomarea distichifolia</i> (Ruiz & Pav.) Baker	Alstroemeriaceae	2900-3360	
<i>Bomarea nervosa</i> (Herb.) Baker	Alstroemeriaceae	2859-3400	
<i>Bomarea setacea</i> (Ruiz & Pav.) Herb.	Alstroemeriaceae	2825-3360	
<i>Borreria</i> sp.	Rubiaceae	2900-3350	
<i>Brachionidium hirtzii</i> Luer	Orchidaceae	2800-3400	
<i>Brachionidium</i> sp.	Orchidaceae	2800	
<i>Brachyotum alpinum</i> Cogn.	Melastomataceae	2900	LC
<i>Brachyotum andreanum</i> Cogn.	Melastomataceae	2900-3000	
<i>Brachyotum benthamianum</i> Triana	Melastomataceae	2900-3100	VU
<i>Brachyotum campanulare</i> (Bonpl.) Triana	Melastomataceae	2850-3200	
<i>Brachyotum campii</i> Wurdack	Melastomataceae	2850-2960	NT
<i>Brachyotum fictum</i> Wurdack	Melastomataceae	3000-3400	VU
<i>Brachyotum incrassatum</i> E. Cotton	Melastomataceae	2400-3360	VU
<i>Brachyotum johannes-julii</i> E. Cotton	Melastomataceae	3100-3400	VU
<i>Brachyotum lindenii</i> Cogn.	Melastomataceae	2850-2950	
<i>Brachyotum rostratum</i> (Naudin) Triana	Melastomataceae	2950-3350	
<i>Brachyotum rotundifolium</i> Cogn.	Melastomataceae	2850-3400	EN
<i>Brachyotum rugosum</i> Wurdack	Melastomataceae	2950-3200	
<i>Brachyotum russatum</i> E. Cotton	Melastomataceae	2800-3170	VU



Espece	Familia	Rango altitudinal (msnm)	Categoría IUCN
<i>Brachyotum</i> sp.	Melastomataceae	2850-3375	
<i>Brunellia inermis</i> Ruiz & Pav.	Brunelliaceae	2960	
<i>Brunellia</i> sp.	Brunelliaceae	2850	
<i>Calamagrostis intermedia</i> (J. Presl) Steud.	Poaceae	2900-3400	
<i>Calamagrostis macrophylla</i> (Pilg.) Pilg.	Poaceae	2875-3420	
<i>Calamagrostis</i> sp.	Poaceae	2975	
<i>Calceolaria calycina</i> Benth.	Calceolareaceae	2800-3075	
<i>Calceolaria fusca</i> Pennell	Calceolareaceae	2950-3420	
<i>Calceolaria mexicana</i> Benth.	Calceolareaceae	2950	
<i>Calceolaria microbefaria</i> Kraenzl.	Calceolareaceae	2950-3360	
<i>Calceolaria oxyphylla</i> Molau	Calceolareaceae	2950-3100	VU
<i>Calceolaria tripartita</i> Ruiz & Pav.	Calceolareaceae	2900-2950	
<i>Calceolaria</i> sp.	Calceolareaceae	2900	
<i>Campyloneurum angustifolium</i> Sw.	Polypodiaceae	3100	
<i>Cardamine lojanensis</i> Al-Shehbaz	Brassicaceae	3450	VU
<i>Cardamine</i> sp.	Brassicaceae	2905-3225	
<i>Carex</i> sp.	Cyperaceae	2900-3400	
<i>Cavendishia bracteata</i> (Ruiz & Pav. ex J. St.-Hil.) Hoerold	Ericaceae	2818-2859	
<i>Cavendishia nobilis</i> Lindl.	Ericaceae	2950	
<i>Centropogon comosus</i> Gleason	Campanulaceae	2850-3425	EN
<i>Centropogon erythraeus</i> Drake	Campanulaceae	2825-3200	EN
<i>Centropogon hartwegii</i> (Benth.) Benth. & Hook.f. ex B.D. Jacks.	Campanulaceae	2850-2900	EN
<i>Centropogon steyermarkii</i> Jeppesen	Campanulaceae	3350	EN
<i>Centropogon ursinus</i> Jeppesen	Campanulaceae	3425	EN
<i>Centropogon zamorensis</i> Jeppesen	Campanulaceae	2825-3360	EN
<i>Centropogon</i> sp.	Campanulaceae	2800-3375	
<i>Ceradenia pilipes</i> (Hook.) L. E. Bishop	Polypodiaceae	2850-3050	
<i>Ceradenia</i> sp.	Polypodiaceae	2886	
<i>Ceratostema alatum</i> (Heerold) Sleumer	Ericaceae	2850-3200	
<i>Ceratostema lanceolatum</i> Benth.	Ericaceae	2950	
<i>Ceratostema reginaldii</i> (Sleumer) A.C.Sm.	Ericaceae	2850	

Espece	Familia	Rango altitudinal (msnm)	Categoría IUCN
<i>Ceratostema</i> sp.	Ericaceae	2835	
<i>Chaptalia cordata</i> Hieron.	Asteraceae	2900-3420	
<i>Chusquea falcata</i> L.G. Clark	Poaceae	2850	VU
<i>Chusquea leonardiorum</i> L.G. Clark	Poaceae	3400	NT
<i>Chusquea loxensis</i> L.G. Clark	Poaceae	3420	VU
<i>Chusquea neurophylla</i> L.G. Clark	Poaceae	2900-3400	
<i>Chusquea scandens</i> Kunth.	Poaceae	2850-3300	
<i>Chusquea</i> sp.	Poaceae	3000-3200	
<i>Cinchona macrocalyx</i> Pav. ex DC.	Rubiaceae	2850-3050	
<i>Cinchona mutisii</i> Lamb.	Rubiaceae	2840	CR
<i>Cinchona</i> sp.	Rubiaceae	3000	
<i>Cinnamomum</i> sp.	Lauraceae	3000-3100	
<i>Cladonia tomentosa</i>	Cladoniaceae	2800	
<i>Cladonia</i> sp.	Cladoniaceae	2800	
<i>Clethra crispa</i> C. Gust.	Clethraceae	2825-3100	NT
<i>Clethra fragilifolia</i> Kunth	Clethraceae	2900-3000	
<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	Clethraceae	2900-3400	
<i>Clethra ovalifolia</i> Turcz.	Clethraceae	2800-3400	
<i>Clethra parallelinervia</i> C. Gust.	Clethraceae	2960-3350	VU
<i>Clethra revoluta</i> (Ruiz & Pav.) Spreng.	Clethraceae	2825	
<i>Clethra</i> sp.	Clethraceae	2950	
<i>Clusia alata</i> Planch. & Triana	Clusiaceae	2900	
<i>Clusia ducuoides</i> Engl.	Clusiaceae	2800-3400	
<i>Clusia elliptica</i> Kunth	Clusiaceae	2800	
<i>Clusia latipes</i> Planch. & Triana	Clusiaceae	2960	
<i>Clusia sphaerocarpa</i> Planch. & Triana	Clusiaceae	2900	
<i>Clusia</i> sp.	Clusiaceae	2810-2900	
<i>Colignonia scandens</i> Benth.	Nyctaginaceae	2850	
<i>Colignonia</i> sp.	Nyctaginaceae	2960	
<i>Columnea strigosa</i> Benth.	Gesneriaceae	2960	
<i>Cordia</i> sp.	Boraginaceae	2800-3100	
<i>Cornus peruviana</i> J.F. Macbr.	Cornaceae	2850-3150	
<i>Cortaderia bifida</i> Pilg	Poaceae	2900-3320	
<i>Cranichis</i> sp.	Orchidaceae	3090	

Espece	Familia	Rango altitudinal (msnm)	Categoría IUCN
<i>Critoniopsis pycnantha</i> (Benth.) H. Robinson	Asteraceae	2950	
<i>Crossoglossa hirtzii</i> Dodson ex Dodson	Orchidaceae	3360	
<i>Cuatrecasanthus flexipappus</i> (Gleason) H. Rob.	Asteraceae	2850-2875	VU
<i>Culcita conifolia</i> (Hook.) Maxon	Dicksoniaceae	2850-2900	
<i>Cyathea caracasana</i> (Klotzsch) Domin	Cyatheaceae	2900-3400	
<i>Cyathea fulva</i> (M. Martens & Galeotti) Fée	Cyatheaceae	2890	
<i>Cybianthus marginatus</i> (Benth.) Pipoly	Primulaceae	2890	
<i>Cybianthus pastensis</i> (Mez) G. Angostini	Primulaceae	2875-2880	
<i>Cybianthus</i> sp.	Primulaceae	2850-2900	
<i>Cyclanthera cordifolia</i> Cogn.	Cucurbitaceae	2960-3175	
<i>Cyrtochilum anthoxanthum</i> (Rchb. f.) Dalström	Orchidaceae	2950	
<i>Cyrtochilum cimiciferum</i> (Rchb. f.) Dalström	Orchidaceae	2900-3075	
<i>Cyrtochilum macranthum</i> (Lindl.) Kraenzl.	Orchidaceae	2550	
<i>Cyrtochilum myanthum</i> (Lindl.) Kraenzl.	Orchidaceae	2900-3000	
<i>Cyrtochilum ramosissimum</i> (Lindl.) Dalström	Orchidaceae	2900-3025	
<i>Cyrtochilum retusum</i> (Lindl.) Kraenzl.	Orchidaceae	3000	
<i>Cyrtochilum</i> sp.	Orchidaceae	3350	
<i>Dendrophorbium</i> sp.	Asteraceae	2825-2850	
<i>Dendrophthora luerii</i> Kuijt	Viscaceae	2850-3100	
<i>Dendrophthora</i> sp.	Viscaceae	2850-3075	
<i>Deprea ecuatoriana</i> Hunz. & Barboza	Solanaceae	2900-3200	VU
<i>Desfontainia spinosa</i> Ruiz & Pav.	Loganiaceae	2800-3075	
<i>Desfontainia</i> sp.	Loganiaceae	2900-3050	
<i>Desmodium Vargasianum</i> B. G. Schub.	Fabaceae	3200	LC
<i>Dicksonia sellowiana</i> Hook.	Dicksoniaceae	2900	
<i>Dioicodendron dioicum</i> (K. Schum. & Krause) Steyerem.	Rubiaceae	2950	

Especie	Familia	Rango altitudinal (msnm)	Categoría IUCN
<i>Dioscorea</i> sp.	Dioscoreaceae	2880	
<i>Diplazium sprucei</i> (Baker) C. Chr.	Dryopteridaceae	3025	
<i>Diplostephium espinosae</i> Cuatrec.	Asteraceae	2900-3535	NT
<i>Diplostephium glandulosum</i> Hieron.	Asteraceae	2980	
<i>Diplostephium hartwegii</i> Hieron.	Asteraceae	3270	
<i>Diplostephium oblanceolatum</i> S.F. Blake	Asteraceae	2950-3400	NT
<i>Diplostephium</i> sp.	Asteraceae	3150-3350	
<i>Disterigma acuminatum</i> (Kunth) Nied.	Ericaceae	3270	
<i>Disterigma alaternoides</i> (Kunth) Nied.	Ericaceae	3025-3400	
<i>Disterigma empetrifolium</i> (Kunth) Drude	Ericaceae	2800-3400	
<i>Disterigma microphyllum</i> (G.Don) Luteyn	Ericaceae	3090-3425	
<i>Disterigma pentandrum</i> S. F. Blake	Ericaceae	2900	
<i>Dorobaea pimpinellifolia</i> (Kunth) B. Nord.	Asteraceae	2950	
<i>Ecchremis coarctata</i> (Ruiz & Pav.) Baker	Phormiaceae	2900	
<i>Elaeagia</i> sp.	Rubiaceae	2900	
<i>Elaphoglossum engelii</i> (H. Karts.) H. Christ	Dryopteridaceae	3375	
<i>Elaphoglossum erinaceum</i> (Fée) T. Moore	Dryopteridaceae	2900	
<i>Elaphoglossum glossophyllum</i> Hieron.	Dryopteridaceae	2975	
<i>Elaphoglossum leprosum</i> (Kuhn) Christ	Dryopteridaceae	2800	
<i>Elaphoglossum lingua</i> (C. Presl) Brack.	Dryopteridaceae	2880-2935	
<i>Elaphoglossum lloense</i> (Hook.) T. Moore	Dryopteridaceae	2859	
<i>Elaphoglossum odontolepis</i> Mickel	Dryopteridaceae	2859-2935	
<i>Elaphoglossum pala</i> André ex Christ	Dryopteridaceae	2873	DD
<i>Elaphoglossum petiolosum</i> (Desv.) T. Moore	Dryopteridaceae	2818-2880	
<i>Elaphoglossum rimbachii</i> (Sodirol) Christ	Dryopteridaceae	2889-2897	
<i>Elaphoglossum zebrinum</i> Mickel	Dryopteridaceae	2873	
<i>Elaphoglossum</i> sp.	Dryopteridaceae	2873	
<i>Elasis hirsuta</i> (Kunth) D. R. Hunt	Commelinaceae	2818-2880	
<i>Eleocharis sellowiana</i> Kunth	Cyperaceae	2935	

Espece	Familia	Rango altitudinal (msnm)	Categoría IUCN
<i>Elleanthus aurantiacus</i> (Lindl.) Rchb. f.	Orchidaceae	2900	
<i>Elleanthus flavescens</i> (Lindl.) Rchb. f.	Orchidaceae	2850	
<i>Elleanthus maculatus</i> (Lindl.) Rchb. f.	Orchidaceae	2850-2900	
<i>Elleanthus</i> sp.	Orchidaceae		
<i>Epidendrum alpicolum</i> Rchb. f.	Orchidaceae	2850	
<i>Epidendrum ampelospathum</i> Hágsater & Dodson	Orchidaceae	2800	
<i>Epidendrum aquaticoides</i> C. Schweinf.	Orchidaceae	2850-3000	
<i>Epidendrum avicula</i> Lindl.	Orchidaceae	3100	
<i>Epidendrum cochlidium</i> Lindl.	Orchidaceae	2400-3270	
<i>Epidendrum elleanthoides</i> Schltr.	Orchidaceae	3075	
<i>Epidendrum fimbriatum</i> Kunth	Orchidaceae	2900	
<i>Epidendrum fritzianum</i> Hoehne	Orchidaceae	2825	
<i>Epidendrum globiflorum</i> F. Lehm. & Kraenzl.	Orchidaceae	2950	
<i>Epidendrum loxense</i> F. Lehm. & Kraenzl.	Orchidaceae	2800-3100	
<i>Epidendrum macrostachyum</i> Lindl.	Orchidaceae	2900-3000	
<i>Epidendrum melanotrichioides</i> Hágsater & Dodson	Orchidaceae	3100	
<i>Epidendrum ornithoglossum</i> Shultr.	Orchidaceae	2800-2950	
<i>Epidendrum oxycalyx</i> Hágsater & Dodson	Orchidaceae	2800	
<i>Epidendrum pseudoglobiflorum</i> Hágsater & Dodson	Orchidaceae	3100	
<i>Epidendrum cf. rhodanthum</i> Hágsater & Dodson	Orchidaceae	2950	
<i>Epidendrum</i> sp.	Orchidaceae	3350	
<i>Equisetum bogotense</i> Kunth	Equisetaceae	2900	
<i>Eriocaulon microcephalum</i> Kunth	Eriocaulaceae	2935-3360	
<i>Eriocaulon</i> sp.	Eriocaulaceae	3175	
<i>Eriosorus aureonitens</i> (Hook.) Copel.	Pteridaceae	2950-3360	
<i>Eriosorus flexuosus</i> (Kunth) Copel	Pteridaceae	2900	
<i>Eriosorus rufescens</i> (Fée) A. F. Tryon	Pteridaceae	2898	
<i>Eriosorus</i> sp.	Pteridaceae	2800-3000	
<i>Escallonia myrtilloides</i> L.f.	Grossulariaceae	2865-3300	

Especie	Familia	Rango altitudinal (msnm)	Categoría IUCN
<i>Escallonia</i> sp.	Grossulariaceae	2950-3400	
<i>Faramea coerulescens</i> K. Schum. & K. Krause	Rubiaceae	2900-2975	
<i>Fernandezia ionanthera</i> (Rchb. f. & Warsz.) Schltr.	Orchidaceae	2850-3000	
<i>Fernandezia subbiflora</i> Ruiz & Pav.	Orchidaceae	2800	
<i>Freziera minima</i> A. L. Weitzman	Theaceae	2850-3400	
<i>Fuchsia</i> sp.	Onagraceae	2850-3350	
<i>Fuchsia canescens</i> Benth.	Onagraceae	3000	
<i>Fuchsia glaberrima</i> I.M.Johnst.	Onagraceae	2850	
<i>Fuchsia harlingii</i> Munz.	Onagraceae	2900	
<i>Fuchsia loxensis</i> Kunth	Onagraceae	2950-3200	
<i>Fuchsia summa</i> P.E. Berry	Onagraceae	3000-3400	
<i>Gaiadendron punctatum</i> (Ruiz & Pav.) G. Don	Loranthaceae	2825-3425	
<i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav.	Asteraceae	3425	
<i>Galium canescens</i> Kunth	Rubiaceae	2300-3360	
<i>Galium hypocarpium</i> (L.)Endl.ex Griseb.	Rubiaceae	1200-3420	
<i>Galium</i> sp.	Rubiaceae	3400	
<i>Gaultheria amoena</i> A. C. Sm.	Ericaceae	2900-3400	
<i>Gaultheria erecta</i> Vent.	Ericaceae	2900-3300	
<i>Gaultheria foliolosa</i> Benth.	Ericaceae	2960	
<i>Gaultheria reticulata</i> Kunth	Ericaceae	2825-3350	
<i>Gaultheria strigosa</i> Benth.	Ericaceae	2825-3400	
<i>Gaultheria tomentosa</i> Kunth	Ericaceae	3350	
<i>Gaultheria vaccinioides</i> Weed.	Ericaceae	3200-3300	
<i>Gaultheria</i> sp.	Ericaceae	2850-3400	
<i>Geissanthus andinus</i> Mez	Primulaceae	2900-3270	
<i>Geissanthus vanderwerffii</i> Pipoly	Primulaceae	2960-3000	
<i>Geissanthus</i> sp.	Primulaceae	2900-2950	
<i>Gentianella fastigiata</i> Fabris	Gentianaceae	3025-3400	
<i>Gentianella gilioides</i> (Gilg) Fabris	Gentianaceae	3100-3240	
<i>Gentianella polyantha</i> J.S.Pringle	Gentianaceae	2950-3000	
<i>Gentianella</i> sp.	Gentianaceae	3400	

Espece	Familia	Rango altitudinal (msnm)	Categoría IUCN
<i>Geonoma densa</i> Linden & H. Wendl.	Arecaceae	2300-3000	
<i>Geonoma orbignyana</i> Mart.	Arecaceae	2000-2950	
<i>Geranium campii</i> H.E. Moore	Geraniaceae	3000-3500	
<i>Geranium humboldtii</i> Willd. ex Spreng.	Geraniaceae	2500-3800	
<i>Geranium loxense</i> Halfdan-Niels	Geraniaceae	2900-3420	
<i>Geranium siboldioides</i> Benth. subsp. beckignum	Geraniaceae	3200-3375	
<i>Geranium</i> sp.	Geraniaceae	3400	
<i>Gomphichis caucana</i> Schltr.	Orchidaceae	2850-3270	
<i>Gomphichis crassilabia</i> Garay	Orchidaceae	3200-3350	
<i>Gomphichis goodyeroides</i> Lind.	Orchidaceae	3075-3400	
<i>Gomphichis</i> sp.	Orchidaceae	3100	
<i>Gordonia fruticosa</i> (Schrad.) H. Keng	Theaceae	2825-2950	
<i>Graffenrieda harlingii</i> Wurdack	Melastomataceae	2825-3400	
<i>Grammitis</i> sp.	Polypodiaceae	2950-3100	
<i>Greigia mulfordii</i> L.B.Sm.	Bromeliaceae	2900-3100	
<i>Greigia</i> sp.	Bromeliaceae	3100	
<i>Guettarda</i> sp.	Rubiaceae	2900	
<i>Guzmania candelabrum</i> (André) André ex Mez	Bromeliaceae	2900	
<i>Guzmania gloriosa</i> (André) André ex Mez	Bromeliaceae	2950	
<i>Guzmania sanguinea</i> (André) André ex Mez	Bromeliaceae	3050	
<i>Guzmania sibundoyorum</i> L. B. Sm.	Bromeliaceae	2900	
<i>Guzmania</i> sp.	Bromeliaceae	2975	
<i>Gynoxys buxifolia</i> (Kunth) Cass.	Asteraceae	2400-3370	
<i>Gynoxys chagalensis</i> Hieron.	Asteraceae	2900	
<i>Gynoxys cuicochensis</i> Cuatrec.	Asteraceae	3270	
<i>Gynoxys miniphylla</i> Cuatrec.	Asteraceae	3270	
<i>Gynoxys pulchella</i> (Kunth) Cass.	Asteraceae	2960	
<i>Gynoxys reinaldii</i> Cuatrec.	Asteraceae	2800-3290	
<i>Gynoxys rugulosa</i> Muschl.	Asteraceae	2800-2960	
<i>Gynoxys tomentosissima</i> Cuatrec.	Asteraceae	2900-3290	
<i>Gynoxys</i> sp.	Asteraceae	2900	

Especie	Familia	Rango altitudinal (msnm)	Categoría IUCN
<i>Halenia</i> sp.	Gentianaceae	3300-3400	
<i>Halenia weddelliana</i> Gilg	Gentianaceae	2800-3400	
<i>Hedyosmum cumbalense</i> H. Karst.	Chloranthaceae	2900-3400	
<i>Hedyosmum dombeyanum</i> Solms-Laubach	Chloranthaceae	2825-3050	
<i>Hedyosmum goudotianum</i> Solms	Chloranthaceae	2800-2900	
<i>Hedyosmum huascari</i> J. F. Macbride	Chloranthaceae	3000-3150	
<i>Hedyosmum luteynii</i> Todzia	Chloranthaceae	2950-3360	
<i>Hedyosmum purpurascens</i> Todzia	Chloranthaceae	3025-3075	
<i>Hedyosmum racemosum</i> (Ruiz & Pav.) Don	Chloranthaceae	3100	
<i>Hedyosmum scabrum</i> (Ruiz & Pav.) Solms	Chloranthaceae	2950-3000	
<i>Hedyosmum translucidum</i> Cuatrec.	Chloranthaceae	2825-3250	
<i>Hedyosmum</i> sp.	Chloranthaceae	2900-2950	
<i>Hesperomeles obtusifolia</i> (Pers.) Lindl. var. <i>microphylla</i> (Wedd.) Romoleroux	Rosaceae	3030-3450	
<i>Hesperomeles obtusifolia</i> (Pers.) Lindl.	Rosaceae	2900-3400	
<i>Hieracium frigidum</i> Wedd.	Asteraceae	2850-3350	
<i>Hieracium sodiroanum</i> Zahn	Asteraceae	2800-3450	
<i>Hieracium</i> sp.	Asteraceae	3075-3375	
<i>Huperzia arcuata</i> B. Øllg.	Lycopodiaceae	2880-3400	
<i>Huperzia austroecuadorica</i> B. Øllg.	Lycopodiaceae	3200-3400	
<i>Huperzia brevifolia</i> (Grev. & Hook.) Holub	Lycopodiaceae	3000-3400	
<i>Huperzia campiana</i> B. Øllg.	Lycopodiaceae	2700-2950	
<i>Huperzia espinosana</i> B. Øllg.	Lycopodiaceae	2900-3550	
<i>Huperzia eversa</i> (Poir.) B. Øllg.	Lycopodiaceae	2550-2800	
<i>Huperzia kuesteri</i> (Nessel) B. Øllg.	Lycopodiaceae	3000-3400	
<i>Huperzia tenuis</i> (Hzmb. & Bonpl. ex Willd)	Lycopodiaceae	2800-2900	
<i>Huperzia weddellii</i> (Herter) Holub	Lycopodiaceae	3000-3400	
<i>Huperzia</i> sp.	Lycopodiaceae	2818	
<i>Hydrangea</i> aff. <i>preslii</i> Briq.	Hydrangeaceae	2900-3100	
<i>Hydrangea</i> sp.	Hydrangeaceae	2850-2950	



Espece	Familia	Rango altitudinal (msnm)	Categoría IUCN
<i>Hydrocotyle ranunculoides</i> L.f.	Araliaceae	3400	
<i>Hydrocotyle tambalomaensis</i> H. Wolff	Araliaceae	2950	
<i>Hyeronima</i> sp.	Euphorbiaceae	2825-2900	
<i>Hymenophyllum ferox</i> Bosch	Hymenophyllaceae	2880-2950	
<i>Hymenophyllum fucoides</i> (Sw.) Sw.	Hymenophyllaceae	2975	
<i>Hymenophyllum jamesonii</i> Hook.	Hymenophyllaceae	2901	
<i>Hymenophyllum matthewsii</i> Bosch	Hymenophyllaceae	2859-2887	
<i>Hymenophyllum microcarpum</i> Desv.	Hymenophyllaceae	2850	
<i>Hymenophyllum multialatum</i> C. V. Morton	Hymenophyllaceae	2859-2900	
<i>Hymenophyllum myriocarpum</i> Hook.	Hymenophyllaceae	2900	
<i>Hymenophyllum plumieri</i> Hook. & Grev.	Hymenophyllaceae	2875-2902	
<i>Hymenophyllum ruizianum</i> (Klotsch) Kunze	Hymenophyllaceae	2880-2900	
<i>Hymenophyllum tegularis</i> (Desv.) Proctor & Lourteig	Hymenophyllaceae	3025	
<i>Hymenophyllum trichomanoides</i> Bounicate	Hymenophyllaceae	2894	
<i>Hymenophyllum undulatum</i> (Sw.) Sw.	Hymenophyllaceae	2800-3000	
<i>Hymenophyllum</i> sp.	Hymenophyllaceae	2859-2900	
<i>Hypericum decandrum</i> Turcz.	Hypericaceae	2825-3400	
<i>Hypericum harlingii</i> N. Robson	Hypericaceae	2825-3425	
<i>Hypericum lancioides</i> Cuatrec.	Hypericaceae	3100-3200	
<i>Hypericum sprucei</i> N. Robson	Hypericaceae	3025	
<i>Hypericum</i> sp.	Hypericaceae	3100-3200	
<i>Ilex andicola</i> Loes.	Aquifoliaceae	2900-3200	
<i>Ilex myricoides</i> Kunth	Aquifoliaceae	2800-3350	
<i>Ilex rupicola</i> Kunth	Aquifoliaceae	2800-2960	
<i>Ilex weberlingii</i> Loizeau & Spichiger	Aquifoliaceae	2800-3100	
<i>Ilex</i> sp.	Aquifoliaceae	2960	
<i>Isidrogalvia falcata</i> Ruiz & Pav.	Melanthiaceae	2980-3300	
<i>Isoetes novo-granadensis</i> H. P. Fuchs	Isoetaceae	3300	
<i>Isolepis</i> sp.	Cyperaceae	2905-3350	
<i>Jamesonia goudotii</i> (Hieron.) C. Chr.	Pteridaceae	3400	

Especie	Familia	Rango altitudinal (msnm)	Categoría IUCN
<i>Juncus microcephalus</i> Kunth	Juncaceae	3350	
<i>Kaunia</i> sp.	Asteraceae	3200	
<i>Lachemilla nivalis</i> (Kunth) Rothm.	Rosaceae	3450	
<i>Lachemilla orbiculata</i> (Ruiz & Pav.) Rydb.	Rosaceae	2800	
<i>Langsdorffia</i> sp.	Balanophoraceae	3050	
<i>Larnax psilophyta</i> N.W. Sawyer	Solanaceae	2975	
<i>Larnax sachapapa</i> Hunz.	Solanaceae	2850-2870	
<i>Larnax suffruticosa</i> (Dammer) Hunz.	Solanaceae	2810-3200	
<i>Larnax</i> sp.	Solanaceae	2810	
<i>Lellingeria major</i> (Copel) A. R. Sm. & R. C. Moran	Polypodiaceae	2880	
<i>Lepanthes ballatrix</i> Luer	Orchidaceae	2800-2900	
<i>Lepanthes mucronata</i> Lindl.	Orchidaceae	2825	
<i>Lepanthes nanegalensis</i> Rchb. f.	Orchidaceae	2900	
<i>Lepanthes otara</i> Luer	Orchidaceae	2887-2900	
<i>Lepanthes</i> sp.	Orchidaceae	2873-2900	
<i>Liabum</i> sp.	Asteraceae	2900	
<i>Llerasia lehmannii</i> (Hieron.) Cuatrec.	Asteraceae	2900-3200	
<i>Loricaria thuyoides</i> (Lam.) Sch. Bip.	Asteraceae	3025-3100	
<i>Loricaria</i> sp.	Asteraceae	3050-3400	
<i>Lozanella enantiophylla</i> (Donn. Sm.) Killip & C.V. Morton	Cannabaceae	2900-3100	
<i>Luzula gigantea</i> Desv.	Juncaceae	3420	
<i>Lycopodiella pendulina</i> (Hook.) B. Øllg.	Lycopodiaceae	2900-3150	
<i>Lycopodium clavatum</i> L.	Lycopodiaceae	2900-3400	
<i>Lycopodium jussiaei</i> Desv. ex Poir.	Lycopodiaceae	2900-3200	
<i>Lycopodium magellanicum</i> (P. Beauv.) Sw.	Lycopodiaceae	3200-3420	
<i>Lycopodium thuyoides</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	Lycopodiaceae	2900	
<i>Lycopodium vestitum</i> Desv. ex Poir.	Lycopodiaceae	3400 msnm	
<i>Lycopodium</i> sp.	Lycopodiaceae	3400	
<i>Lysipomia aretioides</i> Kunth	Campanulaceae	3100	

Especie	Familia	Rango altitudinal (msnm)	Categoría IUCN
<i>Lysipomia bilineata</i> McVaugh	Campanulaceae	3240	
<i>Lysipomia cylindrocarpa</i> T.J. Ayers	Campanulaceae	3400	
<i>Lysipomia laricina</i> E. Wimm.	Campanulaceae	3270-3400	
<i>Macleania hirtiflora</i> (Benth.) A. C. Sm.	Ericaceae	2825	
<i>Macleania rupestris</i> (Kunth) A. C. Sm.	Ericaceae	2825-3150	
<i>Macleania salapa</i> (Benth.) Hook. f. ex. Hoerold.	Ericaceae	2950-3400	
<i>Macrocarpaea angelliae</i> J. R. Grant & Struwe	Gentianaceae	2960-3000	
<i>Macrocarpaea arborescens</i> Gilg	Gentianaceae	2900-3200	
<i>Macrocarpaea luna-gentiana</i> J. R. Grant & Struwe	Gentianaceae	2900-3100	
<i>Manettia trianae</i> Wernham	Rubiaceae	3100	
<i>Manettia</i> sp.	Rubiaceae	2800-2900	
<i>Masdevallia macropus</i> F. Lehm. & Kraenzl.	Orchidaceae	2900	
<i>Masdevallia picta</i> Luer	Orchidaceae	2800-3000	
<i>Masdevallia rosea</i> Lindl.	Orchidaceae	2800-2900	
<i>Masdevallia</i> sp.	Orchidaceae	2900	
<i>Maxillaria alpestris</i> Lindl.	Orchidaceae	2900	
<i>Maxillaria arachnites</i> Rchb. f.	Orchidaceae	2975-3350	
<i>Maxillaria arbuscula</i> (Lindl.) Rchb. f.	Orchidaceae	2850	
<i>Maxillaria aurea</i> (Poepp. & Endl.) L. O. Williams	Orchidaceae	2825	
<i>Maxillaria calantha</i> Schltr.	Orchidaceae	2800	
<i>Maxillaria floribunda</i> Lindl.	Orchidaceae	2900	
<i>Maxillaria longipes</i> Lindl.	Orchidaceae	2900-3025	
<i>Maxillaria nutans</i> Lindl.	Orchidaceae	2800-3000	
<i>Maxillaria platyloba</i> Schltr.	Orchidaceae	2850	
<i>Maxillaria polyphylla</i> Rchb. f.	Orchidaceae	2950-3400	
<i>Maxillaria</i> sp.	Orchidaceae	2810-3270	
<i>Maytenus</i> sp.	Celastraceae	2900-3360	
<i>Megalastrum biseriale</i> (Baker) A. R. Sm. & R. C. Moran	Dryopteridaceae	2950	
<i>Megalastrum</i> sp.	Dryopteridaceae	3250	

Especie	Familia	Rango altitudinal (msnm)	Categoría IUCN
<i>Meliosma meridensis</i> Lasser	Sabiaceae	2900-3000	
<i>Melpomene occidentalis</i> Lehnert	Polypodiaceae	2859-2886	
<i>Melpomene pseudonutans</i> (H. Christ & Rosenst.) A. R. Sm & R. C. Moran	Polypodiaceae	2883	
<i>Melpomene wolfii</i> (Hieron.) A. R. Sm. & R. C. Moran	Polypodiaceae	2859-2882	
<i>Meriania furvanthera</i> Wurdack	Melastomataceae	2900	
<i>Meriania loxensis</i> Gleason	Melastomataceae	2800-2950	
<i>Meriania maguirei</i> Wurdack	Melastomataceae	2800-2975	
<i>Meriania radula</i> (Benth.) Triana	Melastomataceae	2825	
<i>Meriania rigida</i> (Benth.) Triana	Melastomataceae	2850-2900	
<i>Meriania sanguinea</i> Wurdack	Melastomataceae	2900-3000	
<i>Meriania tomentosa</i> (Cogn.) Wurdack	Melastomataceae	2800-2950	
<i>Meriania</i> sp.	Melastomataceae	2950-3100	
<i>Mezobromelia capituligera</i> (Griseb.) J. R. Grant	Bromeliaceae	2850	
<i>Mezobromelia fulgens</i> L.B.Sm.	Bromeliaceae	2800-3000	
<i>Miconia asperrima</i> Triana	Melastomataceae	2900	
<i>Miconia bracteolata</i> (Bonpl.) DC.	Melastomataceae	3425	
<i>Miconia bullata</i> (Turcz.) Triana	Melastomataceae	2960-3350	
<i>Miconia caelata</i> (Bonpl.) DC.	Melastomataceae	2800-3200	
<i>Miconia cf. loxensis</i> (Bonpl.) DC.	Melastomataceae	2900-2960	
<i>Miconia chionophila</i> Naudin	Melastomataceae	2825	
<i>Miconia cladonia</i> Gleason	Melastomataceae	3075	
<i>Miconia corymbiformis</i> Cogn.	Melastomataceae	3000-3100	
<i>Miconia dissimulans</i> Wurdack	Melastomataceae	2825-2900	
<i>Miconia dodsonii</i> Wurdack	Melastomataceae	3420	
<i>Miconia hexamera</i> Wurdack	Melastomataceae	2850-3200	
<i>Miconia jahnii</i> Pittier	Melastomataceae	2850	
<i>Miconia latifolia</i> (D. Don) Naudin	Melastomataceae	2900-3400	
<i>Miconia ligustrina</i> (Sm.) Triana	Melastomataceae	2900-3200	
<i>Miconia media</i> (D. Don) Naudin	Melastomataceae	2900	
<i>Miconia micropetala</i> Cogn.	Melastomataceae	2900-3350	
<i>Miconia namandensis</i> Wurdack	Melastomataceae	2850-3150	

Espece	Familia	Rango altitudinal (msnm)	Categoría IUCN
<i>Miconia obscura</i> (Bompl) Triana	Melastomataceae	2800-3200	
<i>Miconia oellgaardii</i> E. Cotton	Melastomataceae	2850-2900	
<i>Miconia paludigena</i> Wurdack	Melastomataceae	2900-3400	
<i>Miconia radula</i> Cogn.	Melastomataceae	2825-2900	
<i>Miconia aff. rotundifolia</i> (D. Don) Naudin	Melastomataceae	3425	
<i>Miconia salicifolia</i> (Bonpl. ex Naudin) Naudin	Melastomataceae	2850-2960	
<i>Miconia stenophylla</i> Wurdack	Melastomataceae	2850	
<i>Miconia suborbicularis</i> Cogn.	Melastomataceae	2825-3425	
<i>Miconia theaezans</i> (Bonpl.) Cogn.	Melastomataceae	2825-3400	
<i>Miconia tinifolia</i> Naudin	Melastomataceae	2800-3400	
<i>Miconia vaccinioides</i> (D. Don) Naudin	Melastomataceae	2880-3100	
<i>Miconia</i> sp.	Melastomataceae	2800-2905	
<i>Mikania aschersonii</i> Hieron.	Asteraceae	2900	
<i>Mikania brachyphylla</i> Hieron.	Asteraceae	2850-3270	
<i>Mikania brachysephylla</i> Hieron.	Asteraceae	2825	
<i>Mikania decora</i> Poepp.	Asteraceae	2900-3375	
<i>Mikania featherstonei</i> B.L. Rob.	Asteraceae	2800-3360	
<i>Mikania harlingii</i> R.M. King & H. Rob.	Asteraceae	2800-3075	
<i>Mikania pichinchensis</i> Hieron.	Asteraceae	2850	
<i>Mikania</i> sp.	Asteraceae	2900-3350	
<i>Monnina arbuscula</i> Chodat	Polygalaceae	2900-2905	
<i>Monnina cestrifolia</i> (Bonpl.) Kunth	Polygalaceae	2950-3350	
<i>Monnina confusa</i> Ferreyra	Polygalaceae	2850-3100	
<i>Monnina decurrens</i> Ferreyra	Polygalaceae	2950-3150	
<i>Monnina pseudosalicifolia</i> Ferreyra	Polygalaceae	2800-3100	
<i>Monnina subscandens</i> Triana & Planch.	Polygalaceae	2800-3000	
<i>Monnina</i> sp.	Polygalaceae	3000-3400	
<i>Monochaetum lineatum</i> (Don.) Naud.	Melastomataceae	2950-3350	
<i>Monticalia myrsinites</i> (Turcz.) C. Jeffrey	Asteraceae	3000-3400	
<i>Monticalia</i> sp.	Asteraceae	2900-3400	
<i>Morella interrupta</i> (Benth.) Laegaard	Myricaceae	2900-3150	

Espece	Familia	Rango altitudinal (msnm)	Categoría IUCN
<i>Moritzia lindenii</i> (A.DC) Benth. ex Gürke	Boraginaceae	2800-3400	
<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i> (Kunth) Meisn	Melastomataceae	2900-3400	
<i>Muehlenbeckia</i> sp.	Melastomataceae	2900	
<i>Munnozia campii</i> H. Rob.	Asteraceae	2950	
<i>Munnozia jussieui</i> (Cass.) H. Rob. & Brettell	Asteraceae	2900-3100	
<i>Munnozia nivea</i> (Hieron.) H. Rob. & Brettell	Asteraceae	2800-3310	
<i>Munnozia senecionidis</i> Benth.	Asteraceae	2960-3100	
<i>Munnozia</i> sp.	Asteraceae	2825-3200	
<i>Myoxanthus eumeces</i> (Luer) Luer	Orchidaceae	2950	
<i>Myrcianthes myrsinoides</i> (Kunth.) Grifo	Myrtaceae	2950	
<i>Myrcianthes rhopaloides</i> (Kunth) Mc Vaugh.	Myrtaceae	3200-3360	
<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	Primulaceae	2825-3200	
<i>Myrsine dependens</i> (Ruiz & Pav.) Spreng.	Primulaceae	2850-3360	
<i>Myrsine latifolia</i> (Ruiz & Pav.) Spreng.	Primulaceae	2950	
<i>Myrteola nummularia</i> (Poir.) O.Berg	Myrtaceae	2850-3400	
<i>Myrteola phyllicoides</i> (Benth.) Landrum	Myrtaceae	2900-3100	
<i>Myrteola</i> sp.	Myrtaceae	2950-3270	
<i>Nasa loxensis</i> (Kunth) Weigend	Loasaceae	2900-3000	
<i>Neonelsonia acuminata</i> (Benth.) J.M. Coult. & Rose ex Druce	Apiaceae	2850	
<i>Nertera granadensis</i> (Mutis ex L. f.) Druce	Rubiaceae	2800-3000	
<i>Chusquea asymmetrica</i> L.G.Clark	Poaceae	3050-3360	
<i>Chusquea elata</i> (Kunth) Pilg.	Poaceae	2960-3150	
<i>Chusquea laegaardii</i> L.G. Clark	Poaceae	3000-3200	
<i>Chusquea nana</i> L.G. Clark.	Poaceae	3050-3400	
<i>Niphogeton dissecta</i> (Benth.) J. F. Macbr.	Apiaceae	2825-3400	
<i>Ocotea infrafoveolata</i> van der Werff	Lauraceae	2850-3090	
<i>Ocotea rotundata</i> van der Werff	Lauraceae	2900	
<i>Ocotea sericea</i> Kunth	Lauraceae	2950	
<i>Ocotea</i> sp.	Lauraceae	2825	

Espece	Familia	Rango altitudinal (msnm)	Categoría IUCN
<i>Odontoglossum</i> sp.	Orchidaceae	3350	
<i>Oligactis coriaceae</i> (Hieron.) H. Rob. & Brettell	Asteraceae	2800-3100	
<i>Oreanthes fragilis</i> (A.C. Sm.) Luteyn	Ericaceae	3300	
<i>Oreanthes hypogaeus</i> (A.C. Sm.) Luteyn	Ericaceae	2800-3000	
<i>Oreobolus goeppingeri</i> Suess.	Cyperaceae	2825-3400	
<i>Oreobolus venezuelensis</i> Steyerm.	Cyperaceae	2900-3400	
<i>Oreobolus</i> sp.	Cyperaceae	3400 msnm	
<i>Oreocallis grandiflora</i> (Lam.) R. Br.	Proteaceae	2825-3200	
<i>Oreocallis</i> sp.	Proteaceae	3000	
<i>Oreopanax andreanus</i> Marchal	Araliaceae	2850-3100	
<i>Oreopanax sessiliflorus</i> (Benth.) Decne. & Planch.	Araliaceae	2825-3400	
<i>Oreopanax trifidus</i> Borchs.	Araliaceae	2900	
<i>Oreopanax</i> sp.	Araliaceae	2850-3376	
<i>Oritrophium peruvianum</i> (Lam.) Cuatrec	Asteraceae	2850-3420	
<i>Oritrophium repens</i> (Kunth) Cuatrec.	Asteraceae	2900-3400	
<i>Oritropium</i> sp.	Asteraceae	3200	
<i>Orthaea fimbriata</i> Luteyn	Ericaceae	2850-3400	
<i>Orthrosanthus chimboracensis</i> (Kunth) Baker	Iridaceae	2950	
<i>Oxalis elegans</i> Kunth.	Oxalidaceae	3270	
<i>Oxalis spiralis</i> Ruiz & Pav. ex G. Don	Oxalidaceae	2900-3300	
<i>Oxalis</i> sp.	Oxalidaceae	2850-3375	
<i>Pachyphyllum crystallinum</i> Lindl.	Orchidaceae	2850	
<i>Pachyphyllum peperomoides</i> Kraenzl.	Orchidaceae	2900-2937	
<i>Pachyphyllum</i> sp.	Orchidaceae	2900-3290	
<i>Paepalanthus ensifolius</i> (Kunth) Kunth	Eriocaulaceae	2950-3200	LC
<i>Paepalanthus</i> sp.	Eriocaulaceae	3100	
<i>Palicourea apicata</i> Kunth	Rubiaceae	2900-3050	
<i>Palicourea azurea</i> C.M. Taylor	Rubiaceae	2850-3200	CR
<i>Palicourea calycina</i> Benth	Rubiaceae	2850	VU
<i>Palicourea chloracaerulea</i> Krause	Rubiaceae	2960	

Especie	Familia	Rango altitudinal (msnm)	Categoría IUCN
<i>Palicourea heterochroma</i> K.Schum. & K. Krause	Rubiaceae	2900-3100	
<i>Palicourea lobbii</i> Standl.	Rubiaceae	2900-3310	VU
<i>Palicourea lyristipula</i> Wernham	Rubiaceae	2900-3050	
<i>Palicourea stipularis</i> Benth.	Rubiaceae	2800-3350	
<i>Palicourea weberbaueri</i> Krause	Rubiaceae	2900	
<i>Palicourea</i> sp.	Rubiaceae	2900	
<i>Panicum stigmatosum</i> Trin.	Poaceae	2900	
<i>Panopsis multiflora</i> (Schott ex Spreng.) Ducke	Proteaceae	3100	
<i>Paspalum</i> sp.	Poaceae	2900	
<i>Passiflora cumbalensis</i> (H. Karst.) Harms	Passifloraceae	2825-2900	
<i>Passiflora loxensis</i> Killip & Cuatrec.	Passifloraceae	2920-3200	EN
<i>Pedicularis incurva</i> Benth.	Scrophulariaceae	2880-3400	
<i>Pentacalia andicola</i> (Turcz.) Cuatrec.	Asteraceae	2859-3400	
<i>Pentacalia arbutifolia</i> Kunth.	Asteraceae	3400	
<i>Pentacalia corazonensis</i> (Hieron.) Cuatrec.	Asteraceae	2900	VU
<i>Pentacalia myrsinites</i> (Turcz.) Cuatr.	Asteraceae	2950	
<i>Pentacalia orinocensis</i> (DC.) Cuatr.	Asteraceae	2900	
<i>Pentacalia theaefolia</i> (Benth.) Cuatrec.	Asteraceae	2900	
<i>Pentacalia</i> sp.	Asteraceae	3400	
<i>Peperomia galioides</i> Kunth	Piperaceae	2900	
<i>Peperomia obtusifolia</i> (L.) A. Dietr.	Piperaceae	2800	
<i>Peperomia obtusa</i> Yunck.	Piperaceae	2900	
<i>Peperomia persulcata</i> Yunck.	Piperaceae	2800-3090	NT
<i>Peperomia</i> sp.	Piperaceae	3100	
<i>Pernettya prostrata</i> (Cav.) DC.	Ericaceae	2825-3400	
<i>Persea brevipes</i> Meisn.	Lauraceae	2900-3425	
<i>Persea bullata</i> Kopp	Lauraceae	2850-2950	VU
<i>Persea campii</i> Kopp	Lauraceae	2950-2960	EN
<i>Persea ferruginea</i> Kunth	Lauraceae	2850-2950	
<i>Persea</i> sp.	Lauraceae	2900	
<i>Pilea</i> sp.	Urticaceae	2900	



Espece	Familia	Rango altitudinal (msnm)	Categoría IUCN
<i>Pinguicula calyptрата</i> Kunth	Lentibulariaceae	2900-3100	
<i>Piper brevispicum</i> C. DC.	Piperaceae	2900-3200	
<i>Piper nebuligaudens</i> Yunck.	Piperaceae	2825	VU
<i>Piper</i> sp.	Piperaceae	2800-2975	
<i>Pitcairnia pungens</i> Kunth.	Bromeliaceae	2750-3270	
<i>Pitcairnia trianae</i> André	Bromeliaceae	2800-3100	
<i>Plantago australis</i> Lam.	Plantaginaceae	2900-2950	
<i>Platystele</i> sp.	Orchidaceae	2850	
<i>Pleurothallis cardiostola</i> Rchb. f.	Orchidaceae	2850	
<i>Pleurothallis cf. expansa</i> Lindl.	Orchidaceae	2800-3200	
<i>Pleurothallis cordata</i> (Ruiz & Pav.) Lindl.	Orchidaceae	2900	
<i>Pleurothallis coriacardia</i> Rchb. f.	Orchidaceae	3100	
<i>Pleurothallis ligulata</i> Lindl.	Orchidaceae	3000	
<i>Pleurothallis schizopogon</i> Luer	Orchidaceae	2900	
<i>Pleurothallis</i> sp.	Orchidaceae	2900-3100	
<i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don ex Lamb.	Podocarpaceae	2825-2850	LC
<i>Polypodium bolivianum</i> Rosenst.	Polypodiaceae	2800-3000	
<i>Polypodium subandinum</i> Sodiro	Polypodiaceae	2800-3270	
<i>Polytrichum</i> sp.	Polytrichaceae	2800	
<i>Prumnopitys montana</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) de Laub.	Podocarpaceae	2818	VU
<i>Psammisia</i> sp.	Ericaceae	2800	
<i>Psittacanthus truncatus</i> Kuijt	Loranthaceae	2900	
<i>Psychotria reticulata</i> Ruiz & Pav.	Rubiaceae	2950	
<i>Pterichis parvifolia</i> (Lindl.) Schltr.	Orchidaceae	2950	
<i>Puya aequatorialis</i> André	Bromeliaceae	3400	LC
<i>Puya eryngioides</i> André	Bromeliaceae	3025-3400	LC
<i>Puya maculata</i> L. B. Sm.	Bromeliaceae	3200-3400	CR
<i>Puya nitida</i> Mez.	Bromeliaceae	2850-3050	
<i>Puya obconica</i> L. B. Sm.	Bromeliaceae	2850-2950	NT
<i>Puya pygmaea</i> L.B. Sm.	Bromeliaceae	3400	CR
<i>Puya</i> sp.	Bromeliaceae	3270	
<i>Racinaea adpressa</i> (André) J. R. Grant	Bromeliaceae	2900	

Espece	Familia	Rango altitudinal (msnm)	Categoría IUCN
<i>Racinaea riocreuxii</i> (André) M. A. Spencer & L. B. Sm.	Bromeliaceae	3050	
<i>Racinaea seemannii</i> (Baker) M.A.Spencer & L. B. Sm.	Bromeliaceae	3000	
<i>Racinaea tetrantha</i> (Ruiz & Pav.) M.A. Spencer & L.B. Sm.	Bromeliaceae	2800-2950	
<i>Racinaea tripinnata</i> (BaKer) M. A. Spencer & L. B. Sm.	Bromeliaceae	3200	EN
<i>Ranunculus guzmanii</i> Humb. ex Caldas	Ranunculaceae	3400	
<i>Rhynchospora vulcani</i> Boeck.	Cyperaceae	2850-3400	
<i>Rhynchospora tenuis</i> Link	Cyperaceae	2900	
<i>Rhynchospora</i> sp.	Cyperaceae	3175	
<i>Ribes</i> sp.	Grossulariaceae	3400	
<i>Ruagea glabra</i> Triana & Planch.	Meliaceae	2900	
<i>Ruagea hirsuta</i> (C.DC.) Harms	Meliaceae	2850	
<i>Ruagea microphylla</i> W. palacios	Meliaceae	2800	VU
<i>Ruagea</i> sp.	Meliaceae	2800	
<i>Rubus coriaceus</i> Poir.	Rosaceae	2800-3200	
<i>Rubus laegaardii</i> Romoleroux	Rosaceae	2900-3270	VU
<i>Rubus megalococcus</i> Focke	Rosaceae	2800	
<i>Rubus roseus</i> Poir.	Rosaceae	2800-3000	
<i>Rubus</i> sp.	Rosaceae	2800	
<i>Rumex tolimensis</i> Wedd.	Polygonaceae	2825	
<i>Salpichroa</i> sp.	Solanaceae	2900	
<i>Salvia pichinchensis</i> Benth.	Lamiaceae	2800-3050	
<i>Salvia</i> sp.	Lamiaceae	3100	
<i>Saracha punctata</i> R. & P.	Solanaceae	2910-3400	
<i>Saurauia lehmannii</i> Hieron.	Actinidaceae	3350	NT
<i>Saurauia tambensis</i> Killip	Actinidaceae	2825-2900	VU
<i>Schefflera</i> sp.	Araliaceae	2850-3075	
<i>Selaginella moritziana</i> Spring ex Klotzsch	Selaginellaceae	2850-3050	
<i>Semiramisia speciosa</i> (Benth.) Klotzsch	Ericaceae	2900	
<i>Senecio andicola</i> Turcz.	Asteraceae	3375	
<i>Senecio cf. hypsobates</i> Wedd.	Asteraceae	2900	

Espece	Familia	Rango altitudinal (msnm)	Categoría IUCN
<i>Senecio tephrosioides</i> Turcz.	Asteraceae	3270-3400	
<i>Senecio</i> sp.	Asteraceae	3270	
<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC.	Monimiaceae	2850	
<i>Siparuna</i> sp.	Monimiaceae	2900	
<i>Siphocampylus scandens</i> (Kunth ) G. Don	Campanulaceae	2900-3000	LC
<i>Siphocampylus</i> sp.	Campanulaceae	2850-2950	
<i>Sisyrinchium alatum</i> Hook	Iridaceae	2850-3200	
<i>Sisyrinchium chilense</i> Hook	Iridaceae	2850-3350	
<i>Sisyrinchium tinctorium</i> Kunth	Iridaceae	3000-3400	
<i>Smilax benthamiana</i> A. DC.	Smilacaceae	2900	
<i>Smilax</i> sp.	Smilacaceae	3400	
<i>Solanum barbulatum</i> Zahlbr.	Solanaceae	2800-3400	
<i>Solanum caripense</i> Dunal	Solanaceae	2900	
<i>Solanum cutervanum</i> Zahlbr.	Solanaceae	2920-3350	
<i>Sphangnum capillaceum</i> (Weiss) Schrank	Sphagnaceae	2900	
<i>Sphrospermum cordifolium</i> Benth.	Ericaceae	2800-3350	
<i>Stelis brevicaulis</i> Luer & Hirtz	Orchidaceae	2900-3400	
<i>Stelis brevilabris</i> Lindl.	Orchidaceae	2950	
<i>Stelis debilis</i> Luer	Orchidaceae	2900	
<i>Stelis fabulosa</i> Luer & Hirtz	Orchidaceae	2900	
<i>Stelis loxensis</i> Lindl.	Orchidaceae	2887-3000	
<i>Stelis madsenii</i> Luer & Endara	Orchidaceae	2900	
<i>Stelis patinaria</i> Luer & Hirtz	Orchidaceae	2900	
<i>Stelis pusilla</i> Kunth	Orchidaceae	2800-3200	
<i>Stelis rosamarie</i> Luer & Hirtz	Orchidaceae	2800-3050	
<i>Stelis schomburgkii</i> Fawcett & Rendl.	Orchidaceae	2900	
<i>Stelis tempestuosa</i> Luer & Hirtz	Orchidaceae	2900-3350	
<i>Stelis</i> sp.	Orchidaceae	2800-2900	
<i>Stellaria recurvata</i> Kunth	Caryophyllaceae	2850	LC
<i>Stemodia suffruticosa</i> Kunth	Scrophulariaceae	2825	
<i>Sticherus lechleri</i> (Mett, ex Kuhn) Nakai	Gleicheniaceae	2905-3400	
<i>Sticherus revolutus</i> (Kunth) Ching	Gleichenaceae	2250-3400	

Especie	Familia	Rango altitudinal (msnm)	Categoría IUCN
<i>Sticherus rubiginosus</i> (Mett.) Nakai	Gleicheniaceae	2900	
<i>Stilpnophyllum oellgaardii</i> L. Andersson	Rubiaceae	2960	
<i>Styrax loxensis</i> Park.	Styracaceae	2850-3400	
<i>Symbolanthus mathewsii</i> (Griseb.) Ewan	Gentianaceae	3075	
<i>Symplocos apiciflora</i> B. Ståhl	Symplocaceae	2850-2960	
<i>Symplocos clethrifolia</i> B. Ståhl	Symplocaceae	3000-3400	VU
<i>Symplocos fuscata</i> B. Ståhl	Symplocaceae	2900-3400	VU
<i>Symplocos quitensis</i> Brand	Symplocaceae	3000-3400	
<i>Symplocos sulcinervia</i> B. Ståhl	Symplocaceae	3100	
<i>Symplocos</i> sp.	Symplocaceae	2800-3270	
<i>Syngonanthus</i> sp.	Eriocaulaceae	3100	
<i>Telipogon dodsonii</i> Braas	Orchidaceae	2850-2900	
<i>Telipogon venustus</i> Schltr.	Orchidaceae	3350	
<i>Telipogon</i> sp.	Orchidaceae	2877	
<i>Themistoclesia epiphytica</i> A.C. Sm.	Ericaceae	2850-3270	
<i>Ternstroemia macrocarpa</i> Triana & Planch.	Theaceae	2850	
<i>Terpsichore semihirsuta</i> (Klotzsch) A. R. Sm.	Polypodiaceae	2900	
<i>Terpsichore subflabelliformis</i> A.R. Sm.	Polypodiaceae	2835	
<i>Terpsichore</i> sp.	Polypodiaceae	2880	
<i>Thelypteris euthythrax</i> A.R.Sm	Thelypteridaceae	3270-3400	VU
<i>Thelypteris minutula</i> C.V. Morton	Thelypteridaceae	2865	
<i>Thelypteris oligocarpa</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Ching	Thelypteridaceae	3100	
<i>Thelypteris</i> sp.	Thelypteridaceae	2865-2880	
<i>Thibaudia benjaminii</i> Luteyn	Ericaceae	2825-3350	
<i>Thibaudia joergensenii</i> A. C. Sm.	Ericaceae	2800-3350	
<i>Thibaudia parvifolia</i> (Benth.) Hoerold	Ericaceae	2960-3400	
<i>Tillaea</i> sp.	Crassulaceae	2850	
<i>Tillandsia aequatorialis</i> L.B.Sm.	Bromeliaceae	3270	
<i>Tillandsia complanata</i> Benth.	Bromeliaceae	2900	
<i>Tillandsia confinis</i> L.B. Sm.	Bromeliaceae	2900	
<i>Tillandsia denudata</i> André	Bromeliaceae	2887	

Especie	Familia	Rango altitudinal (msnm)	Categoría IUCN
<i>Tillandsia towarensis</i> Mez.	Bromeliaceae	2875-3050	
<i>Tillandsia</i> sp.	Bromeliaceae	2900	
<i>Tournefortia</i> sp.	Boraginaceae	2850-3200	
<i>Trichomanes angustatum</i> Carmich.	Hymenophyllaceae	2900	LC
<i>Trichomanes diaphanum</i> Kunth	Hymenophyllaceae	2850-3050	
<i>Trichomanes hymenoides</i> Hedw.	Hymenophyllaceae	2859	
<i>Trichosalpinx</i> sp.	Orchidaceae	3100	
<i>Tristerix longibracteatus</i> (Desr.) Barlow & Wiens	Loranthaceae	3075	
<i>Uncinia hamata</i> (Sw.) Urb.	Cyperaceae	2900-3175	
<i>Uncinia</i> sp.	Cyperaceae	2900	
<i>Utricularia unifolia</i> Ruiz & Pav.	Lentibulariaceae	2825-2905	
<i>Vaccinium crenatum</i> (G. Don) Sleumer	Ericaceae	3400	
<i>Vaccinium floribundum</i> Kunth	Ericaceae	2950-3400	
<i>Valeriana aretioides</i> Kunth	Scrophulariaceae	3200	LC
<i>Valeriana clematitis</i> Kunth	Scrophulariaceae	2800-3000	
<i>Valeriana convallarioides</i> (Schmale) B.B. Larsen	Scrophulariaceae	2850-3400	
<i>Valeriana microphylla</i> Kunth	Scrophulariaceae	3025-3450	
<i>Valeriana plantaginea</i> Kunth	Scrophulariaceae	3000-3460	
<i>Valeriana punctata</i> F. G. Mey.	Scrophulariaceae	2950-3160	
<i>Valeriana tatamana</i> Killip	Scrophulariaceae	3400	
<i>Vallea ecuadorensis</i> J. Jaram.	Elaeocarpaceae	2850-3100	NT
<i>Viburnum obtectum</i> H.Vargas	Caprifoliaceae	2900	
<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	Caprifoliaceae	2920	
<i>Viburnum</i> sp.	Caprifoliaceae	2800-3050	
<i>Viola lehmanii</i> W. Becker ex H. E. Ballard & P. Jorg.	Violaceae	2825-2905	
<i>Viola stipularis</i> Sw.	Violaceae	2818-2880	
<i>Vittaria remota</i> Fée	Vittariaceae	2900	
<i>Vriesea boeghii</i> H. Luther	Bromeliaceae	3100	NT
<i>Vriesea tequendamae</i> (Andre) L.B. Sm.	Bromeliaceae	2900	
<i>Vriesea</i> sp.	Bromeliaceae	2900	
<i>Weinmannia auriculifera</i> Hieron.	Cunoniaceae	2950	

Especie	Familia	Rango altitudinal (msnm)	Categoría IUCN
<i>Weinmannia cochensis</i> Hieron.	Cunoniaceae	2825-3400	
<i>Weinmannia elliptica</i> Kunth	Cunoniaceae	2825-3400	
<i>Weinmannia fagaroides</i> Kunth	Cunoniaceae	2850-3400	
<i>Weinmannia glabra</i> L.f.	Cunoniaceae	2850-3100	
<i>Weinmannia loxensis</i> Harling	Cunoniaceae	2850-3400	VU
<i>Weinmannia macrophylla</i> Kunth	Cunoniaceae	2960-3400	
<i>Weinmannia polyphylla</i> Moric. ex DC.	Cunoniaceae	2850-3425	
<i>Weinmannia pubescens</i> Kunth	Cunoniaceae	2900-3200	
<i>Weinmannia rollottii</i> Killip	Cunoniaceae	2850-3400	
<i>Weinmannia trianaea</i> Wedd.	Cunoniaceae	2800-3235	
<i>Weinmannia</i> sp.	Cunoniaceae	2900	
<i>Xyris subulata</i> Ruiz & Pav.	Xyridaceae	2850-3400	
<i>Zinowiewia madsenii</i> C.Ulloa & P.M.Jørg.	Celastraceae	2900-3075	VU





Páramos de las lagunas del Compadre. Parque Nacional Podocarpus, Ecuador.  
Fotografía: Nikolay Aguirre





## PARTE III MONITOREO DE LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

### Iniciativas de Monitoreo del Cambio Climático

**Paúl Eguiguren<sup>1,2\*</sup>, Tatiana Ojeda-Luna<sup>1,2</sup> Nikolay Aguirre<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Programa de Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. Universidad Nacional de Loja. Ecuador

<sup>2</sup> Carrera de Ingeniería Forestal. Universidad Nacional de Loja. Ecuador

\*Autor para correspondencia: paul.eguiguren@unl.edu.ec

#### Introducción

En las últimas décadas se ha observado cambios en la cantidad de gases de efecto invernadero, así como también en la radiación solar, lo que ha alterado el balance energético del planeta y su sistema climático; esta alteración está estrechamente relacionada con las acciones antrópicas. En consecuencia, en el planeta las concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono resultado de la quema combustibles fósiles y el cambio del uso del suelo; y, el metano y óxido nitroso debido a la agricultura, se han incrementado fuertemente desde la era industrial (IPCC, 2013).

El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) ha sido sin duda una de las organizaciones que mayor énfasis ha puesto al entendimiento del fenómeno climático que estamos viviendo. Este grupo promueve evaluaciones del estado del conocimiento científico, técnico y socioeconómico sobre el cambio climático, así como también sus causas, impactos y estrategias de respuesta (adaptación y mitigación) (IPCC, 2015). Los reportes técnicos del IPCC han permitido mejorar el entendimiento de cómo el clima está cambiando, lo que a su vez permite tener una mejor comprensión de las incertidumbres relacionadas con estos cambios y posibilita ampliar la variedad de mediciones climáticas. Sin embargo la cobertura de datos sigue siendo limitada en algunas regiones, aunque han existido avances importantes sobre el entendimiento de los cambios climáticos pasados y actuales; así como de las proyecciones para finales del presente siglo (IPCC, 2013).

Varios autores señalan que los impactos del cambio climático se verán reflejados, en la sociedad, la economía y en los sistemas ecológicos afectando en estos últimos la biodiversidad, bienes y servicios ecosistémicos (IPCC, 2002; Clark; 2004; Feeley *et al.*, 2007; Colwell *et al.*, 2008), de los que dependen las comunidades. En los ecosistemas se espera que el cambio climático afecte sus rangos de distribución y funcionalidad (IPCC; 2002). Particularmente los páramos y aquellos ecosistemas localizados en los ambientes alpinos podrían verse afectados en gran medida, ya que los límites en la distribución de estos ecosistemas podrían disminuirse, provocando un desplazamiento de las especies a altitudes mayores. Esto desencadenará un aislamiento que a su vez podría resultar en la extinción y pérdida de la biodiversidad (Buytaert *et al.*, 2011, Gottfried *et al.*, 2012).

Con estas consideraciones, realizar monitoreos a largo plazo de los efectos del cambio climático sobre la biodiversidad y la distribución de los ecosistemas es una prioridad. Dicho monitoreo debe ser establecido bajo protocolos estandarizados que garantice que los procesos de toma de datos; así como también, el análisis de la información tenga el menor error asociado posible. Adicionalmente el uso de metodologías normalizadas permitirá ejecutar evaluaciones comparativas en diferentes latitudes del planeta.

El monitoreo es una herramienta para investigadores y tomadores de decisiones que contribuye a conocer cuáles, dónde y en qué intensidad el cambio climático influenciará los diferentes niveles de la biodiversidad. Además, sirve como base científica para diseñar acciones de mitigación y adaptación que permitan una mayor resiliencia de los ecosistemas a partir de propuestas de manejo y conservación que contemplen el enfoque climático. Sin duda, la existencia de iniciativas, redes o plataformas orientadas a la generación de conocimiento, el almacenamiento e intercambio de información, son primordiales para apoyar a la investigación integral de la biodiversidad y sus impactos (Balmford *et al.*, 2005; Bendix *et al.*, 2012).

## Iniciativas para el monitoreo del cambio climático

Alrededor del planeta existen muchas organizaciones, iniciativas o redes que tienen como objetivo el entendimiento y monitoreo del cambio climático y del clima en la Tierra. En este sentido a continuación presentamos algunas de las iniciativas que han cobrado mayor importancia en la actualidad.

- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), cuya misión es monitorear y evaluar el estado del clima en la Tierra en tiempo real. Proporciona datos e información sobre las tendencias del clima y su variabilidad, así como también establece comparaciones entre el clima actual y el pasado. Esta información es dirigida principalmente a tomadores de decisiones a nivel público o privado (NOAA, 2015).
- Centro Nacional para la Investigación Atmosférica (National Center for Atmospheric Research–NCAR), en Estados Unidos de Norte América. Este centro pretende entender el comportamiento de la atmósfera y sus sistemas terrestres y geoespaciales relacionados. La información generada dentro del NCAR, sirve para apoyar, mejorar y ampliar las capacidades de la comunidad científica internacional (NCAR, 2015).
- El UK Environmental Change Network (ECN), es un programa integrado para el monitoreo y la investigación ambiental a largo plazo dentro del Reino Unido. Entre sus principales objetivos está el recopilar, analizar e interpretar datos ambientales (cambio climático, contaminación del agua y atmosférica, biodiversidad), a partir de un conjunto de protocolos analíticos para cubrir una amplia gama de respuestas a variables físicas, químicas y biológicas. Además de mantener la integración y análisis de estos datos para identificar los cambios medioambientales naturales y hombre-inducido y mejorar el entendimiento de las causas de este fenómeno para poder predecir eventos futuros (ECN, 2014).
- Scadinavian Circumarctic Network of Terrestrial Field Bases (SCANNET), es una red de base de datos terrestre, que realiza investigaciones colaborativas en el mejoramiento de las observaciones comparativas y el acceso de información del cambio climático. Además, busca facilitar la investigación de estos cambios y sus implicaciones en el norte de Europa y de latitudes más bajas (SCANNET, 2009).
- Global Terrestrial Observing System (GTOS), es un programa creado para observar, modelar y analizar ecosistemas terrestres para apoyar el

desarrollo sustentable. Esta organización facilita el acceso a la información sobre los ecosistemas terrestres para que investigadores y políticos puedan descubrir y manejar el cambio global y regional. Además facilita la comunicación y cooperación entre las iniciativas existentes y promueve la armonización de métodos de medición y procesamiento de datos. Esta iniciativa está dividida en cuatro paneles relacionados a la franja costanera (C-GTOS), observaciones terrestres para el clima (TOPC), observaciones terrestres de carbono (TCO) y el panel de observación global de dinámica de bosques y cobertura de la tierra (GOFC-GOLD). Los paneles han contribuido así a la identificación de variables claves para los sitios de monitoreo de ecosistemas, la generación de base de datos y el establecimiento de redes regionales (GTOS, 2007).

- Global Climate Observing System (GCOS), es un emprendimiento conjunto con Organización Meteorológica Mundial (OMM), la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (IOC) de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y el Consejo Internacional para la Ciencia (ICSU). Se caracteriza por ser un sistema capaz de proporcionar información sobre el monitoreo del sistema climático, detección y atribución del cambio climático, evaluación de impactos para mejorar la adaptación al cambio climático. Todo esto conlleva a la generación de investigación que permita incrementar la comprensión, modelación y predicción del sistema climático (GCOS, 2015).
- Global Ecosystems Monitoring Network (GEM), esta red pretende conocer a partir de protocolos estandarizados cómo el cambio climático puede impactar dentro de las funciones, rasgos y características de los ecosistemas forestales. Las investigaciones se centran en tres continentes (América, Asia y África) (GEM, 2015).
- Red Bosques, en esta red convergen técnicos y representantes de gobiernos nacionales y locales de la región andina. Sus objetivos principales es el establecimiento de sitios a largo plazo de parcelas permanentes de vegetación, para la detección de modificaciones relacionadas con el cambio ambiental global. Esta red se centra en ecosistemas montanos de la cordillera de los andes para fomentar la

colaboración y el fortalecimiento de investigadores y técnicos que desarrollan sus trabajos científicos en estas áreas (Red Bosques, 2015).

- Red Amazónica de Inventarios Forestales (RAINFOR), es una iniciativa internacional que principalmente pretende entender a dinámica de los ecosistemas amazónicos a través de un monitoreo a largo plazo. Sus objetivos están más centrados hacia el comportamiento de la biomasa, estructura y dinámica del bosque; y su relación con el clima local. En este sentido esta red busca conocer como la estructura y la dinámica del bosque se verá afectada por el clima. De esta forma se podrá comprender mejor los patrones espaciales y temporales dentro de la ecología de los bosques (RAINFOR, 2015).
- Climate Change, Latin America Mountain Forest and Adaptation (CLIMIFORAD), se caracteriza por ser una red internacional principalmente de centros de investigación que comparten objetivos relacionados al cambio climático y la gestión forestal adaptativa. En este sentido este programa busca comprender los impactos potenciales del cambio climático en ecosistemas forestales y montañosos. Para esto pretende analizar el impacto en comunidades de flora y fauna, así como también dentro de rodales a partir de indicadores ecológicos y ambientales. La información tanto de fauna como de florea es monitoreada en parcelas permanentes a lo largo de una gradiente altitudinal (CLIMIFORAD, 2014).
- The Global Mountain Biodiversity Assessment (GMBA), es otra iniciativa que explora activamente y explica la gran riqueza biológica de las montañas del mundo, su función y el alto cambio de la biosfera a nivel global. La Red de GMBA fue creada por la Academia de Ciencias de Suiza e inaugurada por DIVERSITAS en el año 2000 durante el cumplimiento de la Agenda 21. Las actividades de la red iniciaron oficialmente emplazando la Primera Conferencia Internacional en la Biodiversidad Montañesa en Rigi-Kaltbad LU, Suiza en septiembre de 2000 (GMBA, 2010).
- The Mountain Research Initiative (MRI), es una organización científica multidisciplinaria que se dirige a los problemas de cambio globales en las regiones montañosas alrededor del mundo; además se esfuerza por apoyar estrategias de investigación y programas para la comprensión de los impactos de cambio global en las áreas de montaña. Uno de sus

principales objetivos es descubrir el cambio medioambiental global en los ambientes de montaña, para luego definir sus consecuencias para las regiones (IHDP, 2008; MRI, 2015)

- Iniciativa para la investigación y el seguimiento global de los ambientes alpinos (Global Observation Research Initiative in Alpine Environments–GLORIA). Esta es una red que centra su atención en el análisis de los impactos del cambio climático en el bioma alpino y por la importancia que constituye para las investigaciones efectuadas en el Parque Nacional Podocarpus, se detalla en el siguiente acápite.

### **Iniciativa GLORIA**

Como se indicó en el párrafo antecedente, GLORIA se enfoca en la observación del bioma alpino, en vista de que es la única unidad biogeográfica distribuida por todo el mundo y de que posee una disminuida intervención antrópica debido a la poca accesibilidad y condiciones climáticas difíciles. La iniciativa GLORIA busca establecer una red a nivel internacional para investigar a largo plazo los impactos del cambio climático en la biodiversidad de alta montaña, a través de la instalación de sitios pilotos de monitoreo en las principales cordilleras del mundo, usando protocolos de seguimiento estándar (para la selección de sitios pilotos, gestión y análisis de datos), y generando información científica sobre los cambios de la biodiversidad en ecosistemas de montañas.

La red permite el suministro de datos estándar cuantitativos sobre las diferencias altitudinales, la riqueza de especies, composición específica, cobertura de la vegetación, temperatura del suelo y período de innivación en las cordilleras de todo el mundo, considerando gradientes verticales y horizontales. Valora los riesgos potenciales de pérdidas de biodiversidad por causa del cambio climático, mediante la comparación de los patrones actuales de distribución de las especies y sus comunidades con los factores ambientales (Pauli *et al.*, 2003).

Hasta el 2015 GLORIA cuenta con 126 sitios piloto establecidos alrededor del planeta (GLORIA, 2015). Adicionalmente, esta red alberga a otras redes regionales que se han conformado en distintas latitudes; un ejemplo de ello es la Red-GLORIA-Andes que gestiona 10 sitios pilotos en países de Sudamérica, los cuales siguen la misma metodología estándar propuesta a nivel mundial. GLORIA-Andes ha contribuido a la conformación de un

sistema de monitoreo regional en los Andes, con el fin de conocer la influencia del cambio climático sobre los ecosistemas alto andinos; generando la base científica que servirá de insumo para generar estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático en la región andina (CONDESAN, 2015).

Desde el año 2008 en el sur del Ecuador se inició un proceso de monitoreo a largo plazo empleando la metodología estandarizada de la red GLORIA. En el páramo del Parque Nacional Podocarpus se instaló un sitio piloto compuesto por tres cimas ubicadas a 3200, 3300 y 3400 msnm respectivamente. Este sitio piloto en la actualidad forma parte de la red global y de la Red GLORIA-Andes (Cuesta *et al.*, 2012, Aguirre *et al.*, 2012); a la vez que se ha convertido en un escenario de investigación donde se están generando las bases científicas que permitirán evaluar *in situ* los efectos del cambio climático, a partir de la observación de cambios en la biodiversidad como posibles desplazamientos, adaptación y extinción de especies.

### Referencias bibliográficas

- Aguirre, N., T. Ojeda, P. Eguiguren, L. Salinas, Z. Aguirre. (2012). Sitio Piloto: Parque Nacional Podocarpus, Ecuador (EC-PNP). En: F. Cuesta, P. Muriel, S. Beck, R. Meneses, S. Halloy, S. Salgado, E. Ortiz, M. Becerra (eds.). Biodiversidad y cambio climático en los Andes Tropicales. Conformación de una red de investigación para monitorear sus impactos y delinear acciones de adaptación. 80-85 p.
- Balmford, A., P. Crane, A. Dobson, R. Green, G. Mace. (2005). The 2010 challenge: data availability, information needs and extraterrestrial insights. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 360: 221-228 p.
- Bendix, J., J. Nieschulze, W. Michener. (2012). Data platforms in integrative biodiversity research. *Ecological Informatics* 11: 1-4 p.
- Buytaert, W., F. Cuesta-Camacho, C. Tobón. (2011). Potential impacts of climate change on the environmental services of humid tropical alpine regions. *Global Ecology and Biogeography* 20: 19-33 p.
- Clark, D. A. (2004). Tropical forests and global warming: slowing it down or speeding it up? *The Ecological Society of America*: 73-81 p.



- CLIMIFORAD. (2014). Impactos potenciales del cambio climático en ecosistemas forestales en cordilleras Latinoamericanas y herramientas para la adaptación de la gestión. Disponible en: <http://www.climiforad.org/>. (Consultado: 01.10.2015)
- Colwell, R., G. Brehm, C. Cardelús, A. Gilman, L. John. (2008). Global Warming, Elevational Range Shifts, and Lowland Biotic Attrition in the Wet Tropics. *Science* 322: 258-261 p.
- CONDESAN. (2015). Monitoreo del Impacto del Cambio Climático en la Biodiversidad de Alta Montaña en la Región Andina. Disponible en: <http://www.condesan.org/gloria/> (Consultado: 01.10.2015).
- Cuesta, F., P. Muriel, S. Beck, R. I. Meneses, S. Halloy, S. Salgado, E. Ortiz, M. T. Becerra. (2012). Biodiversidad y Cambio Climático en los Andes Tropicales—Conformación de una red de investigación para monitorear sus impactos y delinear acciones de adaptación. (F. Cuesta, P. Muriel, S. Beck, R. Meneses, S. Halloy, S. Salgado, E. Ortiz, and M. Becerra, Eds.). Lima-Quito.
- ECN. (2014). UK Environmental Change Network. Disponible en: <http://www.ecn.ac.uk/>. (Consultado: 01.10.2015).
- Feeley, K., J. Wright, N. Supardi, A. Rahman, S. Davie. (2007). Decelerating growth in tropical forest trees. *Ecology Letters* 10: 461-469 p.
- GCOS. (2015). Global Climate Observing System (GCOS). Disponible en: <http://www.wmo.int/pages/prog/gcos/index.php?name=AboutGCOS> (Consultado 01.10.2015)
- GEM. (2015). Global Ecosystems Monitoring Network. Disponible en: <http://gem.tropicalforests.ox.ac.uk/> (Consultado: 01.10.2015).
- GLORIA. (2015). Global Observation Research Initiative in Alpine Environments. Disponible en: <http://www.gloria.ac.at/> (Consultado: 05.10.2015).
- GMBA. (2010). History of the Global Mountain Biodiversity Assessment. Disponible en: <http://gmba.unibas.ch/htm>. (Consultado: 01.10.2015).
- Gottfried, M., H. Pauli, A. Futschik, M. Akhalkatsi, P. Barančok, J. Benito Alonso, G. Coldea, J. Dick, B. Erschbamer, M. Fernández Calzado, G.

- Kazakis, J. Krajči, P. Larsson, M. Mallaun, O. Michelsen, D. Moiseev, P. Moiseev, U. Molau, A. Merzouki, L. Nagy, G. Nakhutsrishvili, B. Pedersen, G. Pelino, M. Puscas, G. Rossi, A. Stanisci, J.-P. Theurillat, M. Tomaselli, L. Villar, P. Vittoz, I. Vogiatzakis, G. Grabherr. (2012). Continent-wide response of mountain vegetation to climate change. *Nature Climate Change* 2: 111-115 p.
- GTOS. (2007). Global Terrestrial Observing System–Mission statement and goals. Disponible en: <http://www.fao.org/gtos/activities.html>. (Consultado: 03.10.2015).
- IHDP. (2008). Goals and Objectives of the Mountain Research Initiative. Disponible en: <http://mri.scnatweb.ch>. (Consultado: 01.10.2015).
- IPCC. (2002). Cambio climático y biodiversidad. Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2013). *Climate Change 2013: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Stocker T.F., Qin D., Plattner G.-K., Tignor M., Allen S.K., Boschung J., Nauels A., Xia Y., Bex V., Midgley P.M. (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 p.
- IPCC. (2015). Organization of IPCC. Disponible en: <http://www.ipcc.ch/organization/organization.shtml>. (Consultado: 03.10.2015).
- MRI. (2015). Mountain Research Initiative. Disponible en: <http://mri.scnatweb.ch/landing.php> (Consultado: 03.10.2015).
- NCAR. (2015). National Center for Atmospheric Research- NCAR. Disponible en: <https://ncar.ucar.edu/about-ncar>. (Consultado 05.10.2015).
- NOAA. (2015). Climate Monitoring. Disponible en: <https://www.ncdc.noaa.gov/climate-monitoring/>. (Consultado: 05.10.2015).
- Pauli, H., M. Gottfried, D. Hohenwallner, K. Reiter, R. Casale, G. Grabherr. (2003). *Manual para el trabajo de campo del proyecto GLORIA*. Instituto de ecología y conservación biológica. Viena, Aus.

RAINFOR. (2015). Red Amazonica de Invetarios Forestaes. Disponible en: <http://www.rainfor.org/>. (Consultado: 05.10.2015).

Red Bosques. (2015). Red Bosques, Contexto y Objetivos. Disponible en: <http://www.condesan.org/redbosques/la-red> (Consultado: 05.10.2015).

SCANNET. (2009). Circumarctic Network of Terrestrial Field Bases– Scannet. Disponible en: <http://www.scannet.nu/>. (Consultado: 05.10.2015).



Instalación de parcelas de monitoreo en la zona piloto del páramo de Cajanuma.  
Parque Nacional Podocarpus, Ecuador. Fotografía: Nikolay Aguirre



# Metodología para instalar sitios pilotos de monitoreo de la biodiversidad y Cambio Climático

**Tatiana Ojeda-Luna<sup>1,2\*</sup>, Paúl Eguiguren<sup>1,2</sup>, Lenin Salinas<sup>2</sup>,  
Nikolay Aguirre<sup>1,2\*</sup>**

<sup>1</sup> Programa de Investigación en Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos.  
Universidad Nacional de Loja.

<sup>2</sup>Carrera de Ingeniería Forestal. Universidad Nacional de Loja.

\* Autores para correspondencia: tatiana.oluna@unl.edu.ec y  
nikolay.aguirre@unl.edu.ec

## Introducción

El monitoreo de la biodiversidad es vital para prevenir la posible disminución o extinción de especies. Sus resultados podrían motivar acciones de intervención, a través de una base de datos sólida que refleje el estado de las funciones de la biodiversidad; convirtiéndose en una herramienta esencial para el mantenimiento de los ecosistemas e indirectamente para el bienestar de la humanidad (Lindenmayer *et al.*, 2012a).

En el ámbito del cambio climático, este tipo de investigaciones son fundamentales para cuantificar problemas asociados al incremento de emisiones de carbono, y serán cruciales para medir el éxito de las acciones de mitigación o adaptación a los rápidos efectos del cambio climático (Lindenmayer y Likens, 2010). El incremento y mantenimiento de programas básicos de monitoreo, podría ser una de las estrategias para el manejo y conservación de la biodiversidad, que puede llevarse a cabo incluso como precaución ante la ausencia de certidumbre en las proyecciones de cambio climático (Heller y Zavaleta, 2009).

Los estudios ecológicos a largo plazo tienen múltiples ventajas, puesto que permiten: i) establecer los umbrales adecuados para una buena gestión de la biodiversidad; ii) detectar los cambios que en ella se producen, sus causas y las respuestas ecológicas que se podrían desencadenar; iii) entender los complejos procesos ecológicos que ocurren en períodos prolongados; iv) proveer información para desarrollar modelos ecológicos que permitan hacer simulaciones; v) promover la investigación colaborativa; vi) tener un conocimiento robusto para desarrollar políticas basadas en evidencia e implementar acciones para el manejo de los ecosistemas ante las amenazas

actuales y futuras; y vii) evaluar el éxito de una acción implementada y aportar información para su mejora (Hill *et al.*, 2005; Heller y Zavaleta, 2009; Lindenmayer *et al.*, 2012b; Mawdsley, 2011; Peralvo y Bustamante, 2015).

Aunque las investigaciones a largo plazo son necesarias para comprender y responder a los efectos del cambio climático sobre los ecosistemas (Mawdsley, 2011), no son muy frecuentes a nivel global (Lindenmayer *et al.*, 2012b). Particularmente estudios de este tipo son muy limitados en ambientes tropicales como los páramos (Buytaert *et al.*, 2011); a pesar de que estos ecosistemas son sitios adecuados para el monitoreo de los actuales y futuros impactos del cambio atmosférico debido a sus gradientes fuertes, distancias espaciales pequeñas y presencia de ecotonos entre el páramo y el bosque (Malhi *et al.*, 2010). Otra limitación inherente a la escasa información en los Andes tropicales es que gran parte de los estudios realizados no emplean metodologías de muestreo y análisis estandarizados (Cuesta *et al.*, 2014). Esto evidencia la necesidad de más estudios en este tipo de ambientes, los mismo que deben contemplar procedimientos que puedan ser replicados en otras zonas y cuya información pueda ser compartida y analizada a través de plataformas de investigación que retroalimenten y robustezcan el conocimiento generado.

El proyecto de monitoreo del impacto climático en la biodiversidad del sur del Ecuador (MICCAMBIO) puesto en marcha desde el año 2008, es uno de los ejemplos de estudios a largo plazo orientado a generar una sólida base científica que permita entender las respuestas de la biodiversidad ante el cambio climático y alimentar la toma de decisiones para la gestión de estos ambientes. Dentro del proyecto MICCAMBIO se ha establecido un sitio piloto ubicado en el páramo del Parque Nacional Podocarpus para el monitoreo continuo de la biodiversidad, para lo cual ha empleado la propuesta metodológica desarrollada por la iniciativa de investigación mundial GLORIA (Global Observation Research Initiative in Alpine Environments) (Pauli *et al.*, 2003, Grabher *et al.*, 2010). De esta manera la información recabada sigue un protocolo que es puesto en práctica en más de 100 sitios a nivel mundial, lo que viabiliza el intercambio de información, la generación de nuevo conocimiento y logra mayor incidencia en la toma de decisiones.

En este capítulo se presenta la metodología para la instalación de un sitio piloto de monitoreo continuo de los impactos del cambio climático en la

biodiversidad de páramos; además se señalan algunas consideraciones que se deben tener en cuenta al momento de emprender en este tipo de estudios.

### **Metodología para la instalación de un sitio piloto de monitoreo del cambio climático**

Tal como se indicó anteriormente, al estar dentro de una red de monitoreo global se deben seguir los protocolos tanto de instalación de los sitios de monitoreo, como de recolección y almacenamiento de datos para su posterior análisis. En virtud de que el proyecto MICCAMBIO pertenece a la red GLORIA, la metodología aplicada es la que se ha diseñado para esta plataforma de investigación. Dentro de GLORIA se considera como objeto de estudio a todos los ecosistemas de alta montaña ubicados por encima del límite superior de los árboles que conforman la biozona alpina, o lo que en la región de los Andes se conoce como páramos, punas o jalcas. Las razones por las cuales la red se centra en estos ambientes está muy bien fundamentada en Pauli *et al.* (2015).

*¿Qué es un sitio piloto y qué consideraciones iniciales se deben tomar en cuenta?*

Un sitio piloto de GLORIA es una zona de alta montaña ubicada sobre el límite superior de los árboles (páramo), compuesta por al menos tres cimas situadas a lo largo de la gradiente altitudinal del páramo (desde el ecotono entre el bosque y páramo, hasta donde exista vida vegetal vascular), en donde se realiza el monitoreo permanente de los impactos del cambio climático en la biodiversidad (Pauli *et al.*, 2003; Pauli *et al.*, 2015).

El primer aspecto para instalar uno o varios sitios piloto es pensar en que se trata de un estudio a largo plazo, cuya finalidad es generar una base de datos sólida que permita identificar las respuestas de la biodiversidad ante los cambios abruptos del clima. No bastará con pensar que la investigación durará dos o tres años ya que, la biodiversidad y de manera especial la vegetación tiene una reacción lenta frente al cambio climático. En este sentido, la sostenibilidad futura debe ser un factor a tomar en cuenta desde un inicio, aunque no tiene que convertirse en una limitante para la implementación del sitio.

También se debe considerar las características del área donde potencialmente se instalará el sitio piloto. Es importante que sea una zona con la menor injerencia antrópica, con un buen estado de conservación



durante al menos los últimos 25 años, donde previamente no hayan existido incendios, deslizamientos o grandes perturbaciones que generen ruido en los resultados de la investigación. En este sentido Pauli *et al.* (2015) recomiendan que en lo posible se trabaje dentro de un área protegida. Así mismo se deben evitar lugares con fuertes conflictos sociales que representen un peligro para la vida de los investigadores o para el monitoreo propiamente dicho. La facilidad para acceder al sitio puede contribuir a la continuidad del monitoreo y disminuir el consumo de tiempo y dinero, pero a su vez puede ser una limitante a la hora de garantizar que el sitio tenga la menor intervención humana; en todo caso, se recomienda evitar zonas en las cuales las condiciones de acceso y permanencia sean muy difíciles.

En cuanto al tiempo necesario para la instalación del sitio piloto y la toma de datos, se debe contemplar que la selección *in situ* de las cimas podría tomar alrededor de una semana, siempre y cuando se tengan buenas condiciones climáticas, ya que algunos de los criterios de selección que se explican más adelante, requieren ser evaluados en la propia cima. Adicionalmente el tiempo requerido para la instalación y la toma de datos puede necesitar entre 5 y 10 días por cima, para un equipo de 4 investigadores, en un ambiente con vegetación densa, con alta riqueza y con condiciones climáticas difíciles (por ejemplo, llovizna constante y vientos intensos) como las del páramo del Parque Nacional Podocarpus. Esto contrasta con el tiempo estimado por Pauli *et al.* (2015), quienes indican que se requiere entre 2 y 6 días por cima, para el mismo número de investigadores “incluyendo el establecimiento y las correspondientes observaciones.” Tiempo adicional se debe considerar para el procesamiento y análisis de información; así como si se desea incluir otros elementos de observación como briófitos y líquenes.

A partir de las visitas *in situ* se tendrá una estimación más precisa de la duración de la fase de campo. Para ello, es recomendable que el trabajo se desarrolle en épocas donde las condiciones climáticas no sean tan adversas, por ejemplo se puede planificar durante los veranillos que se suelen presentar en ciertas regiones. Además se debe tratar de concluir el levantamiento de información dentro una misma época.

Dado que la sostenibilidad del sitio piloto es fundamental, por ello es recomendable que esté amparado por un organismo con buena trayectoria en investigación relacionada a los recursos naturales, dentro del cual exista un equipo de investigadores motivados y comprometidos con estudios

de esta índole. En este sentido las universidades, institutos o centros de investigación pueden ser buenos aliados. Es posible que en un inicio, no se cuente con un organismo como los que se acaba de citar; no obstante, se debe tratar de generar alianzas estratégicas si se quiere que el esfuerzo de instalación y recolección de los primeros datos no sea en vano.

### Criterios para la selección de las cimas

Una cima es el punto culminante (cresta o pico) de un sistema montañoso o de una porción del mismo, que sobrepasa al menos en 20 m los terrenos circundantes (Pauli *et al.*, 2015). Lo ideal es que un sitio piloto esté conformado por cuatro cimas; sin embargo, si las condiciones del sitio no lo permiten, se puede instalar un sitio con un mínimo de tres cimas. Antes de realizar la primera salida de campo para la identificación, se debe recopilar información cartográfica relevante para analizar cuáles serán las cimas potenciales que podrían conformar el sitio piloto. Una selección previa en oficina evitará largas caminatas y pérdida de tiempo en un ambiente donde el paisaje no siempre se puede contemplar libre de neblina. Para la identificación *in situ* de las cimas, se debe seguir los criterios presentados en el Cuadro 1. Una cima será calificada como adecuada cuando cumpla con todos los criterios de evaluación.

**Cuadro 1.** Criterios y categorías de evaluación de las cimas del páramo del PNP (adaptado de Pauli *et al.*, 2003 y Pauli *et al.*, 2015).

CRITERIOS	CATEGORÍAS DE EVALUACIÓN		
	Recomendada	No Recomendada	Debe rechazarse
<b>Vulcanismo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La cima está situada fuera de la acción de un volcán activo o durmiente.</li> <li>- Puede situarse en un volcán inactivo siempre y cuando su última actividad sea tan antigua que no pueda influir en las observaciones.</li> </ul>		La cima se ubica en zonas con volcanes activos o durmientes.

CRITERIOS	CATEGORÍAS DE EVALUACIÓN		
	Recomendada	No Recomendada	Debe rechazarse
<b>Clima local homogéneo</b>	La cima se expone al mismo clima local que las otras cimas del sitio piloto; las diferencias solo son causadas por la gradiente altitudinal climática.	La cima está influenciada por el mismo clima local de las otras cimas, pero los efectos locales conllevan a una variación significativa; por ejemplo, una sombra pronunciada debida a las características de los territorios vecinos.	El clima local en la cima difiere con las demás. Existen cimas que quedan a un lado (barlovento) y otro (sotavento) de una divisoria climática. Hay cimas que están en la parte húmeda externa de la cordillera y otras que están en la parte interna más seca.
<b>Geomorfología de la cima</b>	La cima tiene una forma cónica regular con la misma pendiente hacia todas las direcciones. Puede tener una forma cónica irregular donde las parcelas puedan ubicarse sin ninguna o con mínimas modificaciones del diseño estándar.	Las pendientes de la cima son demasiado fuertes, escarpadas o inestables para establecer las parcelas o aplicar los métodos de muestreo. La cima es tan plana que los 5 m de desnivel van más allá de 50 m de distancia y los 10 m de desnivel exceden de 100 m de distancia desde el punto cumbre.	La pendiente e inestabilidad del terreno dificultan subir el equipo adecuado para el trabajo. La cima es muy plana y el muestreo no puede aplicarse.

CRITERIOS	CATEGORÍAS DE EVALUACIÓN		
	Recomendada	No Recomendada	Debe rechazarse
<b>Situación del hábitat</b>	La vegetación de la cima presenta las comunidades de vegetación características del piso geobotánico en que se encuentra.		El hábitat de la cima es hostil para el crecimiento de las comunidades de plantas debido su geomorfología (muy escarpada, dominada por rocas, gleras inestables o grandes bloques erráticos). Existe una escasa superficie actual o potencial para las plantas vasculares.
<b>Roca madre</b>	Todas las cimas deben tener la misma naturaleza geológica. Puede existir una variación de la roca madre pero no influencia a la composición de las especies.	La variación del material de la roca madre tiene una mínima influencia en la composición específica.	Hay un fuerte contraste de la naturaleza geológica de las cimas, lo que influencia en la composición de las especies.
<b>Uso del territorio e historia de uso del territorio</b>	Las cimas no han tenido ningún impacto humano sobre el uso de tierra o este es mínimo. No han existido cambios remarcables por un largo periodo de tiempo.	De bajo a moderado impacto del uso de la tierra en los últimos años, que aún son visibles en la vegetación o que han causado una alteración poco sustancial de las comunidades de plantas.	El cambio de uso de tierra es notable y los impactos en la vegetación son claramente visibles y han causado cambios sustanciales en las comunidades de plantas.

CRITERIOS	CATEGORÍAS DE EVALUACIÓN		
	Recomendada	No Recomendada	Debe rechazarse
<b>Gradiente altitudinal</b>	Debe existir una diferencia altitudinal mínima de $\pm 50$ m entre cada una de las cimas, a lo largo de la cual se observa una diferencia importante de vegetación.		Entre cada una de las cimas no existe una variación altitudinal constante y no se aprecian diferencias de la vegetación causadas por la gradiente altitudinal.
	<b>CIMA ACEPTADA</b>		<b>CIMA RECHAZADA</b>

Es importante que durante el proceso de selección *in situ* de las cimas se trate de ocasionar el menor impacto posible, evitando caminar por las áreas donde se podrían instalar las parcelas de monitoreo permanente, ya que un pisoteo excesivo por parte del equipo investigador podría ocasionar impactos en la vegetación y aumentar el error en el muestreo y análisis de información.

### Diseño de muestreo

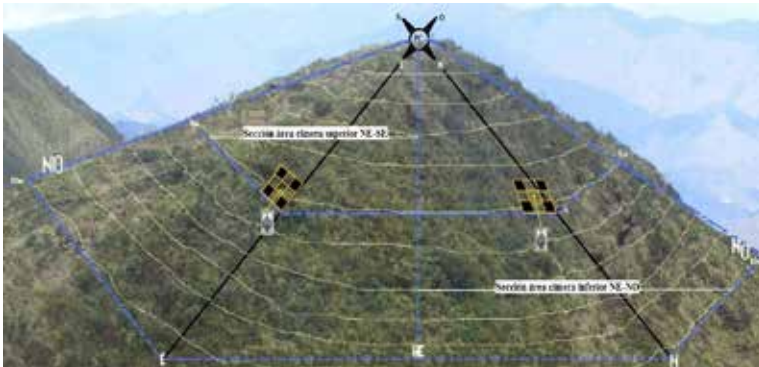
Cada cima constará de un punto cumbre (PC) que será la parte más alta y central de la cima, a partir del cual descenden las áreas cimeras hacia los puntos cardinales. La cima se dividirá en dos secciones denominadas área cimera superior (ubicada a 5 m de desnivel desde el PC) y área cimera inferior (situada a 10 m de desnivel desde el PC).

En el área cimera superior se instalarán cuatro conglomerados de  $3 \times 3$  m (uno por cada punto cardinal principal). Cada conglomerado a su vez se dividirá en cuadrantes de  $1\text{m}^2$  y aquellos cuadrantes situados en las esquinas de los conglomerados servirán para el monitoreo continuo, a aquellos cuadrantes de aquí en adelante se denominarán parcelas de monitoreo permanente (PMP). Por cima existirán 16 PMP de  $1\text{m}^2$  (4 por conglomerado) (ver Figura 1).

## Delimitación de las cimas

Cada cima debe constar de los siguientes elementos:

- Punto cumbre o PC que es el área más alta y central de la cima.
- Líneas principales de medida que son las orientaciones cardinales N, S, E y O. Parten desde el PC hacia 5 y 10 m de desnivel, convirtiéndose en una guía para el establecimiento de los conglomerados.
- Las áreas cimera superior e inferior, que estarán divididas en función de las orientaciones cardinales intermedias (NE, NO, SE, SO) y, dividen a la cima en ocho partes.
- Cuatro conglomerados (3 m × 3 m) situados en el área cimera superior y que contienen a las PMP (1 m × 1 m) donde se recopilan los datos para el monitoreo (ver Figura 1).



**Figura 1.** Vista lateral de una cima de la zona piloto del PNP, con las curvas de nivel y diseño del muestreo esquemático para el establecimiento de las parcelas permanentes.

## Demarcación del punto cumbre o PC

A partir del PC se inician todas las mediciones en la cima. Para su demarcación se identificará la parte más alta y central de la cima, desde la que empiezan a descender las pendientes hacia cada uno de los puntos cardinales. El PC se debe geo-referenciar y señalar con una marca que persista a lo largo del tiempo, empleando un material resistente a las condiciones del clima y que pueda ser visible desde todas las partes de la cima. Por ejemplo, en zonas de vegetación densa se puede usar tubos de PVC, los cuales muestran una adecuada resistencia a climas adversos, como los de las altas montañas del Ecuador (ver Figuras 1 y 2).



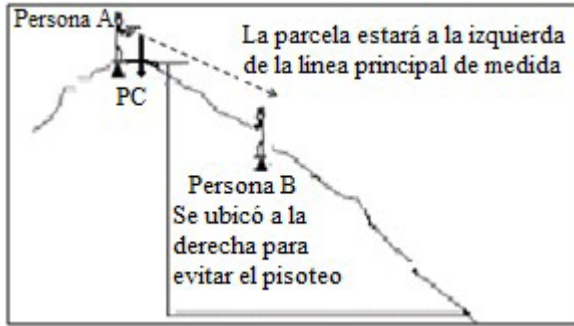
**Figura 2.** Marcación del PC en la cima CIB de la zona piloto del PNP, empleando un tubo de plástico.

### **Establecimiento de las áreas cimeras**

Dentro de las cimas se delimitará las secciones del área cimera (Figura 1), cuatro de ellas en el área cimera superior (área cimera de 5 m) y otras cuatro en el área cimera inferior (área cimera de 10 m). El tamaño de la sección del área cimera no es fijo, sino que depende de la estructura de la ladera y de su pendiente.

Las áreas cimeras se delimitan tomando como referencia las líneas principales de medida o direcciones N, S, E y O. Este proceso se lleva a cabo de la siguiente manera:

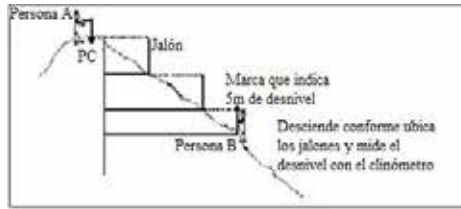
- Para marcar el desnivel de 5 y 10 m, la persona A se sitúa en el PC y mediante la brújula se determina de forma rápida el norte verdadero con el fin de decidir si la parcela se ubicará a la derecha o izquierda de la línea principal de medida y así evitar el pisoteo (Figura 3).



**Figura 3.** Determinación de la ubicación de la parcela permanente en referencia a la línea principal de medida (Modificado de Pauli *et al.*, 2003).

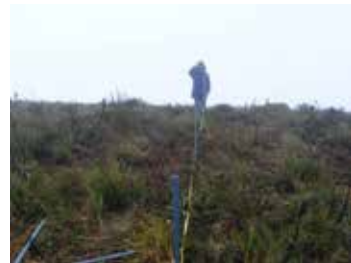
- Luego la persona B ubica los jalones en la línea principal de medida y al mismo tiempo va descendiendo con el clinómetro y la cinta métrica, hasta llegar a los 5 y 10 m de desnivel, puntos en los cuales se marca los desniveles y se anota en hojas de campo las distancias en el terreno (Figura 4).

a)



b)

c)

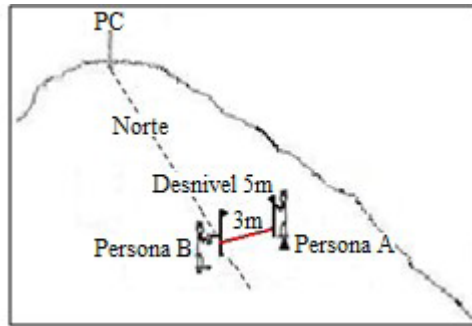


**Figura 4.** Medición del desnivel a 5 y 10 m. a) Esquema de marcación del desnivel a 5 m (Modificado de Pauli *et al.*, 2003); b) Ubicación de jalones en la línea principal de medida, empleando la brújula; c) Medición del desnivel con el clinómetro.

- Como se muestra en la figura 5, la persona A y B desde el desnivel de 5 m miden 3 m a la derecha o izquierda de la línea principal de medida

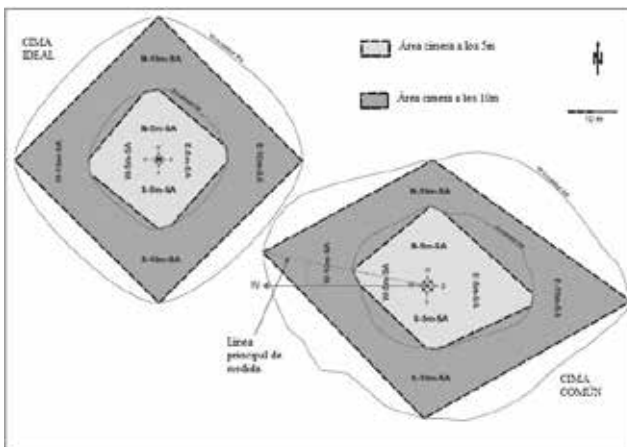


(según lo decidido previamente). Con el clinómetro, se establece que el otro punto de la parcela de 3×3 m quede en la misma curva de nivel de 5 m. Estos dos vértices deben ser señalados con una marca permanente y constituirán las esquinas inferiores los conglomerados. Este mismo procedimiento se hizo para cada una de las direcciones principales (N, S, E y O).



**Figura 5.** Ubicación del otro vértice de la parcela permanente en el desnivel de 5 m en la zona piloto del PNP (Modificado de Pauli *et al.* 2003).

- Una vez ubicados todos los puntos de los desniveles a 5 y 10 metros se procede a unir con una cuerda, quedando delimitadas el área cimera superior e inferior tal como se observa en la Figura 6.



**Figura 6.** Vista superior de la delimitación de las áreas cimeras, cuando la cima tiene una forma cónica perfecta y cuando esta tiene una forma cónica irregular (Modificado de Pauli *et al.* 2003).

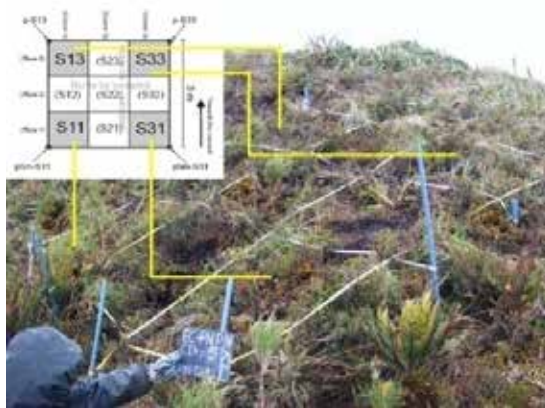
## **Establecimiento de las secciones de área cimera**

La cima se conforma de ocho secciones, cuatro en el área cimera superior y cuatro en el área cimera inferior (ver Figura 1). Para su delimitación desde el PC, se debe descender en dirección de las orientaciones cardinales intermedias (NE, NO, SE y SO), pasando por el área cimera superior e inferior con una cuerda, delimitando de esta forma cada una de las secciones. Finalmente se mide la distancia en el terreno desde el PC hasta la intersección con el área cimera superior e inferior.

## **Establecimiento de conglomerados**

Los conglomerados se deben situar en el área cimera superior (a 5 m de desnivel desde el PC) y en dirección a cada uno de los puntos cardinales (N, S, E y O). Cada cima estará conformada por cuatro conglomerados de 3×3 m, divididos en 9 cuadrantes de 1 m<sup>2</sup> los cuadrantes ubicados en las esquinas del conglomerado serán lls PMP y se usarán para el monitoreo detallado continuo. Por cada conglomerado habrá 4 PMP, de esta manera se evaluarán 16 parcelas de monitoreo permanente por cima.

Con el objetivo de poder facilitar la delimitación de los conglomerados y las PMP se recomienda construir una malla de cinta de 3×3 m, subdividida en 9 cuadrantes de 1 m<sup>2</sup>. Se debe cuidar que la malla sea estirada adecuadamente sobre los puntos inferiores a 5 m de desnivel, haciendo coincidir con la cuerda que delimita el área cimera superior en los puntos p5m-S11, p5m-S21 y p5m-S31 (ver figura 7). Las tiras de los cuatro lados de la malla se sujetan a tubos para fijar y cuadrar bien la parcela. Esto también facilitará su localización y los futuros monitoreos.



**Figura 7.** Instalación de un conglomerado y parcelas de monitoreo permanente en la zona piloto del PNP.

### **Muestreo en las Parcelas de Monitoreo Permanente (PMP)**

El muestreo se debe ejecutar en las 4 parcelas de monitoreo permanente (PMP) situados en los extremos de cada conglomerado (ver Figura 1). Dentro de cada una de ellas es necesario recabar información sobre exposición y pendiente media, porcentaje de cobertura de superficie, porcentaje de cobertura y número de individuos de cada especie. A continuación se describe el proceso para la recopilación de dichos datos.

#### **Exposición y pendiente media**

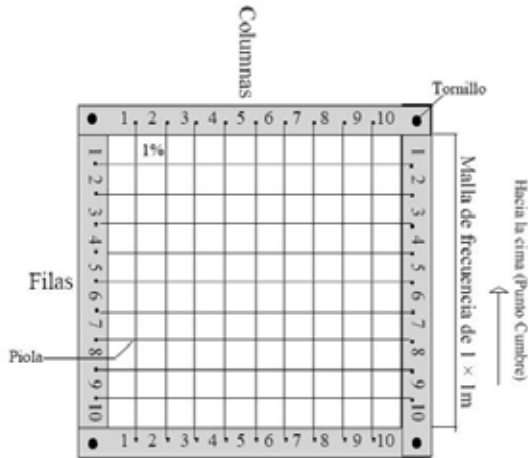
La exposición está dada por la orientación de la parcela (N, NE, E, SE, S, SO, W o NO), la cual es determinada con una brújula. En tanto que la pendiente media se determina con un clinómetro.

#### **Porcentaje de cobertura de superficie**

Es la proyección vertical expresada en porcentaje de cada tipo de cobertura de superficie (plantas vasculares, rocas sólidas, piedras sueltas, líquenes sobre el suelo no cubiertos por plantas vasculares, briofitos no cubiertos por plantas vasculares, suelo desnudo y hojarasca). La suma de las diferentes coberturas debe ser igual al 100 % y nunca sobrepasar esta cifra.

Para el registro de esta cobertura se usa una malla de madera de 1×1 m, dividida en celdillas de 0,10×0,10 m, donde cada celdilla representa el 1 % de cobertura (ver Figura 8). La malla para el registro de la cobertura puede ser construida a partir de tubos de PVC. La malla debe estar colocada

paralelamente sobre la parcela de monitoreo permanente. Para facilitar la estimación visual se debe procurar que esté lo más baja posible. En casos en que la vegetación sea más alta, se ubica la malla a una altura máxima de 0,5 m (Figura 9).

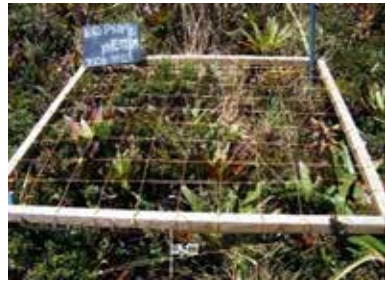


**Figura 8.** Malla de madera utilizada para la estimación de cobertura.

a)



b)



**Figura 9.** a) Malla de madera ubicada directamente en el suelo cuando la vegetación fue pequeña; b) malla ubicada a una altura máxima de 0,5 m con respecto al suelo, cuando la vegetación fue más alta.

Con la malla sobre la parcela de monitoreo permanente se determinará los porcentajes de cobertura, manteniendo una vista perpendicular al terreno y a una altura máxima de 0,5 m desde la superficie del suelo hasta la vista del observador (ver Figura 10), disminuyendo de esta forma algún sesgo en la observación. A cada tipo de cobertura se le asignará un porcentaje según el número de celdas que esta ocupó; por ejemplo, si las plantas

vasculares ocuparon 40 celdas, estas representarán el 40 % de cobertura de esa superficie.



**Figura 10.** Vista perpendicular para la estimación de cobertura

En casos, donde la vegetación esté constituida con arbustos de más de 1 m de altura (ver Figura 11), que no permitan la estimación del porcentaje de cobertura, se elegirá al azar entre las otras parcelas de monitoreo permanente que si posibiliten el muestreo, exceptuando a la parcela central donde posteriormente se instalará un sensor de temperatura.



**Figura 11.** Parcela de monitoreo permanente conformada por vegetación arbustiva de 1,60 m

### **Porcentaje de cobertura y número de individuos de cada especie**

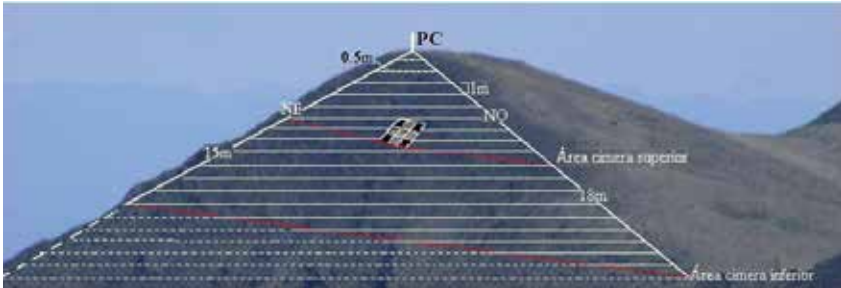
Es el porcentaje de cobertura de cada especie dentro de la parcela de monitoreo permanente. En este caso la suma si podría sobrepasar el 100 % ya que pueden existir diferentes estratos o especies que se traslapan.

Para su estimación visual se recomienda usar la malla de la Figura 8 usando los mismos criterios que para la cobertura de superficie. Para aquellas especies pequeñas como por ejemplo *Oxalis* sp., se debe usar una lámina de acetato de 0,10×0,10 m dividida en celdillas de 0,01×0,01 m, donde cada una de estas celdillas equivaldría a 0,01%. Adicionalmente, es necesario contabilizar el número de individuos de cada especie.

Para aquellas especies que no pudieron ser identificadas *in situ*, se debe recolectar muestras fértiles fuera de las parcelas de monitoreo permanente para ser identificadas en un herbario o por un especialista en botánica.

### Muestreo en las áreas cimeras

Para el muestreo en las áreas cimeras y sus secciones, se recomienda usar el método de puntos de intercepción (Mostacedo y Fredericksen, 2000) (el esquema seguido se puede ver en la Figura 12). Dos cintas métricas se despliegan desde el PC, siguiendo las líneas que delimitan la sección del área cimera (NE-NO, NO-SO, SO-SE y SE-NE), hasta llegar al límite del área cimera inferior. Una tercera cinta debe ser colocada a cada metro desde el PC, atravesando la sección del área cimera desde NE a NO, NO a SO, SO a SE y SE a NE. Con una varilla de metal cada 0,5 m se registrará todas aquellas especies que se encuentran en contacto con ella.



**Figura 12.** Esquema de muestreo de las áreas cimeras en la zona piloto del PNP a través de Puntos de Intercepción.

Cuando la longitud de la línea horizontal comprendida entre las dos direcciones semi-cardinales termine en la serie de 0,5 m como 1 m; 1,5 m; 2 m; 2,5 m, etc., el muestreo iniciará desde 0,00 m; así por ejemplo si la distancia es de 3 m se muestreará a 0,0 m; 0,5 m; 1,0 m; 1,5 m; 2,0 m; 2,5 m y 3,0 m. Si dicha distancia comprende por ejemplo 3,80 m, se dejará 0,15 m

a cada lado, y el intervalo de muestreo sería 0,15 m; 0,65 m; 1,15 m hasta llegar a 3,65 m.

Debido a que las características topográficas de los Andes son abruptas y las cimas pueden tener pendientes irregulares, es probable que la distancia longitudinal de los orientaciones cardinales intermedias sea desigual (p.ej., NE= 14 m; NO= 17 m); por lo tanto, se puede prolongar la dirección con menor longitud hasta alcanzar una distancia igual a la otra. Sin embargo, es importante considerar que solo se debe muestrear dentro de las áreas cimera tal como se puede observar la Figura 12. En la superficie restante del área cimera que no se pueda muestrear con este método, es necesario ejecutar recorridos o barridos rápidos con el fin de registrar todas las especies que no hayan sido observadas con anterioridad.

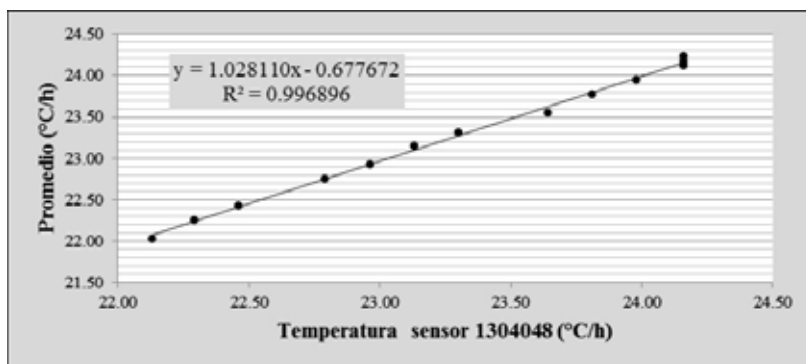
**Instalación de sensores de temperatura**

Como parte del monitoreo a largo plazo y con el objetivo de en el futuro establecer correlaciones entre clima y vegetación se deben instalar sensores de temperatura en el suelo. En caso concreto del sitio piloto instalado por el proyecto MICCAMBIO en el Parque Nacional Podocarpus se usó sensores OnSet-Tidbit. Estos sensores deben estar situados en el centro de cada conglomerado y en cada una de las cimas. Antes de instalar los sensores, estos deben ser calibrados poniéndolos a prueba durante 45 horas. En base a los datos recopilados en este lapso de tiempo se calculará un factor de corrección del error de cada uno de ellos. Cada sensor tiene su propio factor. En el Cuadro 2 se muestra el procedimiento de determinación de la ecuación.

**Cuadro 2.** Ejemplo de datos de temperatura de los sensores

		Temperatura del sensor (°C/h)				Promedio (°C/h)
		Serie del sensor				
Fecha (d/m/a)	Hora (h:m:s)	1304048	2005500	2005506	n	
07/04/09	18:00:00	24,16	24,15	24,23		24,18
07/04/09	19:00:00	24,16	24,32	24,23		24,24
07/04/09	20:00:00	24,16	24,15	24,06		24,12
07/04/09	21:00:00	23,98	23,98	23,88		23,95
07/04/09	19:00:00	24,16	24,32	24,23		23,78
...n	...n	...n	...n	...n		...n

Donde la línea de tendencia para el sensor de serie 1304048 se muestra en la figura 13.



**Figura 13.** Ejemplo de determinación de ecuación lineal para corrección de sensor 1304048. El valor de x de la ecuación lineal corresponde a cada dato de temperatura recopilado por el sensor para el cual se hizo la ecuación lineal

Con los sensores calibrados, se procede a programarlos para que recopilen información cada hora e instalarlos en los conglomerados de cada cima. Adicionalmente, se recomienda codificar cada sensor, anotando en su dorso el código de país, zona piloto, cima, parcela de muestreo; además del año, mes, día, y serie del sensor. Adicionalmente, se sugiere protegerlos con cinta adhesiva con el fin de resguardar la interface óptica de la cara superior.

Finalmente, se debe ubicar cada sensor a una profundidad de 10 cm para minimizar los efectos de insolación directa y evitar la extracción por turistas o animales. Cada uno de ellos, debe estar atado a una cuerda que sea observable en la superficie para encontrarlo fácilmente en el futuro.

### **Propuesta metodológica complementaria para los páramos de los Andes**

Esta propuesta pretende complementar la información base de flora vascular recopilada con la metodología propuesta por Pauli *et al.*, (2003).

### **Diseño metodológico del muestreo**

En el año 2009 el proyecto MICCAMBIO diseñó un protocolo para la instalación de parcelas de monitoreo permanente complementario de la flora vascular de los páramos de los Andes, debido a que estos ecosistemas difieren en gran forma de los ambientes alpinos, que sirvieron como base



para la metodología propuesta para la Red GLORIA. La metodología se enfoca principalmente en la determinación de patrones de distribución de la flora vascular de los páramos. Considerando la gradiente altitudinal como variable condicionante de la estructura florística de cada unidad de muestreo y su comparación dentro del transecto, entre orientaciones y entre cimas. En este sentido el PNP es un sitio pionero para la implementación de esta propuesta.

El diseño metodológico se adapta correctamente como complemento de la metodología GLORIA debido a su orientación, cantidad de unidades de muestreo y disposición de las mismas, la metodología presenta ventajas en cuanto a la disminución del efecto del pisoteo en comparación a la metodología GLORIA para el muestreo de áreas cimeras garantizando la confiabilidad y calidad de los datos obtenidos.

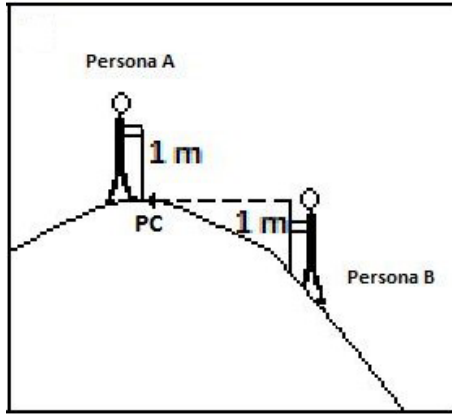
Finalmente el diseño de los transectos y la disposición de las parcelas dentro de estos son muy convenientes para el investigador en cuanto a la optimización del espacio y el tiempo de muestreo al permitir la movilización eficaz a lo largo de todas las unidades de muestreo.

### **Establecimiento de parcelas permanentes en transectos**

Las parcelas permanentes en los transectos se deben instalar en las mismas cimas seleccionadas. Cada cima contará con cuatro transectos en cada una de las orientaciones cardinales intermedias (NE, NO, SE y SO), de tal forma que no se comprometa la intangibilidad de las PMP instaladas de acuerdo a los protocolos GLORIA.

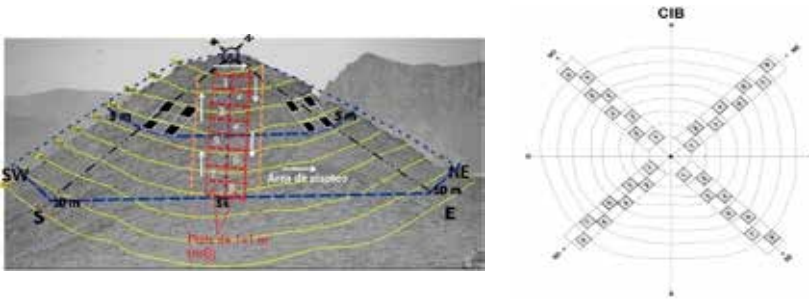
Los transectos de 8 m de desnivel inician en el primer metro de gradiente a partir del PC y están divididos en ocho parcelas de 1m<sup>2</sup>, dispuestos intercaladamente en cada metro de desnivel. Esto facilitará la movilidad del investigador al momento de la evaluación y disminuirá el disturbio en las parcelas a causa del pisoteo.

Para su establecimiento se debe partir desde el PC y desde ahí con una brújula se proyectará las orientaciones semi-cardinales en donde se establecerán los transectos. La medición de la gradiente desde el PC se hará mediante un clinómetro y jalones. De esta forma se procede hasta llegar a los 8 m de desnivel necesarios para la instalación del transecto (ver Figura 14).



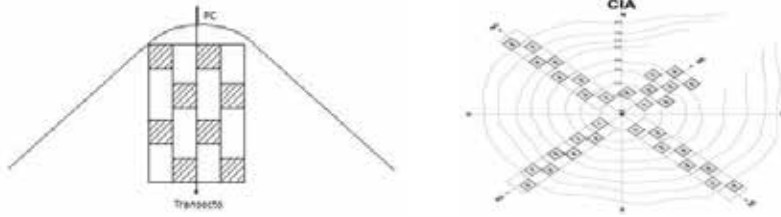
**Figura 14.** Esquema de medición de los 8 m de desnivel para la instalación de las parcelas que conforma los transectos de monitoreo.

Las parcelas dentro de los transectos deben ser delimitadas mediante tubos plásticos de 1 m de longitud en sus vértices y cuerdas visibles en su contorno. Esto facilitará su ubicación para futuros monitoreos. En la Figura 14 se presenta un esquema gráfico del diseño del muestreo.



**Figura 15.** Diseño de muestreo en las cimas de la zona piloto del Parque Nacional Podocarpus.

Al presentarse cimas cuyas orientaciones cardinales intermedias no tengan un desnivel necesario para el establecimiento de los transectos (8 m), se puede disminuir la longitud del transecto al punto que lo permita la gradiente existente. La orientación y las parcelas faltantes deben ser establecidas equitativamente a cada lado del transecto. Por ejemplo, si la orientación presenta un máximo de 6 m de gradiente lo conveniente es instalar un transecto de 4 m de desnivel y establecer dos parcelas a cada lado del mismo manteniendo la disposición intercalada (ver figura 16)



**Figura 16.** Diseño alternativo del transecto cuando no existe el desnivel necesario para la instalación de un transecto convencional.

### Muestreo de parcelas permanentes

El proceso de evaluación de las parcelas permanentes se basa en la cuantificación de la riqueza florística. Para esto se debe identificar las especies presentes en cada una de las parcelas, esta identificación puede hacerse directamente en el campo. En el caso de especies de difícil identificación se debe recolectar muestras fértiles para su posterior identificación en un herbario o de un especialista botánico. Las muestras botánicas deben ser tomadas de los alrededores de la cima fuera del área de monitoreo GLORIA. La información de la presencia de cada especie en las parcelas se registra de manera ordenada en matrices sistemáticas.

Paralelamente a la cuantificación de la riqueza se desarrolla el conteo de la abundancia de las especies mediante el registro del número de individuos por cada una de ellas y al igual que el caso anterior la información es sistematizada ordenadamente en matrices para su análisis posterior.

Finalmente, es muy importante el levantamiento de información referente a la cobertura que mantiene cada especie dentro de las parcelas del transecto, esto contribuirá en futuros análisis para determinar si ha existido cambios (aumento o disminución) en el porcentaje de cada una de ellas. La cobertura de cada una de las especies registradas en las parcelas permanentes se estimó empleando la misma metodología para la Red GLORIA, descrita en la primera sección.

### Consideraciones finales

La metodología propuesta por Pauli *et al.*, 2003, fue formulada para ser instalada en ambiente alpinos no tropicales, por lo que al implementarla en los Andes tropicales, es necesario realizar adaptaciones sin perder de vista el estándar requerido.

Si bien un requisito de la metodología es instalar cimas con  $\pm 100$  m de diferencia altitudinal, no en todos los casos se puede aplicar. Por ejemplo, los páramos del sur del Ecuador y particularmente los del Parque Nacional Podocarpus inician a 2900 m s.n.m. y culminan a aproximadamente 3600 m s.n.m.; al ser este un rango limitado de elevación, se restringe la posibilidad de encontrar cimas con  $\pm 100$  m de desnivel. En este sentido el sitio piloto del Parque Nacional Podocarpus fue establecido  $\pm 50$  m (cómo mínimo) de diferencia altitudinal entre cada cima. Sin embargo, se recomienda que si se encuentran rangos altitudinales más cortos entre cimas, se debe considerar que exista diferencia en la composición florística para que las respuestas de la vegetación ante el cambio climático puedan ser detectadas.

En cuanto a la cuantificación de la cobertura de las áreas cimeras, Pauli *et al.*, (2003) proponen estimar visualmente la cobertura de superficie y de cada especie situándose en diferentes puntos de la cima. Esta metodología no es enteramente aplicable a en los páramos del Ecuador. En los páramos del sur del Ecuador debido a la presencia de neblina, a la topografía de las cimas y a la existencia de vegetación densa se dificulta la visualización de especies pequeñas bajo los estratos superiores. Por tales razones, se recomienda usar un método más efectivo como el método de puntos de intercepción, que se basa en la posibilidad de registrar las plantas presentes o ausentes sobre un punto del suelo (Mostacedo y Fredericksen, 2000). Esta modificación metodológica permite disponer de información más completa sobre la composición florística de las cimas, en un lapso de tiempo relativamente corto.

La instalación del sitio piloto en un área protegida con poco acceso de turistas, permite que las parcelas se mantengan sin disturbios, facilita el trabajo de campo y asegura que los datos recopilados tengan la menor cantidad de errores debido a intervenciones humanas. En consecuencia, si de desean planear futuros monitoreos en otros sitios, este es un aspecto a considerar, ya que la selección de cimas que cumplan con las características de forma y elevación requeridas, podría verse limitada; especialmente en ecosistemas donde la accesibilidad y la intervención humana ha sido históricamente activa.

Otra de las consideraciones para futuros sitios piloto, es el tiempo que se debe dedicar a la búsqueda de las cimas. Puede ser una actividad que consuma mucho tiempo, debido a la constante presencia de lluvias y

neblina que dificulta la visualización de sitios adecuados; por lo que se debe destinar un tiempo considerable a su selección y deben ser realizadas en épocas de menores precipitaciones.

La vinculación con instituciones académicas, es importante ya que no solo confiere un respaldo institucional a la investigación, sino que además existe una mayor probabilidad de que estudios a largo plazo puedan desarrollarse por años, en contraste con proyectos de corto plazo, donde la dependencia de recursos económicos y humanos es mayor.

El disponer de una metodología estandarizada facilita que los muestreos continuos se realicen disminuyendo la mayor cantidad de errores posibles, y puede ser aplicada en diferentes sitios, promoviendo la conformación de redes de monitoreo a largo plazo, entre las que se puedan encontrar tendencias comunes y comparar las diferentes estrategias de las especies adoptadas ante un clima cambiante.

Finalmente los monitoreos a largo plazo se constituyen en un marco de trabajo a partir del cual se pueden desprender múltiples investigaciones (evaluación de rasgos funcionales, cuantificación de contenidos de carbono, investigaciones en fauna.) que ofrezcan más información sobre los impactos del cambio climático en la ecología de un ecosistema.

### **Referencias bibliográficas**

Buytaert W., Cuesta-Camacho F., Tobón C. (2011). Potential impacts of climate change on the environmental services of humid tropical alpine regions. *Global Ecology and Biogeography* 20: 19-33 p.

Cuesta F., Sevink J., Llambí L. D., De Bièvre B., Posner J. (eds.). (2014). Avances en investigación para la conservación de los páramos andinos, CONDESAN. 601 p.

Eguiguren P., Ojeda T. (2008). Establecimiento de la línea base para el monitoreo a largo plazo del impacto del cambio climático en tres sitios piloto y evaluación del estado de conservación de los ecosistemas de páramo en el Parque Nacional Podocarpus. Tesis Ing. For. Universidad Nacional de Loja. Loja-Ecuador. 100 p.

Grabherr G., Gottfried M., Pauli H. (2010). Climate change impacts in alpine environments. *Geography Compass*: 4 (8): 1133-1153 p.

- Guzmán P., Salinas L. (2010). Patrones de diversidad florística en función de la gradiente altitudinal de los páramos del Parque Nacional Podocarpus. Tesis Ing. For. Universidad Nacional de Loja. Loja-Ecuador. 84 p.
- Heller N., Zavaleta E. (2009). Biodiversity management in the face of climate change: A review of 22 years of recommendations. *Biological conservation* 142: 14-32 p.
- Hill, D.; Fasham M., Tucker G., Shewry M., Shaw P. (eds.). (2005). *Handbook of biodiversity methods*. United States of America, Cambridge University Press. 573 p.
- Lindenmayer D., Gibbons P., Bourke M., Burgman M., Dickman C., Ferrier S., Fitzsimons J., Freudenberger D., Garnett S., Groves C., Hobbs R., Kingsford R., Krebs C., Legge S., Lowe A., Mclean R., Montambault R., Possingham H., Radford J., Robinson D., Smallbone L., Thomas D., Varcoe T., Vardon M., Wardle G., Woinarski J., Zenger Z. (2012a). Improving biodiversity monitoring. *Austral Ecology* 37: 285-294 p.
- Lindenmayer D., Likens G., Andersen A., Bowman D., Bull C., Burns E., Dickman C., Hoffmann A., Keith D., Liddell M., Lowe A., Metcalfe D., Phinn S., Russell-Smith J., Thurgate N., Wardle G. (2012b). Value of long-term ecological studies. *Austral Ecology* 37: 745-757 p.
- Lindenmayer D., Likens G. (2010). The science and application of ecological monitoring. *Biological Conservation* 143: 1317-1328 p.
- Malhi Y., Silmanw M., Salinas N., Bush M., Meir P., Saatchi S. (2010). Introduction: Elevation gradients in the tropics: laboratories for ecosystem ecology and global change research. *Global Change Biology* 16: 3171-3175 p.
- Mawdsley J. (2011). Design of conservation strategies for climate adaptation. *WIREs Climate Change* 2: 498-515 p.
- Mostacedo B; Fredericksen T. (2000). *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal*. BOLFOP. Santa Cruz, Bolivia. 82 p.
- Pauli H., Gottfried M., Lamprecht A., Niessner S., Rumpf S., Winkler M., Steinbauer K., Grabherr G. (eds.). (2015). *Manual para el trabajo de*

campo del proyecto GLORIA. Aproximación al estudio de las cimas. 5ª edición. GLORIA-Coordinación, Academia Austriaca de Ciencias y Universidad de Recursos Naturales y Ciencias de la Vida, Viena, Austria. Jaca, España. 148 p.

Pauli H., Gottfried M., Hohenwallner, D., Reiter K., Grabherr, G. (2003). Manual para el trabajo de campo del proyecto GLORIA. Aproximación al estudio de las cimas. Instituto de ecología y conservación biológica. Universidad de Viena. Jaca, España. 55 p.

Peralvo M., Bustamante M. (2015). CONDESAN: Promoting long-term monitoring at different scales to support natural resource governance in the Andean countries. *Mountain Research and Development* 35 (1): 90-92 p.



*Valeriana convallarioides*, Cajanuma. Parque Nacional Podocarpus, Ecuador.  
Fotografía: Paúl Eguiguren





## PARTE IV. LÍNEA BASE PARA EL MONITOREO DE LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

### Patrones de diversidad florística a lo largo de la gradiente altitudinal del páramo del Parque Nacional Podocarpus

Paúl Eguiguren<sup>1,2\*</sup>, Tatiana Ojeda-Luna<sup>1,2</sup> y Nikolay Aguirre<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Programa de Investigación en Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos.  
Universidad Nacional de Loja.

<sup>2</sup>Carrera de Ingeniería Forestal. Universidad Nacional de Loja.

\*Autores para correspondencia: paul.eguiguren@unl.edu.ec y  
nikolay.aguirre@unl.edu.ec

#### Introducción

Los páramos son ecosistemas sensibles de alta montaña que en América se encuentran distribuidos desde Costa Rica hasta el norte del Perú, con un rango altitudinal entre 3000 msnm – 4700 msnm (Sklenar y Jørgensen, 1999; Hofstede *et al.*, 2003). En el Ecuador cubren cerca de 1 250 000 ha, que representa el 6% de la extensión del país (Mena y Medina, 2001; Mena y Hofstede, 2006).

A pesar de la limitada área que ocupan dentro del país, los páramos proveen servicios ecosistémicos muy importantes tanto a nivel local como global, tales como: la conservación de la biodiversidad, albergando gran cantidad de especies endémicas y sirviendo como corredores biológicos; almacenamiento de carbono; control y regulación del ciclo hidrológico, (Buytaert *et al.*, 2011; Hofstede *et al.*, 2003). Su alta biodiversidad guarda relación con la situación ecuatorial, la cordillera de los Andes y la influencia de una fuente per-húmeda proveniente de la amazonia y de las corrientes frías y cálidas de las costas (Mena y Hofstede, 2006).

Hacia el sur del Ecuador, los páramos se desarrollan a elevaciones más bajas que en el centro y norte del país, puesto que inician a 2800 msnm hasta 3600 msnm. Presentan una mezcla heterogénea de páramo herbáceo y arbustivo; mientras que en el resto del país se caracterizan por una vegetación dominada por un páramo de pajonal (Lozano *et al.*, 2003; Keating, 2000). Esta particularidad se debe a que en la región sureña del país, existe la

influencia de la deflexión de Huancabamba, que disminuye la elevación de la cordillera de los Andes y actúa como una barrera natural provocando un aislamiento biogeográfico, lo que ha conllevado a la especiación florística de algunas especies (Lozano *et al.*, 2008). De esta manera los páramos del sur poseen una gran riqueza de especies, un alto endemismo e incluyen una diversidad de páramo que es inusual en el resto del país (Mena y Hofstede, 2006; Lozano *et al.*, 2003; Keating, 2000).

Uno de los sitios con mayor extensión de páramos en esta zona del país, es el Parque Nacional Podocarpus (PNP) con 11 000 ha de un total de 146 280 ha que posee esta área protegida (Lozano *et al.*, 2003). Debido a aspectos de accesibilidad al terreno, gran parte de esta vegetación se ha mantenido sin disturbios (Keating, 2000). No obstante, existe la probabilidad de que estos ambientes sean perturbados por la influencia del cambio climático, ya que a pesar de que los modelos de circulación general actuales no predicen bien el cambio climático en los ambientes andinos tropicales, se proyecta una magnitud de calentamiento similar a la de los polos (Herzog *et al.*, 2011). Estas proyecciones tendrían grandes implicaciones sobre la diversidad de genes, especies y servicios ecosistémicos que los páramos proveen a las poblaciones (Urrutia y Vuille, 2009; Bellard *et al.*, 2012).

Estudios dentro del PNP, muestran que durante el Holoceno temprano, las hierbas asociadas a un alto número de helechos fueron el principal tipo de vegetación, en algunas partes del área protegida. Siendo las familias más importantes Poaceae, Cyperaceae, Valerianaceae y Liliaceae. Mediante registro de polen se indica un calentamiento lento durante este periodo, observándose una ligera expansión del sub-páramo y el bosque lluvioso tropical alto-andino a mayores elevaciones (Niemann *et al.*, 2009).

Desde esta perspectiva, entender cómo el cambio climático afectará el comportamiento de las especies en estos ecosistemas es muy importante y, más aún cuando se trata de sitios poco estudiados, debido a sus condiciones orográficas, que limitan la aplicación de modelos climáticos de mayor escala (Herzog *et al.*, 2011). En consecuencia, es importante recopilar información y monitorear a largo plazo las respuestas de las especies frente al cambio climático, a través de metodologías estandarizadas que permitan comparar la información multi-temporal y espacial.

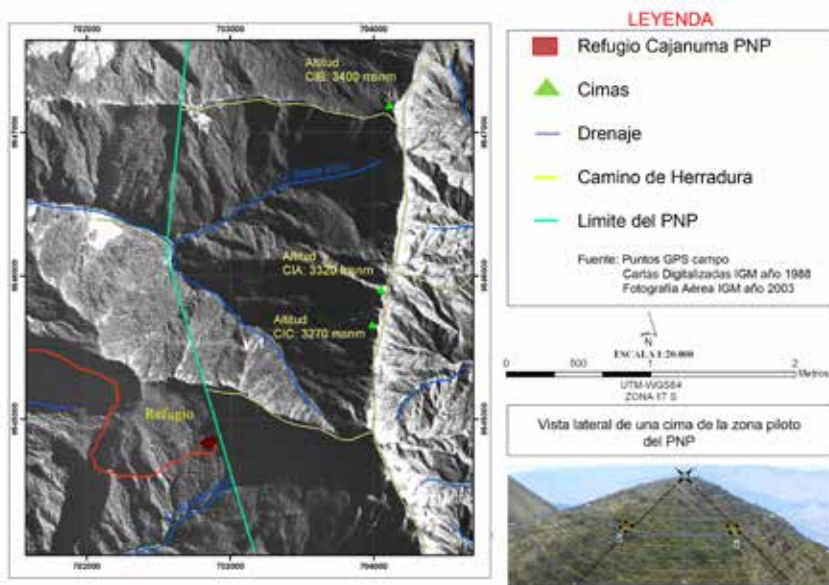
Este artículo, muestra los resultados de la primera fase del Proyecto de Monitoreo a largo plazo del impacto del cambio climático en la biodiversidad

de ecosistemas de páramo en el Parque Nacional Podocarpus, Provincia de Loja, Ecuador (Proyecto MICCAMBIO), usando una metodología estandarizada que se está aplicando en otros ecosistemas de páramo en la región. En esta fase, se levantó la línea base de la diversidad florística de tres cimas situadas a diferentes elevaciones en el sector de Cajanuma, dentro del Parque Nacional Podocarpus.

La línea base, será un punto de partida para conocer la situación actual de la diversidad florística del PNP, lo cual a su vez permitirá que en los futuros monitoreos cualquier cambio sea identificado (Hill *et al.*, 2005).

### Materiales y métodos

El área de estudio comprende el ecosistema de páramo localizado dentro del PNP, en las provincias de Loja y Zamora Chinchipe; entre las coordenadas UTM 704015 – 704132 Este y 9545633 – 9547175 Latitud Norte (Figura 1). Esta región está influenciada por la deflexión de Huancabamba, que ha dado origen a un ecosistema con una alta diversidad y endemismo (Programa Podocarpus, 2002; Becking, 2004). Los páramos del PNP representan el 25% (11 000 ha) de los páramos del Ecuador (Ecolap y Mae, 2007) y se distribuye en un rango altitudinal de 3000 msnm a 3695 msnm (Keating, 1999).



**Figura 1.** Ubicación del sitio piloto en el páramo de Cajanuma del Parque Nacional Podocarpus.

El clima del páramo se clasifica como tropical húmedo con noches frías y días frescos; el cual está influenciado por vientos calientes y húmedos de la Amazonía baja, los mismos que chocan con las masas de aire frío de la montaña (Niemann *et al.*, 2009). Posee una temperatura promedio diaria de 10 °C, con mínimas que varían entre 0 – 3 °C. Además, registran precipitaciones anuales que van de 2 000 mm a 4 000 mm (Keating, 1999; Herbario de Loja, 2000; Lozano *et al.*, 2003).

Dentro de este ecosistema se estableció una zona piloto para el monitoreo del impacto del cambio climático sobre la biodiversidad paramera a lo largo de la gradiente altitudinal. Se aplicó la metodología propuesta por Pauli *et al.*, (2003), estableciendo tres cimas a diferentes gradientes altitudinales (CIA–3270 msnm, CIB–3320 msnm, CIC–3400 msnm) (ver anexo 1). Las cimas ubicadas a lo largo de la cordillera de los Andes, posee una superficie de 6 136,4 m<sup>2</sup> (Eguiguren y Ojeda, 2009)

En cada cima se establecieron parcelas de 3 m × 3 m ubicadas una en cada punto cardinal (norte, sur, este y oeste), a 5 m de desnivel con respecto al punto cumbre (PC). Cada parcela está dividida en 9 subparcelas de 1 m<sup>2</sup>, en donde aquellos cuadrantes ubicados en las esquinas se usaron para el muestreo de la vegetación, muestreando en total 48 subparcelas (Figura 1).

En cada sub-parcela de los extremos se levantó información referente al número de familias, especies e individuos presentes; así como, el porcentaje de cobertura de cada una de las especies dentro del cuadrante.

Para estimar la diversidad florística dentro del área de estudio se calculó la riqueza considerando el número de especies en un área determinada (1 m<sup>2</sup>) (Mostacedo y Fredericksen, 2000; Magurran, 2004). También se elaboró curvas de rarefacción, empleando el Software Estimates; esto permitió conocer cuál es el número de especies esperado dentro de cada una de las cimas, en donde se expresan los patrones de agregación, asociación o segregación observada como el conjunto de todas las subparcelas (Colwell, 2011; Magurran y McGill, 2011).

Por otro lado se determinó el Índice de diversidad de Shannon (ecuación 1) y su índice de equitatividad. El índice de Shannon mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar dentro de una muestra (Magurran, 1988; Magurran y McGill, 2011). Para establecer si existe diferencias significativas entre las

cimas en lo que respecta al Índice de Diversidad de Shannon, se utilizó el Software estadístico InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2013; Balzarini *et al.*, 2008).

*Ecuación 1*

$$H' = -\sum p_i \ln p_i$$

*Ecuación 2*

Dónde:

H' = Índice de Shannon

p<sub>i</sub> = abundancia relativa

Dónde:

$$E = \frac{H'}{\ln S}$$

E = Índice de equitatividad

S = Número de especies

En lo referente al análisis de similitud entre las cimas se calculó el Índice de Sorensen (Colwell, 2011), permitiendo la comparación de las comunidades en las cimas mediante la presencia y ausencia de las especies en cada una de ellas (Magurran 1988; Mostacedo y Fredericksen 2000; Moreno 2001). Adicionalmente se determinó el Índice de valor de importancia de cada una de las especies (IVI simplificado ecuación 3), el cual muestra la importancia ecológica relativa de cada especie en la comunidad, para esto se utilizó un método de clasificación (conglomerados) con la medida de Bray-Curtis y el método de agrupamiento de Ward. En este caso se usó el Software estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2013; Balzarini *et al.*, 2008).

*Ecuación 3*

$$IVI = Ab\% + D\%$$

Dónde:

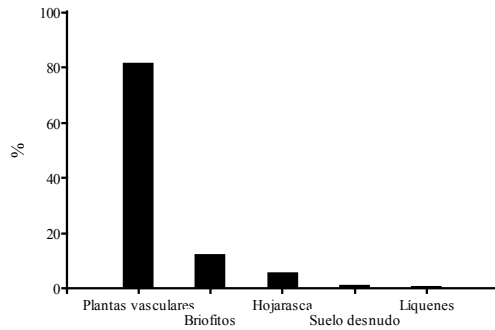
IVI = Índice de valor de importancia

A = Abundancia Relativa

D = Dominancia Relativa (en base a datos de cobertura)

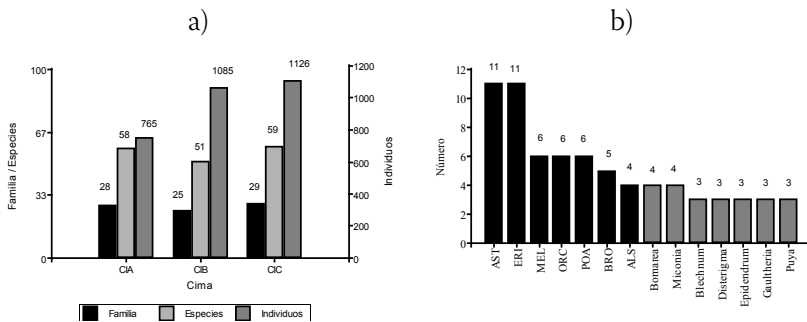
## Resultados

En las 48 sub-parcelas muestreadas en el páramo del PNP, las plantas vasculares cubren en promedio 82% de su superficie (Figura 2). Dentro del área muestreada se encontró 87 especies pertenecientes a 34 familias.



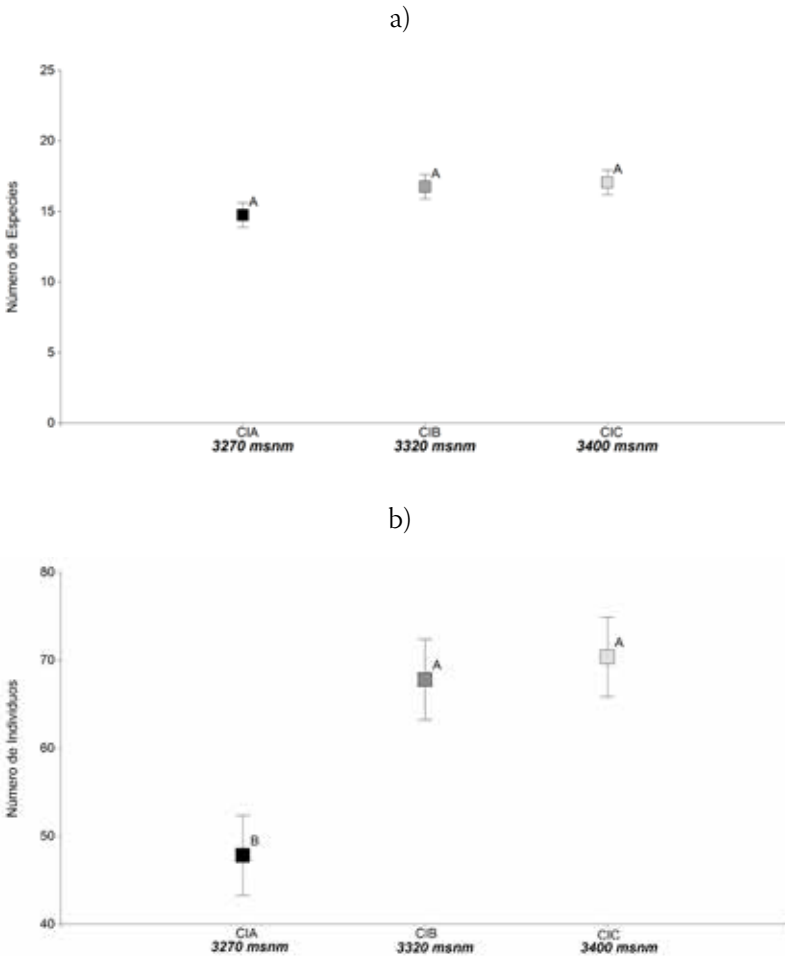
**Figura 2.** Promedio de porcentaje de cobertura dentro de las subparcelas permanentes. Los porcentajes de briofitos y líquenes corresponden a los no cubiertos por plantas vasculares.

La cima CIA, ubicada a menor elevación posee 58 especies, 28 familias y 765 individuos. En la cima CIB, situada en la elevación intermedia, hay 51 especies, 25 familias y 1085 individuos; mientras que la cima CIC de mayor elevación, presenta 59 especies con 29 familias y 1126 individuos (Figura 3a). Las familias con mayor diversidad de géneros son Asteraceae, Ericaceae, Melastomataceae, Orchidaceae, Poaceae, Bromelaceae y Alstromelaceae. Los géneros más representativos dentro de la zona piloto son: *Bomarea*, *Miconia*, *Blechnum*, *Disterigma*, *Epidendrum*, *Gaultheria* y *Puya* (Figura 3b).



**Figura 3.** a) Número de especies, familias e individuos de las cimas del sitio piloto PNP. b) Riqueza por familia y géneros. AST: Asteraceae, ERI: Ericaceae, MEL: Melastomataceae, ORC: Orchidaceae, POA: Poaceae, BRO: Bromelaceae y ALS: Alstromelaceae

La riqueza específica entre cada una de las cimas no muestra diferencias significativas ( $p$  valor: 0.1416), existiendo un promedio por  $m^2$  entre 16 y 18 especies (Figura 4a). En cuanto a la densidad de individuos se observa una diferencia significativa ( $p$ -valor: 0.0017), entre las cimas CIB y CIC con respecto a la CIA (Figura 4b); es así como se marca una tendencia de incremento conforme aumenta la distancia y altitud entre cimas.

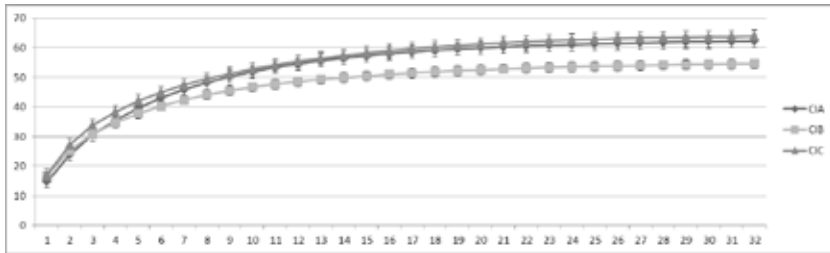


**Figura 4.** a) Riqueza específica promedio por cima de la zona piloto PNP. ANOVA Test LSD Fisher  $p < 0.05$ ; b) Densidad de individuos promedio por cima de la zona piloto PNP. ANOVA. Test LSD Fisher  $p < 0.05$

La tendencia de la curva de rarefacción entre especies y las parcelas muestreadas en cada una de las cimas tiende a disminuir. Esto se relaciona

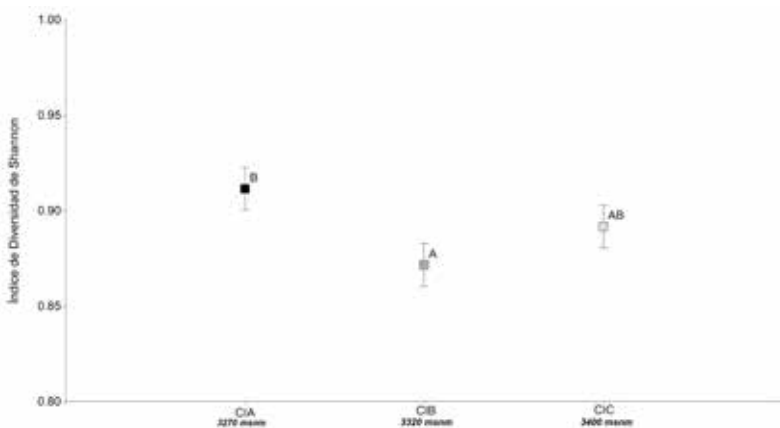


con la cantidad de especies nuevas registradas conforme se incrementa el área de muestreo. Sin embargo, al extrapolar dicha curva se observa que con el área muestreada aún no se logra estabilizar (Figura 5). Por lo tanto, existe la probabilidad de encontrar más especies conforme exista un mayor esfuerzo de muestreo dentro de las cimas. Esta tendencia muestra un punto de estabilización cerca de un estimado de 26 parcelas.



**Figura 5.** Curvas de rarefacción del sitio piloto PNP

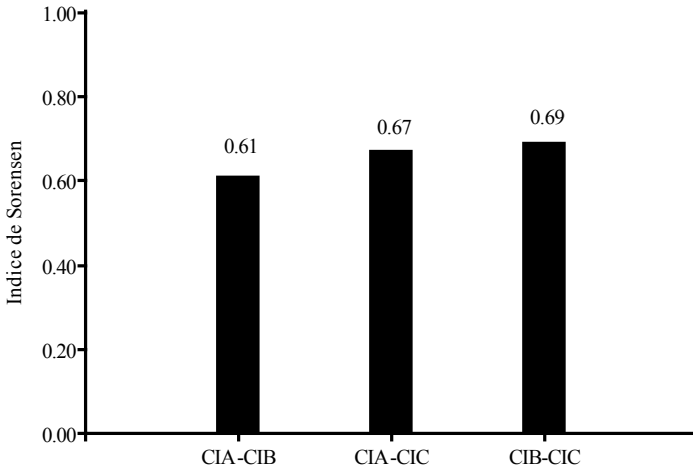
La diversidad Shannon en las tres cimas tiene un índice alto. Entre cimas CIA–CIC y cimas CIC – CIB no existe una diferencia estadística (Figura 6). Mientras que existe una diferencia en cuanto al índice entre las cimas CIA – CIB (p-valor: 0.0525).



**Figura 6.** Índice de Diversidad de Shannon (Índice de Equitatividad) Test LSD Fisher  $p < 0.05$

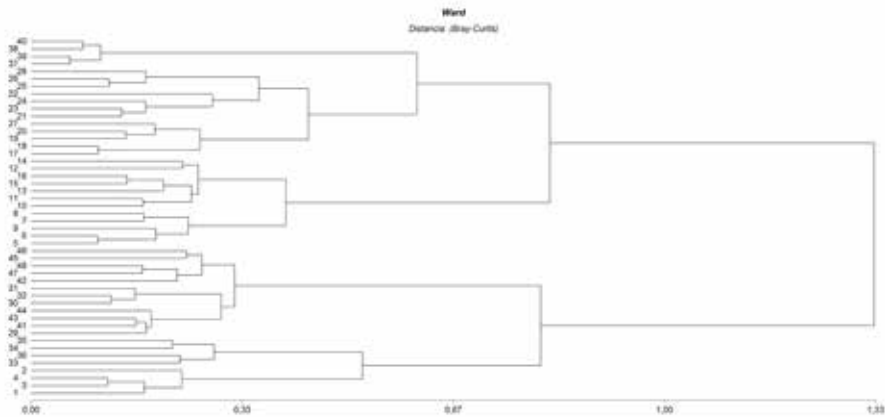
En lo referente a la similitud entre las cimas de la zona piloto del PNP, se obtuvo que las cimas tienen una Similitud mediana (Figura 7). Esto en términos de ausencia y presencia de especies entre cada una de ellas, que

va de 0.61 a 0.69. Podría estar relacionado a la cercanía que existe entre las cimas; además, comparten ciertos elementos florísticos, ya que estas se encuentran influenciadas por mismo clima.



**Figura 7.** Índice de similitud de Sorensen (clásico) del Sitio Piloto.

Se observa que existe una similitud mediana entre cada una de las cimas, sin embargo al realizar un análisis de conglomerados (Figura 8) en función del IVI a un nivel del 50 % se obtuvo que las sub-parcelas permanentes pueden unirse en cuatro grupos principales. El primero de ellos muestra una mayor similitud entre las Cimas CIB – CIC incluyendo las parcelas de la dirección norte, este y oeste (CIB) y la norte (CIC). El segundo grupo muestra de forma separada a la cima CIA, principalmente con las parcelas de la dirección norte, sur y oeste. El tercer grupo vuelve a mostrar una mayor similaridad entre las Cimas CIB – CIC, pero ahora con las direcciones sur y oeste (CIB) y la sur (CIC). Finalmente el cuarto grupo muestra una similitud en las direcciones este de las cimas más lejanas (CIA – CIC). Estas similitudes en función del IVI puede estar regido a la diferencia dentro de la composición que existe entre las direcciones pudiéndose observar un mayor porcentaje de especies arbustivas hacia las direcciones norte, sur y oeste; mientras que hacia el este la vegetación es más de tipo herbácea.



**Figura 8.** Análisis de conglomerados con el Índice de valor de importancia (IVI) simplificado

De los cálculos del IVI también se identificó a las especies con mayor importancia fitosociológica por cada cima, considerando a aquellos valores situados sobre el percentil 90 (ver Cuadro 2). De todas las especies con IVIs más altos, *Tillandsia aequatorialis*, sobresale en las tres cimas, seguida de *Calamagrostis macrophylla* y *Escallonia myrtilloides* que tienen índices altos en dos de las tres cimas. En este grupo de especies, también es importante resaltar que existen tres especies endémicas: *Tillandsia aequatorialis*, *Disterigma pentandrum* y *Neurolepis nana*; siendo esta última la que presenta un rango de distribución geográfica más restringido (Jørgensen y León-Yáñez, 1999).

**Cuadro 2.** Especies con un mayor índice de valor de importancia (IVI) por cima.

Cima	Especie	IVI
CIA	<i>Senecio tephrosioides</i>	20,87
	<i>Themistoclesia epiphytica</i>	22,12
	<i>Calamagrostis macrophylla</i>	28,48
	<i>Tillandsia aequatorialis</i>	36,95
	<i>Hypericum lancioides</i>	56,00
	<i>Puya nitida</i>	58,20

CIB	<i>Calamagrostis macrophylla</i>	20,06
	<i>Disterigma pentandrum</i>	20,35
	<i>Cortaderia jubata</i>	21,28
	<i>Escallonia myrtilloides</i>	23,14
	<i>Disterigma empetrifolium</i>	24,72
	<i>Tillandsia aequatorialis</i>	53,28
CIC	<i>Tillandsia aequatorialis</i>	22,54
	<i>Rubus laegaardii</i>	25,56
	<i>Chusquea neurophylla</i>	30,66
	<i>Cortaderia bifida</i>	37,65
	<i>Neurolepis nana</i>	53,09
	<i>Escallonia myrtilloides</i>	66,84

## Discusión

Los páramos del sur del Ecuador se caracterizan por ser diferentes a los del norte del país (Keating, 2008), ya que estos últimos son principalmente de tipo pajonal, mientras que los páramos del PNP poseen una vegetación arbustiva y herbácea. La zona piloto PNP está conformada por tres cimas con características geomorfológicas similares, expuestas a las mismas condiciones climáticas, siendo su principal diferencia su ubicación a lo largo de la gradiente altitudinal (3270 msnm – 3320 msnm – 3400 msnm). Dentro de la zona piloto se encontró 34 familias que contienen 87 especies, lo que representa el 5,7 % de las 1 524 especies parameras del Ecuador (Hofstede *et al.*, 2003).

La riqueza encontrada en el PNP es mayor a la encontrada en otros estudios con rangos altitudinales similares como el páramo de Zapote Naida (3200 msnm – 3500 msnm), Cumbe (3200 msnm – 3500 msnm) y Oña (3100 msnm) (Keating, 2008). Pese al importante número de especies encontrado dentro de las sub-parcelas de la zona piloto, la curva de rarefacción indica que es necesario aumentar la intensidad de muestro (Figura 5), con el objetivo de obtener mejor representatividad dentro del monitoreo a largo plazo.

Las familias más importantes dentro de la zona piloto son Asteraceae (11 especies), Ericaceae (11 especies), Melastomataceae (6 especies), Orchidaceae (6 especies), Poaceae (6 especies) y Bromelaceae (5 especies). Estos valores coinciden con otros estudios ejecutados en la zona en donde se

observa que las familias más ricas en especies son Asteraceae (16 especies), Ericaceae (13 especies), Melastomataceae (9 especies) y Bromeliaceae (4 especies) (Keating, 1999; Sklenar y Balslev, 2005).

La riqueza específica dentro de las cimas no sugiere una diferencia significativa, ni tampoco una tendencia de incremento o disminución en relación a los cambios en altitud. Esto muestra una similitud con lo encontrado por Izco *et al.*, (2007), en donde se señala mayor riqueza específica entre los tramos 3200 – 3300 msnm y 3400 – 3500 msnm. Mientras que Sklenar y Ramsay (2001), observan un aumento de la riqueza específica hasta 4100 – 4200 msnm, pero por encima de este límite esta empieza a declinarse conforme aumenta la altitud. Otros estudios relacionados a ambientes montañosos se identifica una tendencia marcada en cuanto al número de especies en relación con su rango altitudinal en donde en muchos de los casos esta tiende a disminuir conforme aumenta la altitud (Rahbek, 1995; Bertin *et al.*, 2001; Erschbamer *et al.*, 2006; Pickering y Butler, 2009).

El índice de diversidad de Shannon encontrado en la zona piloto varía entre 0.91–0.87, indicando una alta diversidad dentro del sitio de estudio, pero que va disminuyendo conforme aumenta la altitud. La diversidad de la zona piloto del PNP es similar a la encontrada por Keating (1999) (0.94 – 0.96) para un rango altitudinal entre 3250 msnm – 3385 msnm, pero con una mayor intensidad de muestreo. La diversidad no mostró una diferencia significativa entre las cimas de los extremos CIA y CIC, contrario a lo que se esperaría que la diversidad pueda disminuir conforme existe una variación en la altitud.

Dentro de la zona piloto a más de la diferencia altitudinal de las cimas; la variación en el clima, condiciones micro ambientales, el suelo, la productividad, entre otros; podrían ser factores que están afectando la densidad de las especies y diversidad (Pickering y Butler, 2009; Wang *et al.*, 2007).

La similitud entre cimas es media según el índice de Sorensen; sin embargo, el análisis de conglomerados en función del IVI simplificado muestra que las cimas con mayor similaridad son CIB – CIC, que presentan una diferencia en altitud y distancia, mostrando una contraposición a lo expresado por Sklenar y Jørgensen (1999), quienes sostienen que la similaridad entre sitios suele disminuir conforme aumenta su distancia geográfica o su altitud.

En cuanto al agrupamiento casi único de CIA, podría deberse a que está junto a una zona de ecotono entre el páramo y el bosque alto andino, recibiendo alta influencia de este último en su composición florística. Es posible que en esta zona donde ahora se observa un sub-páramo, haya estado ocupada a mediados del Holoceno por elementos florísticos característicos de un bosque lluvioso tropical alto-andino, tal como lo sugieren Niemann *et al.*, (2009) para el caso del subpáramo actual situado en El Tiro (a aproximadamente 10 km de la zona piloto del PNP). Una prueba de ello podría ser la presencia de *Weinmannia* en CIA, donde se encuentra mayor número de individuos e IVI en comparación con CIB y CIC (Anexo 2). Este género es indicador de cambios de zonas de vegetación así como, de la línea del bosque hacia elevaciones más altas, que se dieron a finales del Pleistoceno y Holoceno producto de eventos climáticos más calientes (Niemann *et al.*, 2009; Werner *et al.*, 2013).

En lo concerniente a las especies con un IVI más alto, teóricamente podrían estar dominando las funciones ecológicas que se desarrollan en el ecosistema como por ejemplo relaciones interespecíficas, cuya importancia en el marco del cambio climático según Campbell *et al.*, (2009) podría aumentar e incidir en la estructura y composición del ecosistema. No obstante, esta podría ser una hipótesis que requiere ser evaluada *in situ*.

En vista de que también en la cima existen especies con IVI alto y que son endémicas, es posible que para estas especies exista una mayor probabilidad de extinción, especialmente si tienen un rango restringido de distribución (Thuiller *et al.*, 2005); esto además podría incidir en el comportamiento de otras especies que dependen en gran medida de las interacciones con especies ecológicamente dominantes.

### Referencias Bibliográficas

- Balzarini, M.; Gonzalez, L.; Tablada, M.; Casanoves, F.; Di Rienzo, J.; Robledo, C. (2008). Manual del usuario. InfoStat Córdoba. Argentina.
- 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. Ec. Imprenta Monsalve Moreno.

- Bellard, C.; Bertelsmeier, C.; Leadley, P.; Thuiller, W.; Courchamp, F. (2012). Impacts of climate change on the future of biodiversity. *Ecology Letters* 1-13 p.
- Bertin, L.; Dellavedova, R.; Gualziano, R.; Tomaselli, M. (2001). Monitoring plant diversity in the northern apennines. Italy. *The Gloria Project Geobotanical* 7: 71-74 p.
- Buytaert, W.; Cuesta-Camacho, F.; Tobón, C. (2011). Potential impacts of climate change on the environmental services of humidtropical alpine regions. *Global Ecology and Biogeography* 20: 19-33 p.
- Campbell, A.; Kapos V.; Scharlemann, J.; Bubb, P.; Chenery, A.; Coad L.; Dickson, B.; Doswald, N.; Khan, M.; Kershaw, F.; Rashid, M. (2009). Review of the literature on the links between biodiversity and climate change: Impacts, Adaptation and Mitigation. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal. Technical Series (42): 124 p.
- Colwell, R. (2011). EstimateS. Version 9.1. Statistical estimation of species richness and shared species from samples.
- Di Rienzo, J.; Casanoves F.; Balzarini, M.; Gonzalez, L.; Tablada, M.; Robledo, C. InfoStat versión (2013). Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- ECOLAP (Instituto de Ecología Aplicada de la Universidad San Francisco de Quito); MAE (Ministerio del Ambiente del Ecuador). (2007). Guía del patrimonio de áreas naturales protegidas del Ecuador. ECOFUND. FAN. DarwinNet. IGM. Quito. Ec.
- Eguiguren, P. y Ojeda, 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. Tesis, Carrera de Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de Loja. Ecuador. 101 pp.
- Erschbamer, B.; Mallaun, M.; Unterluggauer, P. (2006). Plant diversity along altitudinal gradients in the Southern and Central Alps of South Tyrol and Trentino (Italy) *Gredleriana* 6: 47–68.

- Herbario de Loja. (2000). Diagnóstico de la vegetación natural y de la intervención humana en los páramos del Parque Nacional Podocarpus. Programa Podocarpus. Informe final. In. 2000. Loja. Ec. . p. 75.
- Herzog, S.; Martínez, R.; Jørgensen, P.; Tiessen, H. (eds). (2011). Climate change and biodiversity in the Tropical Andes. Inter-American Institute for Global Change Research (IAI) and Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE) 348 p.
- Hill, D., M. Fasham, G. Tucker, M. Shewry, P. Shaw (eds.). (2005). Handbook of biodiversity methods: Survey, evaluation and monitoring. Cambridge University Press. New York, U.S.A. 573 p.
- Hofstede, R.; Pool, S.; Mena, P. (2003). Los páramos del mundo. Proyecto atlas mundial de los páramos. Global Peatland initiative/NC-IUCN/ EcoCiencia Quito. Ec. 80 p.
- Izco, J.; Pulgar, I.; Aguirre, Z.; Santin, F. (2007). Estudio florístico de los páramos de pajonal meridionales de Ecuador Revista Peruana de Biología. 14: 237-246 p.
- Jørgensen, P.M.; León-Yáñez, S. (eds.). (1999). Catalogue of the vascular plants of Ecuador. Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard. 75: i–viii. 1182 p.
- Keating, P.L. (2000). Chronically disturbed páramo vegetation at a site in southern Ecuador. Journal of the Torrey Botanical Society 127(2): 162-171 p.
- Keating, P. (1999). Changes in páramo vegetation along an elevation gradient in southern Ecuador. Journal of the Torrey Botanical Society 126(2): 159-175 p.
- Keating, P. (2008). The floristic composition and biogeographical significance of a megadiverse paramo site in the southern Ecuadorian Andes. Journal of the Torrey Botanical Society 135(4): 554-570 p.
- Lozano, P.; Busmann, R.; Kupers, M.; Lozano, D. (2008). Deslizamientos naturales y comunidades pionera de ecosistemas montañosos al occidente del Parque Nacional Podocarpus (Ecuador) Botánica 30(1): 1-19 p.



- Lozano, P.; Delgado, T.; Aguirre, Z. (2003). Estado actual de la flora endémica exclusiva y su distribución en el Occidente del Parque Nacional Podocarpus. Publicaciones de la Fundación Ecuatoriana para la Investigación y Desarrollo de la Botánica. Loja. Ec.
- Magurran, A. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. New Jersey. USA. Princeton University Press.
- Magurran, A. (2004). *Measuring biological diversity*. 214 p.
- Magurran, A.E.; McGill, B.J. (2011). *Biological diversity: Frontiers in measurement and assessment*, OUP Oxford.
- Mena, P.; Hofstede, R. (2006). Los páramos ecuatorianos. En: Moraes, M.; Øllgaard, B.; Kvist, L.; Borchsenius, F.; Balslev, H. eds. 2006. *Botánica Económica de los Andes Centrales* La Paz. Bo. 91-109 p.
- Mena, P.; Medina, G. (2001). La biodiversidad de los páramos del Ecuador. En: Mena, P.; Medina, G. & Hofstede, R.G.M. (eds.). *Los Páramos del Ecuador. Proyecto Páramo y Abya Yala* Quito. Ec. 23-48 p.
- Moreno, C. (2001). *Métodos para medir biodiversidad* CYTED. O.-U. Sociedad Entomológica Aragonesa. ed. Zaragoza. Es.
- Mostacedo, B.; Fredericksen, T. (2000). *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal*. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR) Santa Cruz. Bo.
- Niemann H., T. Haberzettl, H. Behling. (2009). Holocene climate variability and vegetation dynamics inferred from the (11700 cal. yr BP) Laguna Rabadilla de Vaca sediment record, southeastern Ecuadorian Andes. *The Holocene* 19 (2): 307-316 p.
- Pauli, H.; Gottfried, M.; Hohenwallner, D.; Reiter, K.; Casale, R.; Grabherr, G. (2003). *Manual para el trabajo de campo del proyecto GLORIA*. Instituto de ecología y conservación biológica Viena. Austria. 91 p.
- Pickering, C.; Butler, S. (2009). Patterns in vascular plant species density in tall alpine herbfield along an increasing altitudinal gradient in an Australian alpine region. *Australian Journal of Botany* 57(3): 210-220 p.

- Programa Podocarpus. (2002). Informe Podocarpus 1997–2002. Programa Podocarpus Loja. Ecuador. Impresión NINA Comunicaciones.
- Rahbek, C. (1995). The elevational gradient of species richness: a uniform pattern? *Ecography* 16: 200-207 p.
- Sklenar, P.; Jørgensen, P. (1999). Distribution patterns of páramo plants in Ecuador. *Journal of Biogeography* (26): 681-691 p.
- Sklenar, P.; Ramsay, P. (2001). Diversity of zonal paramo plant communities in Ecuador. *Journal of Diversity and Distributions* 7: 113-124 p.
- Sklenar, P. y Balslev, H. (2005). Superpáramo plant species diversity and phytogeography in Ecuador. *Journal of Flora*. 200: 416-443 p.
- Thuiller, W.; Lavorel, S.; Araújo, M.; Sykes, M.; Prentice, I.C.; Mooney, H.A. (2005). Climate change threats to plant diversity in Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 102(23): 8245-8250 p.
- Urrutia, R.; Vuille, M. (2009). Climate change projections for the tropical Andes using a regional climate model: Temperature and precipitation simulations for the end of the 21st century. *Journal of Geophysical Research* 114: 15p.
- Wang, C.T.; Long, R.J.; Wang, Q.J.; Ding, L.M.; Wang, M.P. (2007). Effects of altitude on plant-species diversity and productivity in an alpine meadow. Qinghai–Tibetan plateau *Australian Journal of Botany* 55: 110-117 p.
- Werner, F.A., N. Jantz, V. Krashevskaya, T. Peters, H. Behling, M. Maraun, S. Scheu, G. Brehm. (2013). Climate change: Effects on biodiversity and ecosystem functioning. En: Bendix J. *et al.* (eds.), *Ecosystem services, biodiversity and environmental change in a tropical mountain ecosystem of south Ecuador*. *Ecological Studies*. *Ecological Studies* 221: 247-263 p.

## Anexos

### Anexo 1. Características generales de las tres cimas pilotos en el Parque Nacional Podocarpus.

Cima	Altitud	Dirección	Pendiente	Parcela	Índice Shannon	Densidad	Riqueza
CIA	3270	Este	17,50	1	0,91	48	14
CIA	3270	Este	17,50	2	0,97	38	11
CIA	3270	Este	17,00	3	0,94	44	13
CIA	3270	Este	18,00	4	0,91	44	12
CIA	3270	Norte	38,00	5	0,89	50	17
CIA	3270	Norte	37,00	6	0,90	54	15
CIA	3270	Norte	41,00	7	0,90	81	18
CIA	3270	Norte	40,00	8	0,87	66	17
CIA	3270	Oeste	37,00	9	0,86	58	16
CIA	3270	Oeste	40,00	10	0,92	41	16
CIA	3270	Oeste	39,50	11	0,91	56	21
CIA	3270	Oeste	40,00	12	0,93	38	17
CIA	3270	Sur	43,40	13	0,93	56	16
CIA	3270	Sur	44,20	14	0,90	28	13
CIA	3270	Sur	43,70	15	0,89	38	9
CIA	3270	Sur	44,30	16	0,96	25	11
CIB	3320	Este	20,00	17	0,86	59	18
CIB	3320	Este	19,00	18	0,77	55	14
CIB	3320	Este	18,00	19	0,82	38	11
CIB	3320	Este	19,50	20	0,77	69	14
CIB	3320	Norte	46,00	21	0,88	91	20
CIB	3320	Norte	45,00	22	0,90	78	22
CIB	3320	Norte	45,00	23	0,81	84	15
CIB	3320	Norte	47,00	24	0,84	119	22
CIB	3320	Oeste	36,00	25	0,92	67	17
CIB	3320	Oeste	31,00	26	0,91	70	19
CIB	3320	Oeste	34,00	27	0,90	75	18
CIB	3320	Oeste	35,00	28	0,88	63	20
CIB	3320	Sur	43,00	29	0,93	50	15
CIB	3320	Sur	33,00	30	0,90	62	12
CIB	3320	Sur	36,00	31	0,94	49	17
CIB	3320	Sur	26,00	32	0,91	56	14
CIC	3400	Este	21,50	33	0,87	92	18

<b>Cima</b>	<b>Altitud</b>	<b>Dirección</b>	<b>Pendiente</b>	<b>Parcela</b>	<b>Índice Shannon</b>	<b>Densidad</b>	<b>Riqueza</b>
CIC	3400	Este	17,80	34	0,78	121	23
CIC	3400	Este	22,80	35	0,83	68	18
CIC	3400	Este	21,00	36	0,86	96	18
CIC	3400	Norte	28,00	37	0,95	54	8
CIC	3400	Norte	44,80	38	0,92	67	14
CIC	3400	Norte	39,00	39	0,89	61	11
CIC	3400	Norte	43,00	40	0,91	54	12
CIC	3400	Oeste	35,20	41	0,89	45	17
CIC	3400	Oeste	28,00	42	0,96	46	20
CIC	3400	Oeste	35,00	43	0,93	83	21
CIC	3400	Oeste	31,00	44	0,93	68	21
CIC	3400	Sur	37,50	45	0,84	75	19
CIC	3400	Sur	31,90	46	0,91	48	16
CIC	3400	Sur	32,50	47	0,91	71	19
CIC	3400	Sur	30,50	48	0,91	77	18

## Anexo 2. IVI (ordenado de menor a mayor) por especie en cada cima de la zona piloto del Parque Nacional Podocarpus

CIA (3270 msnm)		CIB (3320 msnm)		CIC (3400 msnm)	
Especie	IVI	Especie	IVI	Especie	IVI
<i>Meriania sanguinea</i>	1,34	<i>Elaphoglossum sp.</i>	1,25	<i>Oxalis elegans</i>	0,96
<i>Blechnum lima</i>	1,78	<i>Pentacalia myrsinites</i>	2,43	<i>Oritrophium peruvianum</i>	1,43
<i>Cyrtochilum anthoxanthum</i>	2,59	<i>Ilex myricoides</i>	2,44	<i>Geranium loxense</i>	1,55
<i>Muehlenbeckia tammifolia</i>	2,71	<i>Bomarea dissitifolia</i>	2,60	<i>Weinmannia fagaroides</i>	1,99
<i>Symplocos sp.</i>	2,73	<i>Momina arbuscula</i>	2,81	<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	1,99
<i>Xyris subulata</i>	2,78	<i>Bomarea distichifolia</i>	2,82	<i>Niphogetum dissecta</i>	2,03
<i>Momina arbuscula</i>	2,78	<i>Brachyotum campii</i>	2,90	<i>Momina arbuscula</i>	2,06
<i>Galium hypocarpium</i>	3,04	<i>Valeriana microphylla</i>	2,93	<i>Puya c.f.</i>	2,12
<i>Pachyphyllum crystallinum</i>	3,46	<i>Gomphichis sp.</i>	2,94	<i>Huperzia austroecuadorica</i>	2,26
<i>Lycopodium vestitum</i>	3,49	<i>Miconia stenophylla</i>	3,09	<i>Epidendrum loxense</i>	2,35
<i>Hieracium frigidum</i>	3,54	<i>Pitcairnia pungens</i>	3,29	<i>Jamesonia goudotii</i>	2,42
<i>Blechnum cordatum</i>	3,56	<i>Polypodium subandinum</i>	3,39	<i>Pentacalia myrsinites</i>	2,49
<i>Oritrophium peruvianum</i>	3,75	<i>Pentacalia andicola</i>	3,81	<i>Xyris subulata</i>	2,72
<i>Polypodium subandinum</i>	3,79	<i>Blechnum cordatum</i>	4,08	<i>Gomphichis sp.</i>	2,83
<i>Bomarea setacea</i>	3,87	<i>Hieracium frigidum</i>	4,13	<i>Clethra revoluta</i>	3,01
<i>Gomphichis sp.</i>	3,98	<i>Miconia ligustrina</i>	4,48	<i>Ilex myricoides</i>	3,55
<i>Rubus laegaardii</i>	4,02	<i>Neurolepis asymmetrica</i>	4,62	<i>Miconia sp.</i>	3,73
<i>Disterigma pentandrum</i>	4,43	<i>Muehlenbeckia tammifolia</i>	4,68	<i>Calceolaria fusca</i>	4,01
<i>Myrsine dependens</i>	4,54	<i>Ageratina cutervensis</i>	4,85	<i>Macleania rupestris</i>	4,57
<i>Epidendrum macrostachyum</i>	5,10	<i>Mikania brachyphylla</i>	5,21	<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>	4,96
<i>Cibianthus marginatus</i>	5,73	<i>Bomarea setacea</i>	5,25	<i>Gynoxys miniphylla</i>	5,33
<i>Bomarea brachysepala</i>	5,78	<i>Thelypteris euthytrix</i>	5,42	<i>Bomarea dissitifolia</i>	5,45
<i>Clethra ovalifolia</i>	5,84	<i>Macleania rupestris</i>	5,71	<i>Eriocaulon microcephalum</i>	6,41
<i>Pernettya próstata</i>	6,07	<i>Clethra revoluta</i>	5,77	<i>Valeriana microphylla</i>	6,49
<i>Epidendrum fimbriatum</i>	6,10	<i>Lycopodium vestitum</i>	6,38	<i>Blechnum lima</i>	7,16
<i>Disterigma empetrifolium</i>	6,32	<i>Gaultheria reticulata</i>	7,02	<i>Puya nitida</i>	7,23
<i>Miconia dodsonii</i>	6,57	<i>Senecio sp.</i>	7,16	<i>Hypericum lancoides</i>	7,42
<i>Valeriana microphylla</i>	6,97	<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>	7,73	<i>Muehlenbeckia tammifolia</i>	7,47

CIA (3270 msnm)		CIB (3320 msnm)		CIC (3400 msnm)	
<i>Bomarea distichifolia</i>	7,09	<i>Calceolaria fusca</i>	7,96	<i>Ageratina cutervensis</i>	7,48
<i>Vaccinium floribundum</i>	7,10	<i>Rubus laegaardii</i>	8,34	<i>Hieracium frigidum</i>	7,85
<i>Calceolaria fusca</i>	7,52	<i>Pernettya prostata</i>	8,64	<i>Pernettya prostata</i>	7,93
<i>Mikania featherstonei</i>	8,10	<i>Gaultheria strigosa</i>	9,33	<i>Puya maculata</i>	7,95
<i>Rhynchospora vulcani</i>	8,28	<i>Weinmannia fagaroides</i>	10,01	<i>Rhynchospora vulcani</i>	8,49
<i>Geissanthus andinus</i>	8,49	<i>Bomarea brachysepala</i>	10,58	<i>Blechnum cordatum</i>	9,08
<i>Ageratina cutervensis</i>	8,52	<i>Gaultheria erecta</i>	11,31	<i>Gaultheria reticulata</i>	9,24
<i>Oxalis elegans</i>	8,72	<i>Rhynchospora vulcani</i>	11,39	<i>Polypodium subandinum</i>	9,46
<i>Macleanea rupestris</i>	9,55	<i>Vaccinium floribundum</i>	12,63	<i>Senecio sp.</i>	9,56
<i>Miconia ligustrina</i>	10,39	<i>Themistoclesia epiphytica</i>	13,73	<i>Miconia stenophylla</i>	9,61
<i>Oxalis spiralis</i>	11,74	<i>Arcytophyllum setosum</i>	13,86	<i>Valeriana comvallaroides</i>	9,67
<i>Huperzia austroecuadorica</i>	12,11	<i>Chusquea neurophylla</i>	14,00	<i>Oxalis spiralis</i>	9,94
<i>Blechnum auratum</i>	13,48	<i>Blechnum auratum</i>	14,07	<i>Gaultheria erecta</i>	10,00
<i>Sisyrinchium tinctorium</i>	14,24	<i>Miconia dodsonii</i>	14,22	<i>Bomarea brachysepala</i>	10,36
<i>Chusquea neurophylla</i>	14,72	<i>Oxalis spiralis</i>	15,11	<i>Sisyrinchium tinctorium</i>	10,91
<i>Puya maculata</i>	15,78	<i>Gynoxys cuicochensis</i>	15,97	<i>Lycopodium vestitum</i>	11,15
<i>Elaphoglossum lingua</i>	16,10	<i>Disterigma alaternoides</i>	17,92	<i>Arcytophyllum setosum</i>	11,18
<i>Neurolepis asymmetrica</i>	16,16	<i>Calamagrostis macrophylla</i>	20,06	<i>Vaccinium floribundum</i>	12,81
<i>Disterigma alaternoides</i>	16,31	<i>Disterigma pentandrum</i>	20,35	<i>Disterigma pentandrum</i>	12,91
<i>Ilex myricoides</i>	16,44	<i>Cortaderia jubata</i>	21,28	<i>Bomarea setacea</i>	13,17
<i>Valeriana comvallaroides</i>	16,52	<i>Escallonia myrtilloides</i>	23,14	<i>Blechnum auratum</i>	14,14
<i>Arcytophyllum setosum</i>	17,16	<i>Disterigma empetrifolium</i>	24,72	<i>Disterigma empetrifolium</i>	15,31
<i>Weinmannia fagaroides</i>	17,18	<i>Tillandsia aequatorialis</i>	53,28	<i>Disterigma alaternoides</i>	16,62
<i>Senecio tephrosioides</i>	20,87			<i>Calamagrostis macrophylla</i>	18,91
<i>Themistoclesia epiphytica</i>	22,12			<i>Neurolepis asymmetrica</i>	22,01
<i>Calamagrostis macrophylla</i>	28,48			<i>Tillandsia aequatorialis</i>	22,54
<i>Tillandsia aequatorialis</i>	36,95			<i>Rubus laegaardii</i>	25,56
<i>Hypericum lancioides</i>	56,00			<i>Chusquea neurophylla</i>	30,66
<i>Puya nitida</i>	58,20			<i>Cortaderia bifida</i>	37,65
				<i>Neurolepis nana</i>	53,09
				<i>Escallonia myrtilloides</i>	66,84





*Pristimantis grp. myersi sp.* Cajanuma, Parque Nacional Podocarpus. Ecuador.  
Fotografía: Karen Salinas





# Diversidad de Anfibios en los páramos del Parque Nacional Podocarpus

Luis Aguirre Mendoza<sup>1</sup>, David Veintimilla<sup>2,3</sup>, Karen Salinas<sup>3</sup> y Nikolay Aguirre<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional de Loja

<sup>2</sup> Ministerio del Ambiente del Ecuador

<sup>3</sup> Carrera en Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente. Universidad Nacional de Loja. Ecuador

<sup>4</sup> Programa de Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. Universidad Nacional de Loja. Ecuador

\*Autor para correspondencia: nikolay.aguirre@unl.edu.ec

## Introducción

El clima ha evolucionado a lo largo de la historia, experimentando cambios que obedecen a ciclos dinámicos naturales; sin embargo, en el último siglo no se puede afirmar que dichos ciclos hayan seguido una tendencia clara y están referidos en su mayoría a efectos negativos de origen antropogénico, que pueden influir en los patrones y procesos globales (Zambrano, 2009).

Es probable que el cambio climático ocasione severos impactos negativos en ecosistemas, especies y subsistencia humana; por esta razón existe preocupación por parte de los científicos, debido a que el cambio climático está causando la declinación de las poblaciones de anfibios (UICN, 2001). La fauna anfibia presenta características muy singulares como piel permeable y ciclo de vida difásico lo que hace que sean muy sensibles a los cambios ambientales, es decir, que son considerados como indicadores de la salud del ambiente. Se prevé que durante el próximo siglo el ascenso de la media de la temperatura global será más rápido y por lo tanto numerosas especies no serán capaces de adaptarse con rapidez a las nuevas condiciones o desplazarse a regiones adecuadas para su supervivencia (p.ej., anfibios) (Convenio Sobre la Diversidad Biológica, 2007).

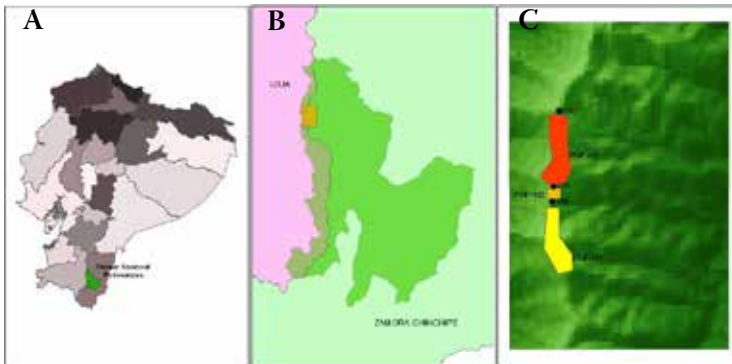
Esta investigación forma parte del proyecto monitoreo a largo plazo del impacto del cambio climático en la biodiversidad de ecosistemas de páramo del Parque Nacional Podocarpus (MICCAMBIO) que tiene la finalidad de

conocer el avance del cambio climático sobre la biodiversidad en la Región Sur del Ecuador y generar información ecológica del páramo del Parque Nacional Podocarpus, para entender a largo plazo las señales de cambio o variabilidad climática en zonas de alta montaña, con particular énfasis en la presencia de especies de anfibios como indicadores biológicos.

## Materiales y Métodos

### Ubicación del área de estudio

El área de estudio se localiza dentro del Parque Nacional Podocarpus (PNP), en el ecosistema páramo, entre las provincias de Loja y Zamora Chinchipe, Ecuador (Figura 1). El área está conformada por tres hondonadas, ubicadas entre las cimas que conforman la zona piloto del proyecto MICCAMBIO, ubicadas en el nudo de Sabanilla, sector Cajanuma dentro de las coordenadas 79°09'43,9" - 79°09'40,2" Oeste y 04°06'31,0" - 04°05'40,8" Sur. Estas hondonadas se encuentran a lo largo de la gradiente altitudinal del páramo que va desde 3359 msnm (hondonada 1, llamada PNP-H1), pasando por la hondonada 2 (PNP-H2, 3320 msnm), hasta los 3365 msnm en la hondonada 3 ó PNP-H3 (Figura 1c).



**Figura 1.** a) Ubicación espacial del PNP en el Sur del Ecuador, b) Zona Piloto del Proyecto MICCAMBIO en el PNP, c) Hondonadas PNP-H1, PNP-H2 y PNP-H3 ubicadas entre las cimas del Proyecto MICCAMBIO. Parque Nacional Podocarpus, Loja Ecuador.

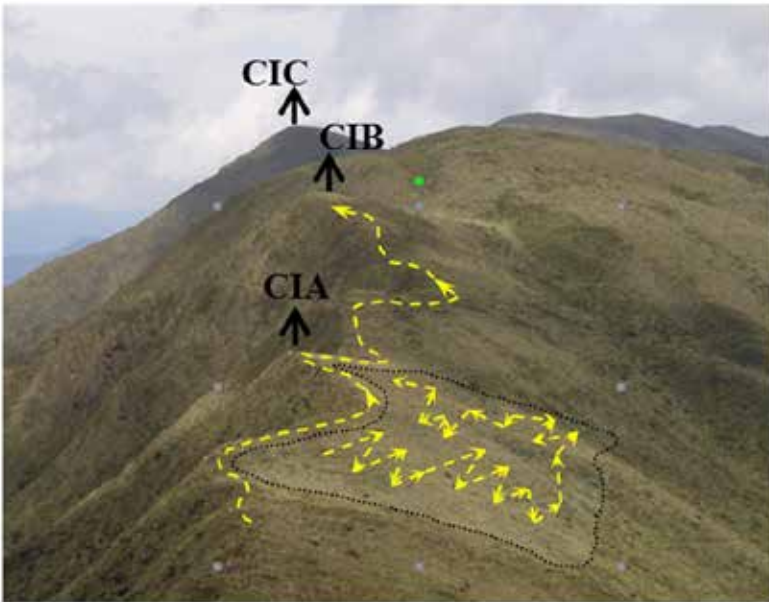
### Técnicas de muestreo para caracterizar la composición de la anurofauna del páramo del PNP

Se utilizó técnicas estandarizadas sugeridas por Heyer *et al.*, (2001) y Mueses y Yáñez (2009) para la búsqueda de anfibios. La técnica de relevamiento por encuentro visual, que consiste en caminar a través de un área o hábitat por

un período de tiempo predeterminado buscando ranas de modo sistemático (Crump y Scott, 1994) ver Figura 2.

Los recorridos se realizaron a lo largo de los senderos que conectan los sitios pilotos, durante un tiempo de tres horas diarias (19h00 a 22h00); mientras que la técnica de remoción con rastrillo azadón (RRA) que consiste en cortar la planta (puyas en fase de descomposición) por la mitad con el azadón y, con el rastrillo separar una a una las hojas observando detenidamente, ya que los individuos que se encuentran en la planta inmediatamente saldrán a la superficie (Figura 3). Los recorridos para buscar plantas que estén en estado de descomposición se realizó durante la mañana (09h00-12h00).

La investigación se desarrolló durante cuatro meses (diciembre de 2009 a abril del 2010), en períodos de siete días por cada hondonada en los cuales se empleó un esfuerzo de muestreo de dos personas, con un total de 21 días efectivos.



**Figura 2.** Senderos y sitios de muestreo de los anuros del PNP, usando la técnica de relevamiento por encuentro visual.



**Figura 3.** Sitios en donde se aplicó la técnica de remoción con rastrillo y azadón (A y B). Búsqueda de los anfibios entre las hojas de las puyas (D y E)

Durante cada muestreo se llevó un registro de las condiciones climáticas del sitio (temperatura, humedad, nubosidad, presencia de viento), mientras que para cada espécimen se tomaron datos del tipo de vegetación en donde fueron encontrados, coordenadas y la actividad que realizaban (posadas, cantando, en amplexus, etc.)

Los individuos observados fueron capturados y sacrificados para la identificación taxonómica, debido a que las especies registradas presentaron dificultad para ser identificados en el campo. Posteriormente, se calculó la diversidad alfa y beta; además se utilizó la prueba G con la correlación de Williams (GW), una muestra para la estructura y composición de la anurofauna dentro y entre sitios. Se utilizó el programa BioEstat 5.0 y Bio Diversity Professional Beta Versión 2.

### **Estado de conservación y distribución de las especies**

Para determinar el estado de conservación de las especies registradas, se revisó la evaluación realizada por la Global Amphibian Assessment (GAA), publicada en la Lista Roja de Especies en Peligro de la IUCN y la Lista Roja de Anfibios del Ecuador (Ron *et al.*, 2008). Mediante el programa Idrisi Taiga versión 16.04 se elaboró mapas de distribución de las especies, aplicando el módulo Land Change Modeler que incluye herramientas que abordan la complejidad de los análisis de cambio de hábitat, gestión de

recursos y evaluación del hábitat manteniendo un flujo de trabajo simple y automatizado, para ello se utilizó la metodología desarrollada por Aguirre y Chamba (2010).

### Especies indicadoras

Para identificar y proponer las especies indicadoras se efectuó una evaluación, siguiendo la metodología de Villarreal *et al.*, (2006), donde se establecen ocho criterios a ser evaluados, de los cuales se seleccionó aquellos criterios que tienen relación directa con los anfibios.

### Resultados

#### Composición de la Anurofauna

Se registró 108 individuos pertenecientes a cinco especies, dos géneros y una familia (Cuadro 1). La riqueza absoluta entre los tres sitios varía de tres a cinco especies, mientras que la abundancia fluctúa de 30 a 45 individuos. La riqueza y abundancia no presenta variaciones significativas entre las hondonadas de estudio (Figura 4).

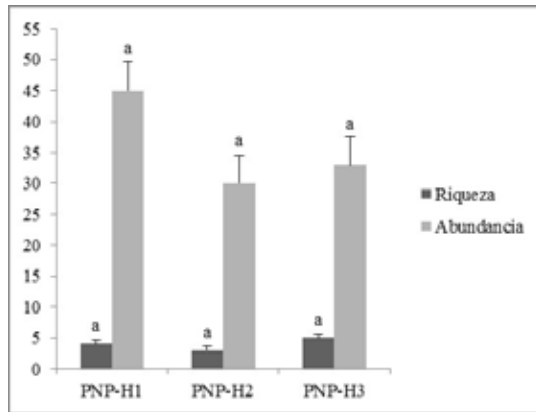
**Cuadro 1.** Estructura y composición de la anurofauna en el área de estudio conformada por tres hondonadas PNP-H1, PNP-H2 y PNP-H3 dentro del páramo del PNP.

Orden	Familia	Especie	Número de individuos		
			PNP-H1	PNP-H2	PNP-H3
		<i>Prhynopus</i> sp.	0	0	2
		<i>Pristimantis</i> aff. <i>colodactylus</i>	1	3	2
Anura	Strabomantidae	<i>Pristimantis</i> grp. <i>myersi</i>	14	16	16
		<i>Pristimantis</i> grp. <i>orcesi</i>	24	11	12
		<i>Pristimantis</i> <i>percultus</i>	6	0	1

Se registra únicamente la presencia de la familia Strabomantidae, siendo *Pristimantis* grp. *orcesi* y *Pristimantis* grp. *myersi* las especies más dominantes con el 43%, mientras que *Pristimantis* *percultus*, *Pristimantis* aff. *colodactylus* presentan el 6% y *Prhynopus* sp. representa tan solo el 2% del total.

De las cinco especies registradas, cuatro: *Pristimantis* aff. *colodactylus*, *Pristimantis* grp. *myersi*, *Pristimantis* grp. *orcesi* y *Prhynopus* sp.,

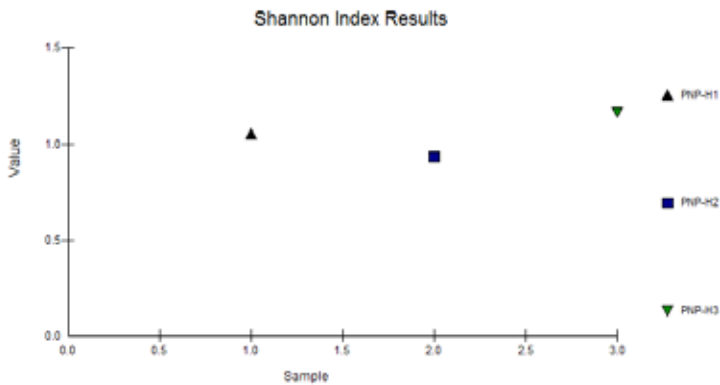
posiblemente sean nuevas especies para la ciencia, además se registra por primera vez para el PNP la presencia de *Pristimantis percultus*.



**Figura 4.** Riqueza y abundancia de cada hondonada; las barras indican el error estándar respecto al promedio  $n=3$ , letras iguales indican la inexistencia de diferencias significativas (Prueba GW2  $P \leq 0,05$ ).

### Indicadores de Diversidad Alfa-Beta

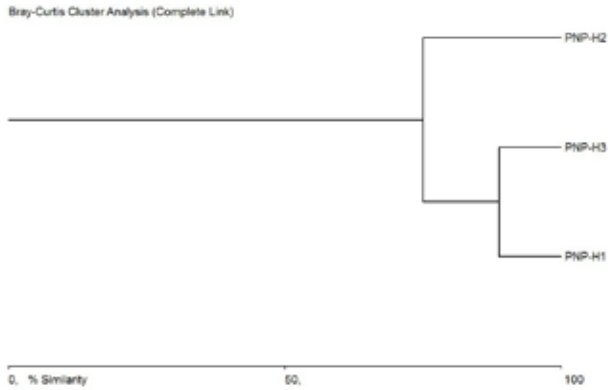
El sitio PNP-H3 es el más diverso, con un valor de 1,17 bits, término utilizado para definir la unidad con la que se mide la diversidad (Magurran 1989) y no difiere significativamente de las otras cimias, Figura 5.



**Figura 5.** Fluctuación de diversidad Alfa-Beta en las tres hondonadas del PNP.

Las tres hondonadas presentan una alta similitud (85,8 %), considerando que se encuentran en un mismo tipo de ecosistema influenciados por los mismos factores ambientales. La primera y tercera hondonada (PNP-H1

y PNP-H3) muestran mayor similitud (88,9 %), mientras que la segunda hondonada (PNP-H2) guarda una similitud menor con respecto a las otras (Figura 6. Análisis Clúster para la similitud entre los sitios PNP-H1, PNP-H2 y PNP-H3.).



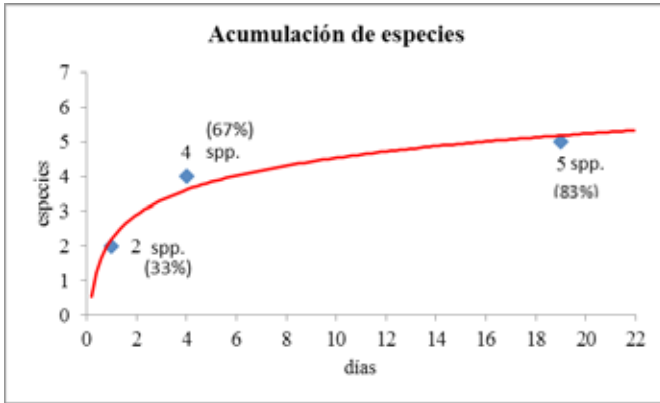
**Figura 6.** Análisis Clúster para la similitud entre los sitios PNP-H1, PNP-H2 y PNP-H3.

### **Análisis de la estimación de diversidad**

La curva de acumulación de especies muestra que el 33% de la Anurofauna fue registrada durante los tres primeros días. A los cuatro días se registró 67% del total de las especies inventariadas.

La Figura 7 muestra que la curva aún no presenta una tendencia a estabilizarse por lo que existe la posibilidad de encontrar más especies, siendo probable el registro de hasta 6 especies; es decir que las cinco especies registradas representan 83 % de las especies esperadas, lo que se traduce a un esfuerzo de muestreo de horas más para registrar el 100 % de las especies esperadas.





**Figura 7.** Curva de acumulación de especies de anfibios en el páramo del PNP

### Estado de conservación

Se realizó la revisión del estado de conservación y únicamente *Pristimantis perculatus*, esta categorizada en la Lista Roja de la UICN y Lista Roja de los Anfibios del Ecuador como En Peligro (EN). Mientras que las cuatro especies restantes al no contar con un estatus taxonómico determinado y tratarse posiblemente de especies nuevas para la ciencia, aun no pueden determinar su estado de conservación.

### Distribución de las especies

La presencia y ausencia de los anfibios está en función de características ambientales como temperatura, precipitación y altitud, estos factores permiten conocer ciertos modelos generales de distribución. Los modelos de distribución de las cinco especies registradas se pueden observar en el anexo 1.

### Especies Indicadoras para el Monitoreo Biológico del cambio climático

De las cinco especies registradas, se seleccionó a *Pristimantis grp. orcesi* debido a que ésta cumplió con cuatro de los seis criterios de evaluación, alcanzando un porcentaje del 76 %, ubicándola como un buen indicador.

### Discusión

#### Composición de la Anurofauna

La riqueza de anfibios tiende a disminuir a lo largo de gradientes altitudinales, por lo que la diversidad en ecosistemas Andinos es baja en relación con los

ecosistemas Tropicales (Catenazzi y Rodríguez, 2001). Este patrón se pudo apreciar en el presente estudio, al registrar cinco especies que representan tan solo el 1,15 % de la anurofauna del Ecuador y el 23,81 % de la región fisiográfica de los Andes Sur, este último valor está en relación al estudio publicado por Lynch (1979).

La familia Strabomatidae es el componente más importante de anuros en los páramos, representada en este estudio por el género *Pristimantis*, el grupo más conspicuo a escala de diversidad, endemismo y abundancia desde los ecosistemas piemontanos hasta los páramos (Yáñez-Muñoz, 2005). Su éxito de especiación y adaptación a los diferentes gradientes altitudinales y regímenes bioclimáticos sugiere una alta sensibilidad a barreras ecogeográficas, ligada a su estrategia reproductiva de ovoposición en sustratos terrestres (Lynch, 1979; Lynch y Duellman, 1997).

En cuanto a la riqueza específica en cada zona (PNP-H1, PNP-H2 y PNP-H3), no existe diferencias significativas ni en el número de especies ni en el número de individuos (Figura 4), esto puede deberse a que el área presenta el mismo tipo de vegetación y la diferencia altitudinal entre cada hondonada es mínima; además, la variación de la riqueza depende de la interacción de los factores climáticos (temperatura y humedad), heterogeneidad espacial, productividad, competencia, depredación, tiempo y estabilidad del entorno, lo cual concuerda con lo encontrado por Cortez (2006).

Las zonas de estudio no presentan diferencia en cuanto a la abundancia de especies entre hondonadas. PNP-H1 registra el mayor número de individuos de *Pristimantis grp. orcesi* y *Pristimantis grp. myersi*; en este contexto Cortez (2006) argumenta que la abundancia es un patrón inverso a la riqueza, este efecto inverso puede deberse a la presencia de macro y microambientes disponibles para los anfibios, dado que a pesar de existir pocos ambientes en los pisos más altos éstos cubren grandes extensiones, en comparación con los pisos más bajos, permitiendo que las especies de los pisos más altos se extiendan por un determinado macro o microambiente, de tal manera, que el número de individuos se incrementa.

En general las tres hondonadas son muy similares en la composición de especies de acuerdo al Análisis Clúster (Figura 6. Análisis Clúster para la similitud entre los sitios PNP-H1, PNP-H2 y PNP-H3.): sin embargo, existe mayor similitud entre las hondonadas más alejadas (PNP-H1 y PNP-H3). Es posible que la alta similitud entre estas hondonadas, se deba a que las ranas

al estar limitadas geográficamente por la altitud y la temperatura no puedan tener una distribución amplia, tal como lo confirma Lynch (1999); y en este caso al encontrarse las hondonadas PNP-H1 y H3 a una misma altitud e influenciadas por la misma temperatura compartan las mismas especies.

### **Estado de conservación y distribución de las especies**

El estado de conservación de *Pristimantis percultus* según la UICN (2001) está bajo la categoría En Peligro (EN) B1 ab (iii), evaluada bajo este criterio, debido a que el área en donde ha sido registrada es menor a 5000 km<sup>2</sup>, además, su distribución está severamente fragmentada y sufre una disminución continua en la calidad de su hábitat en el único lugar en el que se la ha registrado hasta ese entonces; el Abra de Zamora (El Tiro). Además en dicha evaluación se menciona que se desconoce la presencia de esta especie en áreas protegidas del Sur del Ecuador y, que posiblemente puede encontrarse en el Parque Nacional Podocarpus.

En lo que respecta a las cuatro especies restantes aún no han sido identificadas y categorizadas en la lista roja, esto debido a la escasez de estudios en los páramos del sur del Ecuador, por lo que probablemente se trate de especies nuevas para la ciencia; por esta razón es importante seguir investigando para conocer la diversidad anfibia que alberga la región sur, ya que por sus características particulares posee gran endemismo regional.

### **Especie indicadora para el monitoreo biológico**

La especie *Pristimantis grp. orcesi* fue establecida como un buen indicador biológico, debido al cumplimiento de la mayoría de criterios de evaluación a los que fue sometida. Los *Pristimantis* en general son ranas muy diversas y peculiares, ellas no se encuentran en áreas geográficas con una época seca prolongada o de pocas lluvias (Lynch, 1999), por lo que la disminución de la humedad ambiental tendría efectos dramáticos sobre la capacidad de permanecer en un área, mientras que el descenso o ascenso de la temperatura global tendría un efecto directo en la distribución de las especies (Ramírez, 2008). En este caso *Pristimantis grp. orcesi* ha sido una de las especies más abundantes en las tres hondonadas muestreadas. Estos individuos son fáciles de observar e identificar por su tamaño y coloración muy peculiar; por estas razones ha sido considerada como un buen indicador para el monitoreo biológico.



*Pristimantis grp. myersi*



*Pristimantis grp. orcesi*



*Pristimantis grp. orcesi*

## Referencias Bibliográficas

- Aguirre, C. y Chamba, C. (2010). Patrones de comportamiento de 10 especies vegetales del páramo del Parque Nacional Podocarpus ante escenarios de cambio climático. Tesis de grado previa la obtención del título de Ingeniero Forestal. Universidad Nacional de Loja. Loja – Ecuador. 78 p.
- Catenazzi, A. & L., Rodríguez. (2001). Diversidad, distribución y Abundancia de Anuros en la parte alta de la reserva de Biosfera del Manu. En: Rodríguez, L. (Ed). 2001. Manu y Otras experiencias de investigación y Manejo de Bosques Neotropicales. Oficina de Ciencia y Tecnología de la Unesco. Perú.
- Convenio Sobre la Diversidad Biológica. (2007). Cambio climático y diversidad biológica. Disponible en: <http://www.biodiv.org/pdf> (Consulta 02/08/2015).
- Cortez-Fernández, C. (2006). Variación altitudinal de la riqueza y abundancia relativa de los anuros del Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Cotapata. *Ecología en Bolivia*, 41(1): 46-64 p.
- Crump, M.L. y Scott, Jr. N.J. (1994). Relevamiento por Encuentros Visuales. 80-87 pp. En: Heyer, W.R., Donnelly, M.A., McDiarmid, R.W., Hayek, L.C. y Foster, M. 2001. Medición y monitoreo de la diversidad biológica. Métodos estandarizados para anfibios. Editorial Universitaria de la Patagonia. Smithsonian Institution Press.
- Heyer, R.; Donnelly, M.; McDiarmid, R.; Hayek, L.; Foster, M. (Eds). (2001). Medición y monitoreo de la diversidad Biológica. Métodos estandarizados para anfibios. Editorial Universitaria de La Patagonia, Argentina.
- Lynch, J.D. (1979). Leptodactylid Frogs of the genus *Eleutherodactylus* from the Andes of Southern Ecuador. *Misc. Publ. Univ. Kansas. Mus. Nat. Hist.* 66: 1-60 p.
- Lynch, J. D. and W. E. Duellman. (1997). Frogs of genus *Eleutherodactylus* (Leptodactylidae) in Western Ecuador: Systematic, Ecology and Biogeography. Special Publication Museum of Natural History University of Kansas. 23: 1-236 pp.

- Lynch, J.D. (1999). Ranas pequeñas, la geometría de evolución, y la especiación en los Andes Colombianos. *Rev. Acad. Col. Cienc.* 23 (86): 143-159 p.
- Mueses-Cisneros, J.J. y Yáñez-Muñoz, M.H. (2009) en: Vriesendorp, C., W. S. Alverson, Á. del Campo, D. F. Stotz, D. K. Moskovits, S. Fuentes C., B. Coronel T., y /and E. P. Anderson, eds. 2009. Ecuador: Cabeceras Cofanes-Chingual. Rapid Biological and Social Inventories Report 21. The Field Museum, Chicago.
- Ramírez, S. (2008). Patrones de diversidad en la herpetofauna de cuatro gradientes altitudinales en la Reserva Biológica Tapichalaca. Tesis de Licenciatura. Universidad Central del Ecuador. Quito-Ecuador. 90 p.
- Ron, S. R., J. M. Guayasamin, L. A. Coloma, y P. Menéndez-Guerrero. (2008). Lista roja de los anfibios de Ecuador. Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador. Disponible en: <http://www.puce.edu.ec/zoologia/sron/roja/> (Consulta 05/07/2015].
- Unión Mundial para la Naturaleza (IUCN). (2001). Sexta reunión del órgano subsidiario de asesoramiento científico, técnico y tecnológico (OSACTT) del Convenio sobre la Diversidad Biológica: Cambio climático y biodiversidad.
- Villarreal H., M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina y A.M. Umaña. Segunda edición. (2006). Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Bogotá, Colombia. 236 p.
- Yáñez-Muñoz, M. (2005). Diversidad y Estructura de Once Comunidades de Anfibios y Reptiles en los Andes de Ecuador. Tesis de Licenciatura. Universidad Central del Ecuador. Quito-Ecuador. 1-170 p.
- Zambrano, C. (2009.) Ecosistemas Montanos y Cambio Climático: vulnerabilidad y posibles medidas de conservación. Disponible en: <http://www.uicn.org> (Consulta 01/06/2015).







Briofitos de la zona piloto del páramo de Cajanuma. Parque Nacional Podocarpus, Ecuador. Fotografía: Tatiana Ojeda



## Diversidad de briófitos de los Páramos de Cajanuma del Parque Nacional Podocarpus

**Narcisa Urgiles-Gómez<sup>1</sup>, Jaime Santin<sup>1,4</sup>, Paola Cevallos<sup>2</sup>,  
Nikolay Aguirre<sup>2,3\*</sup>**

<sup>1</sup>Modalidad de Educación a Distancia (MED). Universidad Nacional de Loja. Ecuador.

<sup>2</sup>Programa de Investigación: Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. Universidad Nacional de Loja.

<sup>3</sup>Carrera de Ingeniería Forestal. Universidad Nacional de Loja. Loja. Ecuador

<sup>4</sup>Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente. Universidad Nacional de Loja.

\*Autor para correspondencia: [nikolay.aguirre@unl.edu.ec](mailto:nikolay.aguirre@unl.edu.ec)

### Introducción

A pesar de su pequeño tamaño, los briófitos producen oxígeno y secuestran dióxido de carbono, realizando la fotosíntesis, transformando agua y sales minerales en productos orgánicos (Rosalina, 2010). Aunque se encuentran en la mayoría de los ecosistemas, a diferentes rangos altitudinales, los briófitos pasan por desapercibidos de los inventarios florísticos, se sabe poco sobre sus parámetros florísticos, distribución y ecología, por esta razón y, en vista de que en el país no se han establecido parcelas permanentes para el muestreo y monitoreo de estos organismos vegetales, se considera necesario conocer la diversidad de especies en este ecosistema en la región Sur del Ecuador. Considerando que esta región es reconocida como uno de los centros de biodiversidad del planeta, con una inmensa diversidad biológica que alberga cerca de 4 000 especies de plantas vasculares. Algunos autores citan la importancia de los briófitos, como el aumento en la biomasa y su diversidad coincide con un aumento en la humedad del ambiente, resaltando así la importancia como productores de agua, asegurando que está relacionada a la disminución de las temperaturas, los altos niveles de luminosidad y la presencia de niebla (Lara, 1993; Gradstein *et al.*, 2001).

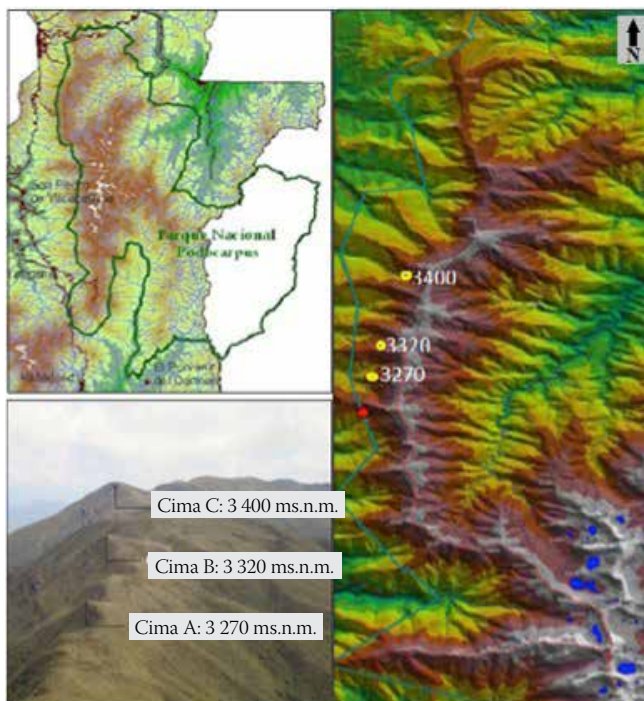
Eguiguren y Ojeda (2009), mencionan que los briófitos se encuentran ocupando buenos porcentajes de superficie en las cimas siendo entre 58 y 73 %, lo cual indica la importancia de este grupo en el monitoreo de los

impactos del cambio climático como indicadores de patrones hídricos y térmicos, debido a su alta cobertura, tal como lo mencionan Richter y Moreira (2005), que indican que los musgos forman superficies compactas, sirviendo de sustrato para el crecimiento de vasculares lo cual se corrobora con los altos porcentajes de cobertura obtenidos para este tipo de superficie. Por ello, se realizó un inventario de la diversidad florística de los briófitos del páramo de Cajanuma del PNP para ampliar el rango de conocimiento y proyectar investigaciones que permitan su conservación. El propósito de esta investigación fue identificar la diversidad florística de los briófitos presentes en los páramos de Cajanuma del PNP.

## **Materiales y Métodos**

### **Área de Estudio**

La investigación se realizó en los páramos de Parque Nacional Podocarpus (Figura 1); específicamente en el sitio piloto de monitoreo local de los impactos del cambio climático instalado dentro del proyecto MICCAMBIO que la Universidad Nacional de Loja desarrolló en el año 2008. El sitio piloto está compuesto de tres cimas en diferentes altitudes: Cima A (3 270 m snm), Cima B (3 320 m snm) y Cima C (3 400 m snm).



**Figura 1.** Localización de los páramos y sitios de muestreo de tres cimas para la identificación de la flora de briófitos en el Páramo de Cajanuma en el Parque Nacional Podocarpus.

### Clima y ecología del área de estudio

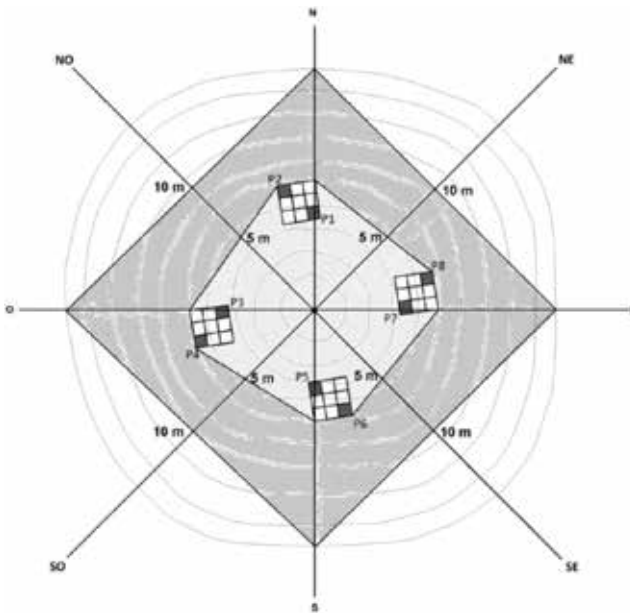
La temperatura oscila diariamente con una máxima de 10°C y una mínima de 0-3°C (Herbario LOJA, 2001). La precipitación fluctúa entre 2 000 a 4 000 mm, y con máximas de entre 5 000 y 6 000 mm (Apolo, 1984; Lozano *et al.*, 2003). Los páramos del PNP, constituyen 11 000 ha, de las 40 000 ha presentes en el sur del Ecuador (Programa Podocarpus, 2002) y, se encuentran por encima de 2 800 m s.n.m., sobre la Cordillera Real de los Andes; son ecosistemas, con un alto nivel de diversidad y endemismo a nivel del país por ubicarse en la formación de Huancabamba y en contacto con la zona Tumbesina, lo que origina una zona de transición de los páramos de norte de los Andes al sur en el Perú (Programa Podocarpus, 2002; Becking, 2004). Referente a la diversidad faunística, en el PNP se han registrado más de 500 especies de aves que representa alrededor del 40 % del total del país, más de 40 especies de mamíferos, 260 mariposas diurnas y 1 200 mariposas nocturnas (ECOLAP y MAE, 2007; TNC, 2008). El PNP posee alrededor de 3 000 especies diferentes de plantas vasculares, siendo Cajanuma un sitio importante en cuyos bosques montanos se han registrado 70 especies de

árboles y en sus páramos 135 plantas vasculares, considerándose un sitio de concentración de especies endémicas, con 40 especies de flora exclusivas de esta zona (ECOLAP y MAE, 2001).

### Determinación de las unidades de muestreo

Se utilizó la mitad de las unidades de muestreo establecidas por el proyecto MICCAMBIO, que consistió de 24 parcelas de 1 m<sup>2</sup> (área 24 m<sup>2</sup>) cuya factibilidad fue respaldada mediante el cálculo de la curva especie/área. Las parcelas se encuentran a cinco metros de gradiente altitudinal desde el punto cumbre de cada cima.

El levantamiento de información de los parámetros florísticos de los briófitos se realizó en cada una de las tres cimas, y contempló la ubicación de dos parcelas en cada punto cardinal de cada cima, ocho por cada cima (P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7 y P8) (ver Figura 2).



**Figura 2.** Esquema gráfico de la distribución de las parcelas (P1-P8) para la colecta e identificación de la flora de los briófitos del Páramo de Cajanuma en el PNP (Tomado de Cevallos, 2013).

## **Muestreo de las parcelas seleccionadas**

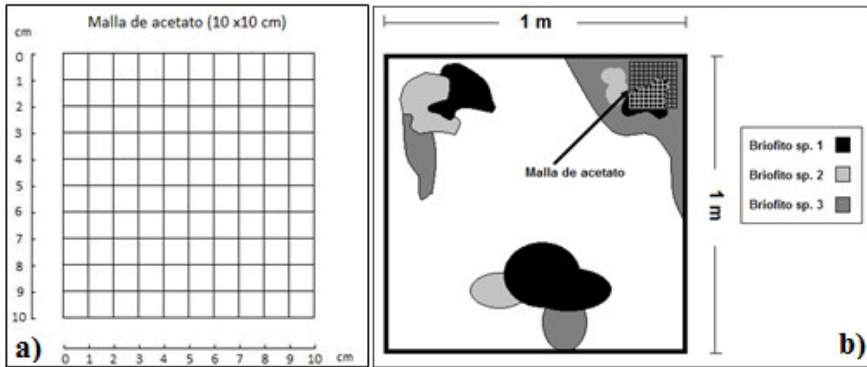
El muestreo fue realizado en las parcelas esquineras de cada punto cardinal de las tres cimas de la zona piloto (Figura 1). La colección de las muestras se realizó fuera de las parcelas en áreas circundantes en donde se haya visualizado a la especie muestreada (Figura 2), con el fin de no disturbar las condiciones de los briófitos que se ubican dentro de las parcelas. La medición se realizó ubicando la malla de acetato a pocos centímetros de cada una de las especies de briófitos como se aprecia en la figura 3 y posteriormente se contabilizó cuantas celdillas de la malla ocupa la especie y cuya sumatoria total dio como resultado el porcentaje de cobertura de la especie en estudio.

## **Medición del porcentaje de cobertura vegetal**

La medición de la cobertura briófitica se realizó aplicando el método de la malla de cobertura, cuya medida fue de 1 m<sup>2</sup>. La malla tuvo un tamaño de 10 cm<sup>2</sup> que corresponde a un 1 % de la parcela total de muestreo, la malla se dividió en 100 celdillas que representan el 0,10 % de cobertura en relación a la superficie total de la parcela y es de gran utilidad para medir la cobertura de las especies de briófitos presentes en la parcela (ver detalles en la Figura 3).

La medición se realizó ubicando la malla de acetato a pocos centímetros de cada una de las especies de briófitos como se aprecia en la figura 3b, se contabilizó cuantas celdillas de la malla ocupa la especie y cuya sumatoria total dio como resultado el porcentaje de cobertura de la especie en estudio (Figura 3a). La suma de porcentajes de todas las especies dentro de la parcela puede superar el 100 % (Pauli *et al.*, 2003).





**Figura 3.** Esquema de Medición de la cobertura de briófitos en una parcela de 1 m<sup>2</sup> por medio de una malla impresa en acetato: a) Esquema gráfico de la malla de medición en acetato; y, b) Posicionamiento de la malla en el proceso de medición de cobertura.

### Riqueza florística

Se determinó de acuerdo al número total de especies encontradas, tanto a nivel de parcela como de cima y de zona piloto. Los datos fueron registrados en una matriz, utilizando códigos para cada especie y cima, estos códigos estuvieron compuestos por las tres cimas: Cima A, Cima B y Cima C, dirección: N, S, E u O, parcela: 1 o 2 y especie: sp. 1, sp. 2, sp. 3.

### Colección y secado de las muestras

Los especímenes fueron colectados fuera de las parcelas de muestreo para no perturbar las condiciones de las mismas (priorizando los ejemplares que poseen esporófito). El proceso de colección estuvo basado en la metodología presentada por Delgadillo y Cárdenas (1990). Debido a las condiciones de alta humedad del ecosistema páramo cada muestra fue depositada en envases plásticos correctamente numerados y bien sellados, para ser transportados al Laboratorio de Dendrocronología de la UNL para ser fotografiadas y luego fueron almacenadas en sobres en los herbarios de la PUCE y UTPL.

La identificación taxonómica se desarrolló con la ayuda de especialistas del Herbario de la PUCE y de la UTPL, a través de la observación estereoscópica y revisión de claves taxonómicas publicadas en bibliografía de la región, contrastando esta información con las fotografías estereoscópicas y microscópicas de cada muestra tomadas en el laboratorio de Dendrocronología de la UNL. Seguido a ello se procedió a construir una

base de datos de los briófitos identificados, en el que constaron cada una de sus características y la información obtenida en el campo.

### Determinación de parámetros florísticos

Los parámetros florísticos de los briófitos fueron: rareza, dominancia, frecuencia, diversidad por familia y diversidad específica alfa y beta. En el Cuadro 1 se describe el proceso para la determinación de los mismos. De los parámetros mencionados se destacó el cálculo de la diversidad específica, considerando diversidad alfa y diversidad beta. La diversidad alfa se midió a través del índice de *Shannon-Wiener* tanto para cada una de las cimas como para toda la zona piloto. La diversidad beta se calculó usando el Índice de Jaccard y fue utilizado para determinar qué tan similares brioflorísticamente son las tres cimas de la zona piloto.

**Cuadro 1.** Parámetros florísticos calculados a partir de los datos cuantificados en las parcelas de la zona piloto del PNP (Orellana, 2009; Eguiguren y Ojeda, 2009; Jaramillo, 2011).

Parámetro	Modelo	Descripción	Interpretación
Rareza	$R = Si A \leq (10\%) B$	R= Rareza A= Área de la especie B= Área total de muestreo	Refleja la escasa presencia de una especie en relación al área total de muestreo. Aquellos localizados en menos del 10 % de las parcelas muestreadas se consideran especies raras.
Dominancia	$\% Cob = \frac{\text{Número de registros de la especie}}{\text{Número total de registros}} \times 100$	Es la proporción que ocupa una especie en proyección perpendicular al terreno.	La especie que tiene el porcentaje más alto, es la más dominante.
Frecuencia	$FR = \frac{\text{Numero de parcelas que se repite la especie}}{\text{Número total de parcelas}} \times 100$	Es el número de ocurrencia de una especie en el área de muestreo.	Se expresa en porcentaje.

Diversidad Relativa Familia	$DiR = \frac{\text{Número de especies por familia}}{\text{Número total de especies}} \times 100$	<p>Expresa cuán diversa es una familia en base al número de especies por las que está representada</p>	<p>La familia más diversa es la que alcanza el porcentaje más alto.</p>
Diversidad Alfa	<p>Índice de Shannon-Wiener (H')</p> $H = -\sum pi * \ln Pi * E$	<p>H = Índice de Shannon-Wiener                  Pi = Frecuencia relativa                  ln = Logaritmo natural                  E= índice de equitatividad</p>	<p>Div. baja: 0-0,35                  Div. media:0,36-0,7                  Div. alta:0,71-1</p>
Diversidad Beta	<p>Índice de Jaccard (J)</p> $J_{1,2} = \frac{c}{c + a + b} \times 100$	<p>a = número de especies encontradas en la localidad A                  b = número de especies encontradas en la localidad B                  c = número de especies encontradas en ambas localidades</p>	<p>Disímiles: 0                  Muy similares:1</p>

**Fuente:** Aguirre y Aguirre (1999).

## Resultados

### Composición Florística de briófitos de la Zona Piloto del Parque Nacional Podocarpus

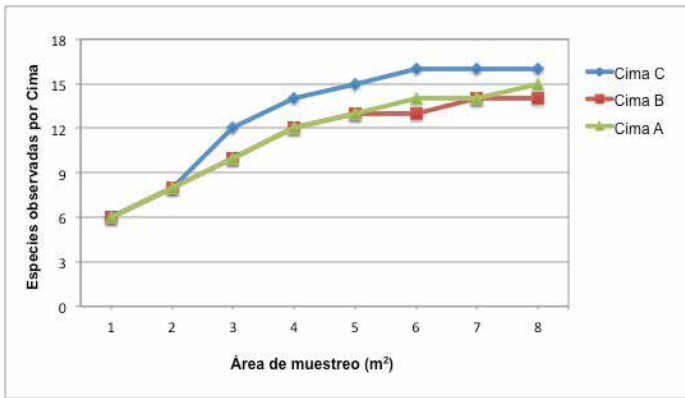
Se encontraron 123 registros de briófitos que fueron identificados en 28 especies clasificados dentro de 8 órdenes, 21 familias y 24 géneros (ver Cuadro 2 ). Tras el muestreo, la Cima A presenta un total de 15 especies identificadas en 30 ingresos, la Cima B 14 especies y 42 ingresos y finalmente la Cima C, 16 especies distribuidas en 51 ingresos (Figura 4). Las familias con mayor número de géneros son Aneuraceae, Lepidoziaceae y Plagiochilaceae, mientras que el género más numeroso en términos de especie en todo el sitio de muestreo es *Plagiochila* de la familia Plagiochilaceae con tres especies. Así mismo se puede observar en la figura

4, los 8 m<sup>2</sup> muestreados por cima, permitieron abarcar un buen porcentaje de la diversidad florística de briófitos, considerando que la tendencia de la curva indica una estabilización a nivel del área de muestreo fijada para los tres sitios de muestreo.

**Cuadro 2.** Listado de especies de briófitos registrados en la zona piloto del Parque Nacional Podocarpus

	Especie	Orden	Familia
1	<i>Adelanthus decipiens</i> (Hook.) Mitt.	Jungermanniales	ADELANTHACEAE
2	<i>Anastrophyllum auritum</i> (Lehm.) Stephani	Jungermanniales	SCAPANACEAE
3	<i>Anastrophyllum piligerum</i> (Reinw., Blume & Nees) Stephani	Jungermanniales	SCAPANACEAE
4	<i>Bazzania</i> sp.	Jungermanniales	LEPIDOZIACEAE
5	<i>Breutelia chrysea</i> (Müll. Hal.) A. Jaeger	Bryales	BARTRAMIACEAE
6	<i>Dicranum</i> sp.	Dicranales	DICRANACEAE
7	<i>Herbertus acanthelium</i> Spruce	Jungermanniales	HERBERTACEAE
8	<i>Jamesoniella rubricaulis</i> (Nees) Grolle	Jungermanniales	JUGERMANIACEAE
9	<i>Lejeunea</i> sp.	Jungermanniales	LEJEUNEACEAE
10	<i>Lepicolea pruinosa</i> (Taylor) Spruce	Jungermanniales	LEPICOLEACEAE
11	<i>Lepidozia macrocolea</i> Spruce	Jungermanniales	LEPIDOZIACEAE
12	<i>Lepidozia</i> sp.	Jungermanniales	LEPIDOZIACEAE
13	<i>Leptodontium viticulosoides</i> (P. Beauv.) Wijk & Margad.	Pottiales	POTTIACEAE
14	<i>Leptoscyphus gibbosus</i> (Taylor) Mitt.	Jungermanniales	LOPHOCOLEACEAE
15	<i>Leptotheca boliviana</i> Herzog	Bryales	RHIZOGONIACEAE
16	<i>Lophocolea trapezoidea</i> Mont.	Jungermanniales	PLAGIOCHILACEAE
17	<i>Lophocolea trapezoidea</i> Mont.	Jungermanniales	PLAGIOCHILACEAE
18	<i>Macromitrium perreflexum</i> Steere	Orthotrichales	MACROMITRIACEAE
19	<i>Metzgeria filicina</i> Mitt.	Metzgeriales	METZGERIACEAE
20	<i>Plagiochila aerea</i> Taylor	Jungermanniales	PLAGIOCHILACEAE
21	<i>Plagiochila diversifolia</i> Lindenb. & Gottsche	Jungermanniales	PLAGIOCHILACEAE
22	<i>Plagiochila fuscolutea</i> Taylor	Jungermanniales	PLAGIOCHILACEAE
23	<i>Pleurozium schreberi</i> (Willd. ex Brid.) Mitt.	Hypnales	HYLOCOMIACEAE

	Especie	Orden	Familia
24	<i>Radula</i> sp.	Jungermanniales	RADULACEAE
25	<i>Rhacocarpus purpurascens</i> (Brid.) Paris	Leucodontales	ANEURACEAE
26	<i>Riccardia pallida</i> (Spruce) Meenks & De Jong	Metzgeriales	ANEURACEAE
27	<i>Sphagnum magellanicum</i> Brid.	Hypnales	SPHAGNACEAE
28	<i>Syzygiella anomala</i> (Lindenb. & Gottsche) Steph	Jungermanniales	JAMESONIELLACEAE



**Figura 4.** Representación gráfica de las especies de briofitos por m<sup>2</sup> de los tres sitios de estudio (cimas) de los páramos de Cajanuma del Parque Nacional Podocarpus

### Parámetros florísticos

Los parámetros florísticos analizados fueron: a) Cobertura florística, b) Riqueza florística, c) Rareza, d) Dominancia, e) Frecuencia, f) Diversidad relativa de cada familia; y g) Diversidad florística (Diversidad Alfa y Beta).

### Cobertura briofítica

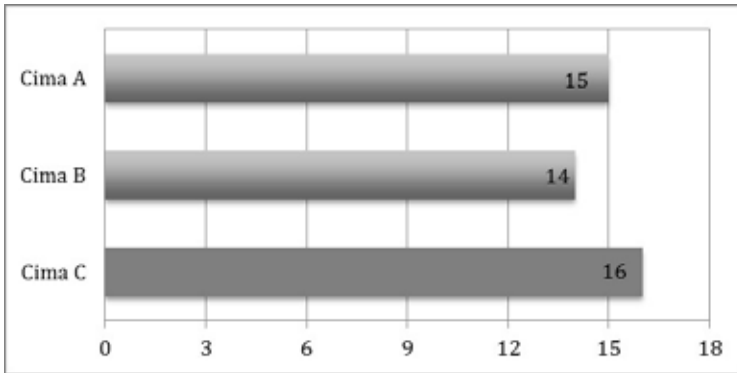
En el cuadro 3 se presenta un resumen de la cobertura briofítica de las tres primeras especies para las cimas de estudio de los páramos de Cajanuma.

**Cuadro 3.** Porcentaje de cobertura briofítica de las tres principales especies por cima y dirección con relación a los puntos cardinales

Dirección	Cima A (3 270 ms.n.m.)		Cima B (3 320 ms.n.m.)		Cima C (3 400 ms.n.m.)	
	Especie	%	Especie	%	Especie	%
Norte	<i>Breutelia chrysea</i>	37	<i>Breutelia chrysea</i>	53	<i>Radula</i> sp.	25
	<i>Leptotheca boliviana</i>	19	<i>Sphagnum magellanicum</i>	40	<i>Frullania</i> sp.	22
	<i>Leptoscyphus gibbosus</i>	18	<i>Leptotheca boliviana</i>	32	<i>Leptoscyphus gibbosus</i>	18
Oeste	<i>Lejeunea</i> sp.	55	<i>Breutelia chrysea</i>	55	<i>Leptodontium viticulosoides</i>	35
	<i>Herbertus acanthelius</i>	45	<i>Riccardia pallida</i>	43	<i>Frullania</i> sp.	31
	<i>Plagiochila diversifolia</i>	35	<i>Frullania</i> sp.	42	<i>Lepidozia macrocolea</i>	30
Sur	<i>Macromitrium perreflexum</i>	35	<i>Breutelia chrysea</i>	45	<i>Dicranum</i> sp.	50
	<i>Syzygiella anomala</i>	30	<i>Anastrophyllum piligerum</i>	39	<i>Leptotheca boliviana</i>	41
	<i>Lejeunea</i> sp.	20	<i>Leptotheca boliviana</i>	23	<i>Breutelia chrysea</i>	39
Este	<i>Dicranum</i> sp.	38	<i>Rhacocarpus purpurascens</i>	26	<i>Frullania</i> sp.	37
	<i>Leptodontium viticulosoides</i>	35	<i>Breutelia chrysea</i>	22	<i>Breutelia chrysea</i>	27
	<i>Rhacocarpus purpurascens</i>	20	<i>Dicranum</i> sp.	16	<i>Leptotheca boliviana</i>	20
	CI-A= sitio de muestreo 1		CI-B= sitio de muestreo 2		CI-C= sitio de muestreo 3	

### Riqueza florística

En la figura 5 se presenta la riqueza florística entre cimas la misma presenta una tendencia irregular marcada por el número de especies entre los pisos altitudinales de la Cima A (3 270 ms.n.m.), Cima B (3 320 ms.n.m.) y la Cima C (3 400 ms.n.m.).



**Figura 5.** Riqueza florísticas de las tres cimas del sitio piloto del Parque Nacional Podocarpus

Con relación a la influencia de la gradiente altitudinal en el número de ingresos registrados en cada una de las parcelas. Se observó un claro patrón directamente proporcional entre las dos variables, es decir a mayor altitud mayor número de ingresos. En cuanto a la riqueza florística por punto cardinal, se identificó que la dirección norte posee mayor frecuencia de especies briófitas (Cuadro 4), con respecto al resto de direcciones.

**Cuadro 4.** Riqueza florística en relación a la gradiente altitudinal en las tres cimas del PNP de la Cima A, Cima B y Cima C, que representan la variación altitudinal dentro de cada cima, y resultados de la parcela uno (P1) hasta la parcela ocho (P8)

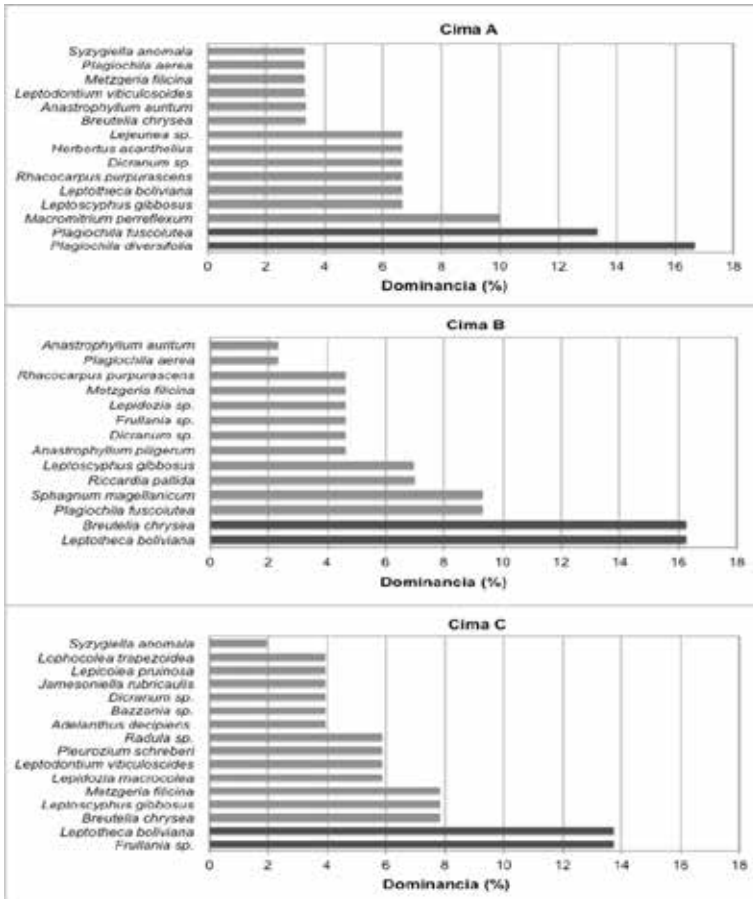
	Riqueza de especies por parcelas								Total
	Norte		Oeste		Sur		Este		
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	
Cima A	6	3	5	4	3	4	2	3	30
Cima B	6	6	6	6	5	6	4	3	42
Cima C	6	10	6	8	6	6	5	4	51
Total	18	19	17	18	14	16	11	10	123

### Rareza

La rareza es entendida como la distribución muy restringida tanto en área como en porcentaje de población de los briófitos, es decir son raras las especies que poseen una cobertura inferior a 10%. Como especies raras se destacan dos briófitos *Anastrophyllum auritum* con 8% y *Metzgeria filicina* con 5%.

## Dominancia

En la figura 6 se muestra las dominancias en las tres cimas de estudio. En la Cima A se destaca como la especie más dominante a *Plagiochila diversifolia* con un porcentaje de 17%. En la Cima B, los briófitos más dominantes son *Leptotheca boliviana* y *Breutelia chrysea* con un porcentaje de 16 % (Figura 6. Cima B). Mientras que en la Cima C *Frullania* sp. y *Leptotheca boliviana* fueron las más dominantes.

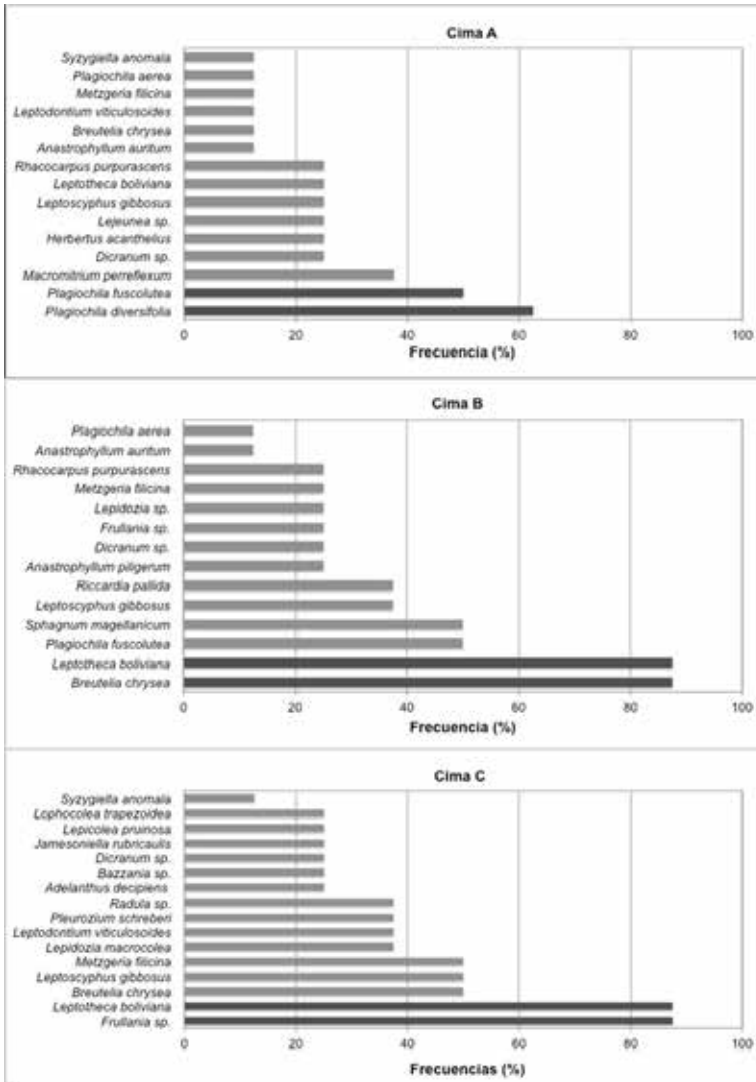


**Figura 6.** Dominancia de briófitos de la Cima A, B y C de la zona piloto de los páramos del Parque Nacional Podocarpus



## Frecuencia

La Figura 7 muestra la frecuencia de las especies registradas en las tres cimas. En la cima A, los briófitos *Plagiochila diversifolia* y *Plagiochila fuscolutea* alcanzaron porcentajes de 63% y 50% respectivamente. *Breutelia chrysea* y *Leptotheca boliviana* con un porcentaje de 88% fueron las especies más frecuentes en la cima B. Finalmente en la Cima C, destacan *Frullania* sp. y *Leptotheca boliviana* con un porcentaje de 88 %.



**Figura 7.** Frecuencia de los briófitos en la Cima A, B y C de la zona piloto de los páramos del Parque Nacional Podocarpus.

## Diversidad Florística

Se describen las características de la diversidad florística en dos niveles: diversidad alfa y diversidad beta.

### Diversidad Alfa

Las tres cimas de estudio de los páramos de Cajanuma poseen una diversidad alfa alta (Cuadro 5), se destaca el valor de diversidad alcanzado por la Cima C con 16 especies registradas en 51 ingresos.

**Cuadro 5.** Diversidad alfa calculada a través del Índice de Sahnnon-Wiener de los páramos de Cajanuma del PNP (Cevallos, 2013).

Cima	Valor	Interpretación
Cima A	0,95	Diversidad Alta
Cima B	0,94	Diversidad Alta
Cima C	0,96	Diversidad Alta

### Diversidad Beta

Las tres cimas en estudio son medianamente similares entre sí, posiblemente debido a la proximidad que existe entre ellas influenciadas por el mismo clima. La mayor similitud se presenta entre las cimas cima B y cima C con 0,56 (Cuadro 6).

**Cuadro 6.** Diversidad Beta entre cimas calculada por medio del Índice de Similitud de Jaccard (Cevallos, 2013).

CIMA	Cima A	Cima B	Cima C
Cima A	-	0,39	0,31
Cima B	-	-	0,56
Cima C	-	-	-

## Discusión

Los ecosistemas son muy húmedos (hyperhúmedos), con presencia de arbustos y árboles enanos creciendo en rocas metamórficas (Beckin 2004). El pH de los suelos es extremadamente ácido (en promedio 3,6) debido a las altas y continuas precipitaciones e intensa percolación que provocan lixiviación de iones que se encuentran en estado líquido en el suelo (Lozano *et al.* 2003). Así mismo, Maldonado (1997), menciona que los páramos del Parque Nacional Podocarpus, reciben principalmente la influencia de

los vientos húmedos del este, distribuyéndose de norte a sur a lo largo de la cordillera; y también están sujetas a los vientos provenientes del oeste, que aunque son menos intensos generan una zona de convergencia con los anteriores. Según Alvaro *et al.*, (2007), el mayor número de briófitas de los páramos del PNP son terrestres; considerando también que esto se da porque la vegetación no briofita está representada por vegetación herbácea y por pocas especies arbustivas.

La cobertura florística briofítica presenta pequeñas variaciones con la altitud, en la cima A, a 3 270 m s.n.m., la cobertura briofítica está representada en mayor porcentaje por *Lejeunea* sp. (55%), mientras que a mayor altitud, esto es cima B y C a una diferencia de 130 msnm de altitud, esta especie ya no se encuentra. Se aprecia que la especie desaparece mientras la altura asciende. Una situación similar sucede con *Herbertus acanthelius*, considerando los parámetros anteriores, como es Cima A, la especie tiene una cobertura florística del 45%, mientras que a mayor altitud cima B y C y la misma diferencia altitudinal de 130 m s.n.m., la especie desaparece, esto explica que la especie tiene un rango altitudinal fijo, mientras más altitud la especie tiende a desaparecer. Otra de las especies importantes en la cobertura briofítica es *Breutelia chrysea*, se encuentra en las tres cimas y esta aumenta su porcentaje de cobertura con la altitud entre la Cima A y B y reduciendo su porcentaje en la Cima C. En la cima A, a 3 270 ms.n.m., se la encuentra en un 37%, mientras que curiosamente, este valor asciende en la Cima B, 3 320 ms.n.m., existiendo mayor representatividad en la dirección norte (53%) y dirección oeste (55%). Otra especie con cobertura importante es *Herbertus acanthelius*, encontrándose en una cobertura de 45%, solo en Cima A, asegurando así que esta especie prefiere altitudes no mayor a 3 270 m s.n.m.

Generalizando, la riqueza florística en cuanto a individuos presenta un patrón, a mayor altitud, mayor número de ingresos (individuos). Esto es corroborado por Eguiguren y Ojeda (2009), que aseguran que la presencia de plantas herbáceas aumenta con la altitud, reduciéndose la presencia del estrato arbustivo. Asegurando así, que la riqueza florística de los briófitos aumenta con la altitud, así mismo, la dirección N y O es donde se observa mayor diversidad florística.

La riqueza florística de los briófitos, presenta una tendencia irregular marcada por el número de especies entre las cimas muestreadas y los diferentes pisos altitudinales. El muestreo presenta 123 registros distribuidos en 28 especies

de las cuales 8 fueron identificadas como musgos y 20 como hepáticas de estas últimas 18 son foliosas y; además, 2 especies de hepáticas son talosas *Riccardia* sp., y *Metzgeria* sp. Las familias con mayor número de géneros son Aneuraceae, Lepidoziaceae y Plagiochilaceae, mientras que el género más numeroso en términos de especie en todo el sitio de muestreo es *Plagiochila* con tres especies *P. fuscolutea*, *P. diversifolia* y *P. aerea*. La riqueza florística, en cuanto a especies posee una tendencia irregular ya que se registra un mayor número de especies en la cima A que en la cima B lo que no permite identificar un patrón directamente proporcional a la gradiente altitudinal. Este comportamiento es el mismo registrado por Eguiguren y Ojeda (2009) para plantas vasculares en la misma zona; la riqueza de especies de briófitos se correlacionada positivamente con el número de especies de plantas vasculares (Ingerpuu *et al.*, 2003).

En cuanto al parámetro de rareza se mencionan a dos hepáticas, una foliosa *Anastrophyllum auritum* y una talosa *Metzgeria filicina*, las cuales han sido encontradas en puntos restringidos y pequeños solamente en la cima A. Esta información muestra la escasa presencia de estas especies en el muestreo, calificándose como especies raras.

Del análisis de dominancia y frecuencia se deduce un patrón común e estos dos parámetros, pues las especies más dominantes son también las más frecuentes. En la cima A, la dominancia y frecuencia está representada por dos especies: *Plagiochila diversifolia* y *Plagiochila fuscolutea*; en la cima B, la dominancia y frecuencia está representada por los musgos *Leptotheca boliviana* y *Breutelia chryseana*. Y, en la cima C, la dominancia y frecuencia es representada por: *Frullania* sp. y *Leptotheca boliviana*. Notándose así que la especie más dominante y frecuente en las tres parcelas corresponde a *Leptotheca boliviana*. También se puede considerar como la segunda especie más frecuente y dominante en el muestreo corresponde a *Breutelia chryse*, aunque la presencia es menor en las parcelas A y C, es importante esta especie con fines de conservación e investigación. Las especies menos dominantes coincidentemente son menos frecuentes en la cima A y C corresponden a: *Syzygiella anómala*, y para la parcela B: *Anastrophyllum auritum* y *Plagiochila aérea* para la Cima A y B. Esta información es de vital importancia para fines de conservación e investigativos. Un dato importante de mencionar lo constituye *Macromitrium perreflexum* que solo se encuentra en la Cima A, y es la tercera más dominante y frecuente,

y es también reconocida como endémica para el sur del Ecuador (Mandl *et al.*, 2009).

La diversidad florística obtenida a nivel de especies, en las tres zonas se presenta una diversidad alfa muy alta que se encuentra en el rango 0,95 – 0,96, donde se destaca el valor de la biodiversidad alcanzado en la cima C con 16 especies registradas en 51 ingresos. La diversidad beta en las tres cimas es medianamente similar entre sí, posiblemente debido a la proximidad que existe entre ellas y la influencia del clima. La mayor similitud se presenta entre las cimas B y C con un valor de 0,56. De la zona de estudio esta alta similitud de la diversidad Beta entre las cimas B y C con 0,56 se debe a que la cima A se localiza en área de ecotono entre el bosque andino y páramo. Según Van Dyke (2008) y Rodríguez *et al.*, (2003) argumentan que la diversidad beta de una región se ha relacionado con el concepto de complementariedad, cuyo propósito es encontrar la combinación con el menor número de sitios que incluya la totalidad de especies de una región. Según manifiesta Toapanta (2005), la comparación en riqueza de especies entre las tierras bajas de Amazonía y las tierras altas de los Andes sugiere que la diversidad alfa pueda ser similar; sin embargo la contribución de los andes a la diversidad beta es mucho mayor.

En otros grupos de organismos se ha observado que la diversidad tiende a incrementarse desde los polos al Ecuador; en el caso de los musgos sucede lo contrario. Con respecto a la diversidad por tipo de briófitos se destaca que el 71% de las especies muestreadas en el rango altitudinal de 3 270 y 3 400 m s.n.m. son hepáticas tanto foliosas como talosas lo que indica una alta diversidad; esto es corroborado por Toapanta (2005) quien afirma que las hepáticas alcanzan su mayor diversidad a los 2 000 m s.n.m., no siendo este el caso para este estudio; es muy probable que esto se deba al tipo de muestreo.

## Referencias bibliográficas

- Aguirre Z y N. Aguirre. (1999). Guía práctica para realizar estudios de comunidades vegetales. Herbario Loja # 5. Departamento de Botánica y Ecología de la Universidad Nacional de Loja. Loja, Ec. 30 p.
- Álvarez, E. (2008). Efecto de la manipulación de la diversidad sobre el establecimiento de comunidades vegetales en tierras de cultivo abandonadas en la dehesa Salmantina. Universidad de Salamanca. (Consultado 23.08.2015)
- Álvaro, W., Díaz, M. y Morales, M. (2007). Catálogo comentado de las hepáticas del Cerro de Mamapacha, Municipio de Chinavita-Boyacá, Colombia. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Disponible en: <http://www.virtual.unal.edu.co/revistas/actabiolo/PDFs/v12n1/v12n1a6.pdf> (Consultado 23.08.2015)
- Apolo, W. (1984). Plan de manejo Parque Nacional Podocarpus. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Programa Nacional Forestal. Quito, Ec. 86 p.
- Becking, M. (2004). Sistema microregional de conservación Podocarpus. Tejiendo (micro) corredores de conservación hacia la cogestión de una Reserva de Biosfera 74 Cónдор-Podocarpus. Programa Podocarpus. Loja, Ec. Imprenta Monsalve Moreno. 35-36 p.
- Cevallos P. (2013). Evaluación de parámetros florísticos de la diversidad de briófitos en el páramo de cajanuma, parque nacional podocarpus. Tesis Ing. Forestal. Universidad Nacional de Loja.
- Delgadillo, C. y M. Cárdenas. (1990). Manual de briófitas. 2a ed. México Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biología. Cuadernos del Instituto de Biología 8. México (Consultado 28.03.2015)
- Delgadillo, C., Cárdenas, M., Gálvez, V. y Sánchez, A. (2011). Musgos del Parque Nacional Los Mármoles, Hidalgo, México. Disponible en: <http://scielo.unam.mx/pdf/bsbm/n89/n89a2.pdf> (Consultado 24.09.2015)

- ECOLAP y MAE. (2007). Guía del patrimonio de áreas naturales protegidas del Ecuador. ECOFUND, FAN, DarwinNet, IGM. Quito, Ec.
- Eguiguren, P. y T. Ojeda. (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. Tesis de grada previa a la obtención del título de Ingeniero Forestal. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ec. 23 p.
- Gradstein, R. (1992). The vanishing tropical rain forest as an environment for bryophytes and lichens. pp. 234-258. En: J.W. Bates y A.M. Farmer (eds.) Bryophytes and lichens in a changing environment. Clarendon Press. Oxford.
- Gradstein, R., Churchill, P. y Salazar- Allen, N. (2001). Guide to the bryophytes of tropical America. Memoirs of the New York Botanical Garden, v. 86. The New York Botanical Garden Press, New York, NY.
- Herbario LOJA. (2001). Evaluación Bioregional y Ecológica de los Páramos de Amaluza en el área de influencia del Proyecto Páramo, una propuesta para el Corredor Biológico Sabanilla, Provincia de Loja-Ecuador. Loja, Ecuador. 78 p.
- Ingerpuu, N., Vellak, K., Liira, J. y Pärtel, M. (2003). Relationships between species richness patterns in deciduous forests at the north Estonian limestone escarpment. *J. Veg. Sci.* 14: 773–780. Disponible en: <http://www.metla.fi/silvafennica/full/sf37/sf371003.pdf> (Consultado 23.10.2015)
- Jaramillo, E. (2011). Diversidad altitudinal de briófitos corticolas en la reserva Santa Lucia, Nanegal, Pichincha Ecuador. Disponible en: <http://www.campusvirtual.uasb.edu.ec/uisa/images/semcambclim/viern8jul/4.briofitos.pdf> (Consultado 01.06.2015)
- Lara, F. (1993). Estudio biogeográfico de los briófitos epífitos en los melojares del sistema central oriental (Sierras de Ayllón, Guadarrama y Gredos) Universidad Autónoma de Madrid Facultad de Ciencias Departamento de Biología. Madrid, España. Disponible en: <http://digitool-uam.greendata.es> (Consultado 18.05.2015)

- Lozano, P., T Delgado y Z Aguirre. (2003). Estado actual de la flora endémica exclusiva y su distribución en el Occidente del Parque Nacional Podocarpus.
- Mandl, N., Lehnert, M., Kessler, M. y Gradstein, S. R. (2009). A comparison of alpha and beta diversity patterns of ferns, bryophytes and macrolichens in tropical montane forests of southern Ecuador. Disponible en: <http://www.springerlink.com/content/m2258192xt06553u/fulltext.pdf> (Consultado 24.09.2015)
- Orellana, J. (2009). Determinación de índices de diversidad florística arbórea de las parcelas permanentes de muestreo del valle de Sacta. Cochabamba, Bolivia. Disponible en: <http://www.posgradoesfor.umss.edu.bo/boletin/umss/05%20PASANTIAS/6%20pasantia.pdf> (Consultado 18.05.2015)
- Pauli, H; Gottfried, M; Hohenwallner, D; Reiter, K; Casale, R; y Grabherr, G. (2003). Manual para el trabajo de campo del proyecto GLORIA. Instituto de ecología y conservación biológica. Universidad de Viena. Disponible en: [http://www.jolube.es/pdf/GLORIA\\_MS4\\_Web\\_espanol.pdf](http://www.jolube.es/pdf/GLORIA_MS4_Web_espanol.pdf). (Consultado 28.04.2015)
- Programa Podocarpus. (2002). Informe Podocarpus 1997-2002. Programa Podocarpus. Loja, Ec. Impresión NINA Comunicaciones. Quito, Ec. 13: 24-26 p.
- Richter, M. y A. Moreira. (2005). Heterogeneidad climática y diversidad vegetal en el sur de Ecuador: un método de fitoindicación. Bosques relictos del NO de Perú y SO de Ecuador. Weigend, Rodríguez y Arana (Comps.) Rev. peru. biol. Facultad de Ciencias Biológicas UNMSM
- Rodríguez P., Soberón J. y Arita H.T. (2003). El componente beta de la diversidad de mamíferos de México. Acta Zoologica Mexicana 89: 241-259 p.
- Rosalina, G. (2010). Briófitos. Grupo de la Biodiversidad de Azores. Universidad de Azores. Disponible en: [http://www.pdfbook4u.com/download/Bri%C3%B3fitos\\_aHR0cDovL2NpdGEuYW5ncmEudWFjLnB0L2ZpY2hlaXJvcy9wdWJsaWNhY29lcY8xMjg3NDZAzODAlLnBkZg==](http://www.pdfbook4u.com/download/Bri%C3%B3fitos_aHR0cDovL2NpdGEuYW5ncmEudWFjLnB0L2ZpY2hlaXJvcy9wdWJsaWNhY29lcY8xMjg3NDZAzODAlLnBkZg==) (Consultado 30.03.2015)



TNC (The Nature Conservancy). (2008). Parque Nacional Podocarpus. Disponible en: <http://www.nature.org> (Consultado 22.02.2015)

Toapanta, E. (2005). Musgos. En: Suárez, D. (Ed.). Diversidad biológica de la estación de ecosistemas alto andinos y agua. Los Encinos. Corporación Grupo Randi Randi, Proyecto MANRECUR III/IDRC. Quito. Disponible en: (Consultado 30.03.2011)

Van Dyke F. (2008). Conservation biology. Foundations, concepts, applications. Springer, Nueva York.



Atardecer en el Parque Nacional Podocarpus. Fotografía: Saula Minga.



# Reservorios de carbono en los páramos del Parque Nacional Podocarpus

Paúl Eguiguren<sup>1,2\*</sup>, Andrea Santín<sup>3</sup>, y Eliana Vidal<sup>3</sup> y Nikolay Aguirre<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. Universidad Nacional de Loja. Ecuador

<sup>2</sup>Carrera de Ingeniería Forestal. Universidad Nacional de Loja. Ecuador

<sup>3</sup>Carrera en Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente. Universidad Nacional de Loja. Ecuador

\*Autor para correspondencia: paul.eguiguren@unl.edu.ec

## Introducción

Uno de los hotspots más importantes del planeta son los Andes tropicales puesto que alberga gran diversidad de especies y un alto grado de endemismo (Myers *et al.*, 2000; Barthlott *et al.*, 2007). Dentro de este hotspot se desenvuelve el ecosistema alto andino de paramo, sus límites en muchos de los casos son difíciles de establecer, debido a la influencia de actividades antrópicas y cambios naturales, formando zonas de transición entre los bosques y páramos (Llambi *et al.*, 2012). Estos ecosistemas se pueden encontrar en diferentes países de América como Ecuador, Venezuela, Colombia y Perú, aunque también se encuentran en pequeñas extensiones en Costa Rica y Panamá, bajo un rango de distribución entre 3000 a 4700 msnm (Sklenar and Jørgensen, 1999; Hofstede *et al.* 2003; Llambi *et al.*, 2012).

Dentro del Ecuador se distribuyen a lo largo de la cordillera de los andes y ocupan cerca de 1 250 000 ha (6 % de la extensión del país) (Mena and Medina, 2001; Mena and Hofstede, 2006). Hacia el sur del país los páramos que se analizan en este estudio son diferentes a aquellos localizados en otras áreas andinas del Ecuador (Keating, 2008), ya que poseen particularidades relacionadas a su topografía, clima y tipo de vegetación (arbustivo o herbáceo); además, su distribución inicia a altitudes más bajas que los páramos del norte del país (2800 msnm–3600 msnm) (Lozano *et al.*, 2003; Richter and Moreira-Muñoz, 2005). La diversidad de los ecosistemas alto andinos es alta debido a la gran variabilidad de climas y a las características topográficas presentes en esta zona (Richter and Moreira-Muñoz, 2005; Richter *et al.*, 2009). El Parque Nacional Podocarpus es una de las áreas

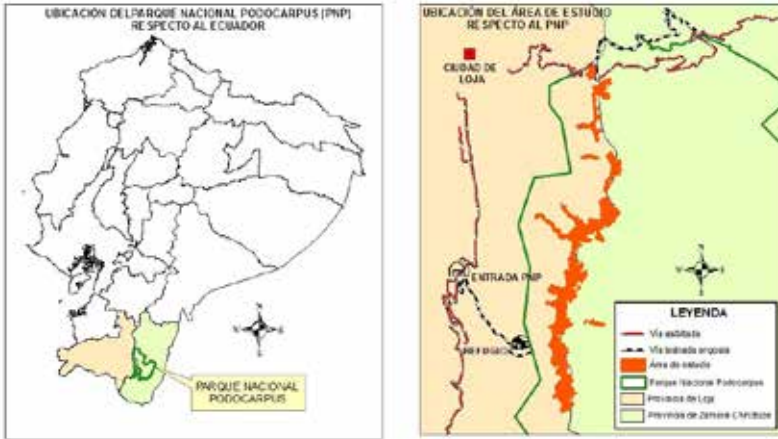
protegidas con mayor extensión de páramos con 11 000 ha (Lozano *et al.*, 2003) en el sur del Ecuador, alberga alta diversidad de especies y alto grado de endemismo (Quizhpe *et al.*, 2002; Lozano *et al.*, 2003, 2007).

El ecosistema de páramo a más de su biodiversidad también contribuyen prestando servicios ecosistémicos como la regulación del clima a partir del almacenamiento de CO<sub>2</sub>, convirtiéndose en importantes sumideros de carbono (Lal, 2004; Zimmermann *et al.*, 2010; Zúñiga-Escobar *et al.*, 2013; Ayala *et al.*, 2014), por lo que en los últimos años existe gran interés para su conservación, así como también el análisis de su papel dentro de la mitigación del cambio climático (Watson *et al.*, 2000). Por este motivo en este documento se presenta una estimación de los contenidos de carbono en diferentes estratos del ecosistema páramo del Parque Nacional Podocarpus (PNP). Las estimaciones de los contenidos corresponden a los compartimientos de fitomasa (biomasa por encima del suelo y necromasa) y suelo, permitiendo de esta forma tener una línea base sobre los reservorios de carbono de los páramos en el PNP.

### **Materiales y métodos**

La investigación se desarrolló en el ecosistema de páramo del Parque Nacional Podocarpus (PNP) comprendido desde el sector El Tiro hasta Cajanuma (Figura 1). En promedio la zona de estudio posee una altitud entre 2950 a 3100 msnm. Los páramos del PNP poseen precipitaciones anuales entre 2000 mm a 4000 mm y una temperatura promedio diaria de 10°C, con mínimas comprendidas entre 0 – 3°C (Keating, 1999; Herbario Loja, 2000; Lozano *et al.*; 2003).

Los reservorios de carbono del ecosistema páramo fueron estimados para diferentes tipologías de páramos dentro del PNP, para esto en primera instancia se identificó los estratos dentro de este ecosistema (ver Cuadro 1). Este proceso de identificación de los estratos partió con el uso de fotografías aéreas del año 2009 diferenciando entre páramo (arbustivo y herbáceo) y otros ecosistemas alto andinos, a más de esta información se usó cartografía digital del tipo de suelo, pendientes y la altitud para su discriminación. Con el objetivo de comprobar la información digitalizada se ejecutó una validación *in situ* a través de observación directa, en caso de inconsistencias se rectificó la información digitalizada con base en las salidas de campo.



**Figura 1.** Ubicación del área de estudio dentro del contexto de los páramos del Parque Nacional Podocarpus.

**Cuadro 1.** Estratos del ecosistema páramo identificados dentro del Parque Nacional Podocarpus, Sector El Tiro y Cajanuma.

Nombre completo	Código	Cobertura	Suelo	Pendiente
Páramo arbustivo sobre suelo entisol con pendiente suave	Pa_entisol_suave	páramo arbustivo	Entisol	5 %–12%
Páramo arbustivo sobre suelo entisol con pendiente moderada	Pa_entisol_moderado	páramo arbustivo	Entisol	12 %–25%
Páramo arbustivo sobre suelo entisol con pendiente fuerte	Pa_entisol_fuerte	páramo arbustivo	Entisol	25 %–50%
Páramo arbustivo sobre suelo entisol con pendiente muy fuerte	Pa_entisol_muy fuerte	páramo arbustivo	Entisol	> 50%
Páramo arbustivo sobre suelo inceptisol con pendiente suave	Pa_inceptisol_suave	páramo arbustivo	Inceptisol	5 %–12%
Páramo arbustivo sobre suelo inceptisol con pendiente moderada	Pa_inceptisol_moderada	páramo arbustivo	Inceptisol	12 %–25%
Páramo arbustivo sobre suelo inceptisol con pendiente fuerte	Pa_inceptisol_fuerte	páramo arbustivo	Inceptisol	25 %–50%
Páramo arbustivo sobre suelo inceptisol con pendiente muy fuerte	Pa_inceptisol_muy fuerte	páramo arbustivo	Inceptisol	> 50%

Nombre completo	Código	Cobertura	Suelo	Pendiente
Páramo herbáceo sobre suelo entisol con pendiente suave	Ph_entisol_ suave	páramo herbáceo	Entisol	5 %–12%
Páramo herbáceo sobre suelo entisol con pendiente moderada	Ph_entisol_ moderada	páramo herbáceo	Entisol	12 %–25%
Páramo herbáceo sobre suelo entisol con pendiente fuerte	Ph_entisol_ fuerte	páramo herbáceo	Entisol	25 %–50%
Páramo herbáceo sobre suelo entisol de pendiente muy fuerte	Ph_entisol_ muy fuerte	páramo herbáceo	Entisol	> 50%
Páramo herbáceo sobre suelo inceptisol con pendiente suave	Ph_ inceptisol_ suave	páramo herbáceo	Inceptisol	5 %–12%
Páramo herbáceo sobre suelo inceptisol con pendiente moderada	Ph_ inceptisol_ moderada	páramo herbáceo	Inceptisol	12 %–25%
Páramo herbáceo sobre suelo inceptisol con pendiente fuerte	Ph_ inceptisol_ fuerte	páramo herbáceo	Inceptisol	25 %–50%
Páramo herbáceo sobre suelo inceptisol con pendiente muy fuerte	Ph_ inceptisol_ muy fuerte	páramo herbáceo	Inceptisol	> 50%

En cada estrato identificado se instalaron parcelas de muestreo temporales en conglomerados de 5 m × 5 m (25 subparcelas de 1m<sup>2</sup>), ver Figura 2. Dentro de estos conglomerados se tomaron 5 parcelas de 1 m<sup>2</sup> (80 parcelas en todos los estratos) en las cuales se recopiló información de la necromasa, la biomasa por encima del suelo y muestras de suelo. Para la necromasa (material muerto y en estado de descomposición) y la biomasa por encima del suelo se colectó todo el material dentro de cada una de las subparcelas para ser pesado en campo y luego llevado al laboratorio. En la obtención de la biomasa primero se obtuvo el contenido de humedad a partir del cual se calculó la proporción del peso húmedo que corresponde a la biomasa (Ver Ecuación 1 y 2) (Chambi *et al.*, 2001; Calderón *et al.*, 2014). Finalmente para calcular el carbono se multiplica la biomasa obtenida por el factor de conversión de 0,5 (IPCC *et al.*, 2003; Ravindranath and Ostwald, 2008).

*Ecuación 1:*

$$CH = \frac{(Phs - Pss)}{Phs}$$

Dónde:

CH: Contenido de humedad

Phs: Peso húmedo submuestra (kg)

Pss: Peso seco submuestra (kg)

*Ecuación 2*

$$Y = Pht - (Pht \times CH)$$

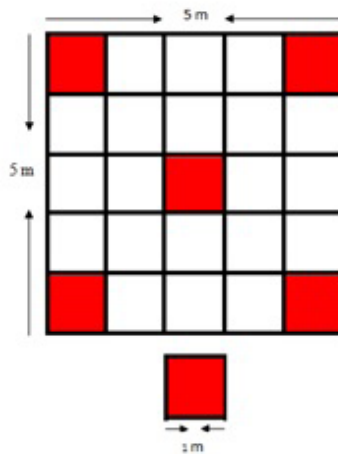
Dónde:

Y: Biomasa (kg)

Pht: Peso húmedo total (kg)

CH: Contenido de humedad

En el caso del carbono en el suelo se muestreo en una de las parcelas temporales de 1m<sup>2</sup> dentro de los conglomerados. Dentro de cada parcela se tomaron tres mediciones, estas muestras fueron promediadas. A partir de estas muestras se calculó en el laboratorio la densidad aparente y análisis de carbono orgánico. Para la densidad aparente las muestras fueron secadas a una temperatura de 105°C por 24 horas hasta que su peso fue constante, para finalmente usar el método del cilindro de volumen (MacDicken, 1997). Por su parte para la cuantificación de la materia orgánica se usó el método de carbono orgánico de Walkley and Black (1934).



**Figura 2.** Conglomerados de muestreo para cada uno de los estratos de páramo identificados.

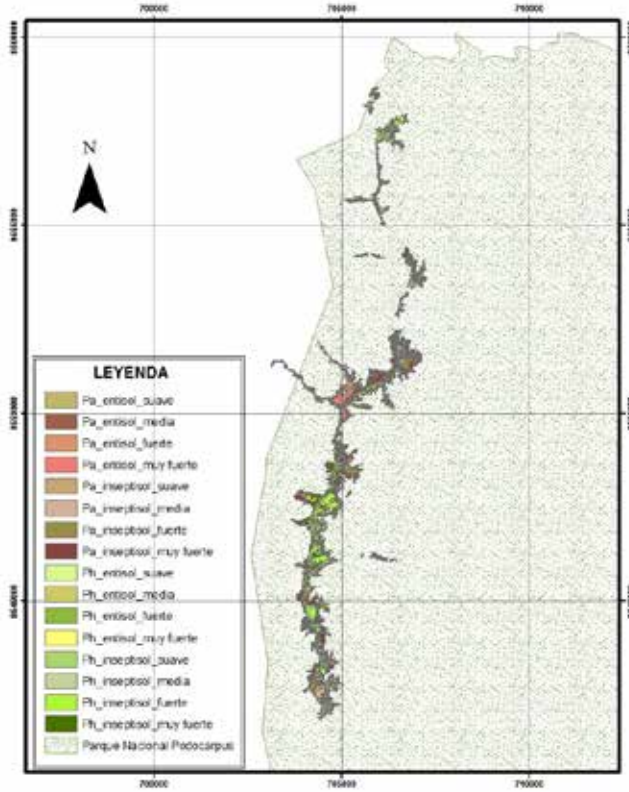


Se realizó un ANOVA solo para las parcelas con información de fitomasa (biomasa por encima del suelo y necromasa) con modelos lineales generales y mixtos, usando el software estadístico INFOSTAT (Balzarini *et al.*, 2008). Se verificaron los supuestos del ANOVA, para su cumplimiento fue necesario usar una transformación de los valores de la variable dependiente a logaritmo, de la misma forma se consideró la heteroscedastisidad residual. Para elegir el mejor modelo se consideraron criterios de verosimilitud penalizada (AIC – BIC). Para conocer si existían diferencias entre las variables explicativas y el carbono almacenado en la fitomasa se utilizó la prueba de comparaciones múltiples LSD Fisher con un nivel de significancia del 5 % (Balzarini *et al.*, 2008; Di Rienzo *et al.*, 2013)

## Resultados

Dentro de esta investigación se instalaron 80 parcelas temporales de 1m<sup>2</sup> dentro los páramos del Parque Nacional Podocarpus entre los sectores conocidos como: El Tiro y Cajanuma, donde se identificaron 16 estratos, a partir de los cuales se estimó los contenidos de carbono en fitomasa (biomasa por encima del suelo y necromasa) y suelo. Una característica de estos estratos es que no tienen un patrón continuo (Figura 3), lo cual puede estar dado por la variabilidad climática y las características topográficas que se pueden encontrar dentro del ecosistema páramos (Sevink *et al.*, 2014). El contenido de carbono dentro del páramo con sus estratos esta entre 14,4 t/ha y 2,9 t/ha (valores promedios por estrato) (ver Cuadro 2), esta gran variabilidad podría estar dada principalmente por el tipo de vegetación.

En relación a los reservorios de carbono en el suelo, los valores de carbono encontrados en estos paramos son entre 165,6 y 37,4 t/ha (cuadro 2), mucho más altos que aquellos localizados en la fitomasa.



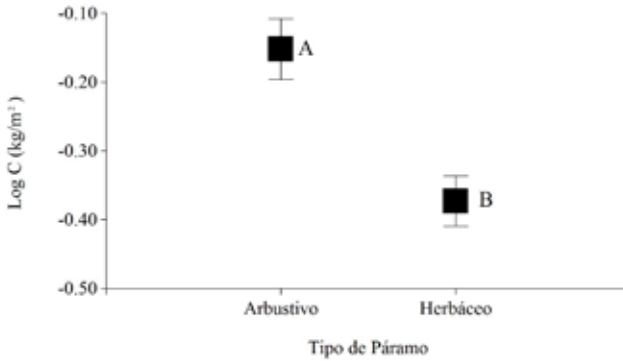
**Figura 3.** Estratos de páramos encontrados en el sector comprendido entre El Tiro y Cajanuma

**Cuadro 2.** Carbono almacenado en la fitomasa (Biomasa por encima del suelo y necromasa) (t/ha) y en el suelo en los estratos identificados en el páramo del Parque Nacional Podocarpus.

Tipo de Estratos de Páramo	Carbono en Fitomasa (t/ha)	Carbono en suelo (t/ha)
Páramo arbustivo sobre suelo entisol con pendiente suave	8,3	63,3
Páramo arbustivo sobre suelo entisol con pendiente moderada	8,8	83,1
Páramo arbustivo sobre suelo entisol con pendiente fuerte	5,4	37,4
Páramo arbustivo sobre suelo entisol con pendiente muy fuerte	7,1	93,7

<b>Tipo de Estratos de Páramo</b>	<b>Carbono en Fitomasa (t/ha)</b>	<b>Carbono en suelo (t/ha)</b>
Páramo arbustivo sobre suelo inceptisol con pendiente suave	14,4	110,1
Páramo arbustivo sobre suelo inceptisol con pendiente moderada	9,4	85,1
Páramo arbustivo sobre suelo inceptisol con pendiente fuerte	4,6	110,3
Páramo arbustivo sobre suelo inceptisol con pendiente muy fuerte	7,7	164,6
Páramo herbáceo sobre suelo entisol con pendiente suave	4,8	62,0
Páramo herbáceo sobre suelo entisol con pendiente moderada	4,9	58,4
Páramo herbáceo sobre suelo entisol con pendiente fuerte	4,6	91,6
Páramo herbáceo sobre suelo entisol de pendiente muy fuerte	2,9	78,4
Páramo herbáceo sobre suelo inceptisol con pendiente suave	4,7	90,4
Páramo herbáceo sobre suelo inceptisol con pendiente moderada	4,3	87,6
Páramo herbáceo sobre suelo inceptisol con pendiente fuerte	4,5	153,3
Páramo herbáceo sobre suelo inceptisol con pendiente muy fuerte	4,4	76,2

Los resultados analizados indican que la variable explicativa que tiene mayor influencia dentro de los contenidos de carbono en la fitomasa es el tipo de vegetación. De esta manera se encontró que existen diferencias significativas ( $p = 0.03$ ) entre los contenidos de carbono almacenado entre el páramo herbáceo (4,27 t/ha) y páramo arbustivo (7,08 t/ha), siendo este último aquel que podría almacenar mayores cantidades de carbono dentro de su fitomasa (Figura 4).



**Figura 4.** Carbono almacenado en el páramo arbustivo y páramo herbáceo del Parque Nacional Podocarpus. Letras iguales indican que no existe diferencia entre medias (Prueba LSD de Fisher,  $P < 0.05$ ). Los valores se expresan en Logaritmo.

## Discusión

En los ecosistemas forestales el secuestro y mantenimiento de los contenidos de carbono es uno de los principales servicios ecosistémicos, sin embargo los ecosistemas parameros podrían también tener significativas aportaciones dentro del almacenamiento de carbono (Hofstede and Aguirre, 1999; Mena and Hofstede, 2006) en su fitomasa y sobretodo dentro del compartimento de suelo, principalmente debido a las condiciones edáficas y climáticas en las cuales éstos se localizan (Sevink *et al.*, 2014).

El contenido promedio de la fitomasa de los páramos herbáceos o arbustivos en el Parque Nacional Podocarpus se estima entre 4,27 t/ha y 7,08 t/ha respectivamente, estos contenidos son similares a los encontrados en otros páramos del país como aquellos localizados en el Parque Nacional Sangay en el cual se estima entre 6,48 t/ha y 6,89 t/ha (Cargua *et al.*, 2014). En el presente estudio se pudo observar que podrían existir grandes cantidades de carbono dentro de los ecosistemas parameros, principalmente en los suelos donde el contenido de carbono podría estar entre 165,6 y 37,4 t/ha, mostrando una alta variabilidad. Estos valores contrastan con lo encontrado en el Parque Nacional Sangay, en donde se estima hasta 71 t/ha (Cargua *et al.*, 2014), mientras que otros estudios sugieren que estos ecosistemas podrían almacenar entre 100 a 200 t/ha o más (Lal, 2004; Zimmermann *et al.*, 2010; Zúñiga-Escobar *et al.*, 2013, Ayala *et al.*, 2014). Esta característica de acumulación de carbono en los suelos podría deberse a las condiciones ambientales de este tipo de ecosistema. La tasa de descomposición a

mayores altitudes es más lenta en los suelos, debido a la gran humedad sumado a climas fríos, lo que resulta en una capa gruesa de suelo orgánico (Mena *et al.*, 2000; Couteaux *et al.*, 2002).

El páramo es un ecosistema constantemente amenazado por las actividades humanas (Hofstede *et al.*, 2002; Mena and Hofstede, 2006). Pese a su importancia por la provisión de servicios ecosistémicos, el páramo ha sufrido fuertes degradaciones, principalmente en el centro del Ecuador (Hofstede *et al.*, 2002). El cambio de uso del suelo de este ecosistema a otros usos podría provocar la pérdida de las altas reservas de carbono que estos ecosistemas poseen (Tonneijck *et al.*, 2010). Por otro lado, el cambio climático va a desplazar estos ecosistemas (Buytaert *et al.*, 2011; Gottfried *et al.*, 2012) reduciendo su área de distribución, a más de esto el aumento de la temperatura provocará condiciones más secas y cálidas y, con esto mayor tasa de descomposición y disminución de los contenidos de carbono en el suelo de los páramos (Buytaert *et al.*, 2011).

En la actualidad a nivel mundial y en el Ecuador existe una preocupación contante sobre los impactos actuales y futuros del cambio climático, por lo que se está implementando la estrategia de reducción de emisiones por deforestación o degradación evitada (REDD+), la misma que está orientada al manejo de bosques y aumento de los contenidos de carbono en los ecosistemas forestales para contribuir a la disminución de los gases de efecto invernadero en el futuro (Angelsen, 2010). Esta estrategia podría y debe ser ampliada a otros ecosistemas como el páramo debido a las grandes cantidades de carbono que este posee, principalmente en el suelo. Sin duda, estrategias de mitigación al cambio climático como REDD+ podría ayudar a una mejor conservación de los páramos, así como disminuir los impactos tanto antrópicos como climáticos a los que se ve expuesto y, a su vez preservar los contenidos de carbono tanto en la biomasa como en el suelo.

## Referencias Bibliográficas

- Angelsen, A. (2010). La implementación de REDD+. Estrategia nacional y opciones de política.
- Ayala, L., M. Villa, Z. Aguirre y N. Aguirre. (2014). Cuantificación del carbono en los páramos del parque nacional Yasuni, provincias de Loja y Zamora Chinchipe, Ecuador. CEDAMAZ 4: 45-52 p.
- Balzarini, M., L. Gonzalez, M. Tablada, F. Casanoves, J. Di Rienzo y C. Robledo. (2008). Manual del Usuario. InfoStat. Córdoba, Ar.
- Barthlott, W., A. Hostert, W. Kuper, H. Kreft, J. Mutke, D. Rafiqpoor, and J. Henning. (2007). Geographic patterns of vascular plant diversity at continental to global scales. *Erdkunde*, 61: 305-315 p.
- Buytaert, W., F. Cuesta-Camacho, and C. Tobón. (2011). Potential impacts of climate change on the environmental services of humid tropical alpine regions. *Global Ecology and Biogeography* 20: 19-33 p.
- Calderón, M., F. Cuesta, A. Yepes y B. Quispe. (2014). Monitoreo de bancos de carbono. En: Osinaga, O., S. Báez, F. Cuesta, A. Malizia, J. Carrilla, N. Aguirre, y L. Malizia. Monitoreo de diversidad vegetal y carbono en bosques andinos—protocolo extendido. CONDESAN / IER-UNT / COSUDE. Quito, Ecuador. 110-145 p.
- Cargua, F., M. Roriguez, C. Recalde y L. Vinueza. (2014). Cuantificación del Contenido de carbono en una plantación de pino insigne (*Pinus radiata*) y en estrato de páramo de Ozogoché Bajo, Parque Nacional Sangay, Ecuador. *Información Tecnológica* 25: 83-92 p.
- Chambi, P., M. Glave y R. Pizarro. (2001). Valoración económica del secuestro de carbono mediante simulación aplicado a la zona boscosa del Río Inambari y Madre de Dios.
- Couteaux, M., L. Sarmiento, P. Bottner, D. Acevedo, and J. Thiery. (2002). Decomposition of standar plant material along an altitudinal transect (65–3964 m) in the tropical Andes. *Soil Biology and Biochemistry* 34: 69-78 p.
- Gottfried, M., H. Pauli, A. Futschik, M. Akhalkatsi, P. Barančok, J. Benito Alonso, G. Coldea, J. Dick, B. Erschbamer, M. Fernández Calzado, G.

- Kazakis, J. Krajčič, P. Larsson, M. Mallaun, O. Michelsen, D. Moiseev, P. Moiseev, U. Molau, A. Merzouki, L. Nagy, G. Nakhutsrishvili, B. Pedersen, G. Pelino, M. Puscas, G. Rossi, A. Stanisci, J.-P. Theurillat, M. Tomaselli, L. Villar, P. Vittoz, I. Vogiatzakis, and G. Grabherr. (2012). Continent-wide response of mountain vegetation to climate change. *Nature Climate Change* 2: 111-115 p.
- Herbario Loja. (2000). Diagnóstico de la vegetación natural y de la intervención humana en los páramos del Parque Nacional Podocarpus. Programa Podocarpus. Informe final. Loja, Ecuador. 75 p.
- Hofstede, R., y N. Aguirre. (1999). Biomasa y dinámica del carbono en relación con las actividades forestales en la Sierra del Ecuador. El Páramo como espacio de mitigación de carbono atmosférico. Serie Páramo 1. GTP. 31-46 p.
- Hofstede, R., R. Coppus, P. Mena, P. Segarra, J. Wolf y J. Sevink. (2002). Estado de conservación de los páramo de pajonal en el Ecuador . *Ecotropicos* 15: 3-18 p.
- Hofstede, R., S. Pool y P. Mena. (2003). Los paramos del mundo. Proyecto atlas mundial de los páramos. Global Peatland initiative/NC-IUCN/ EcoCiencia. Quito, Ec.
- IPCC, J. Penman, M. Gytarsky, T. Hiraishi, T. Krug, D. Kruger, R. Pipatti, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, K. Tanabe, and F. Wagner. (2003). Intergovernmental Panel on Climate Change. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Intergovernmental Panel of Climated Change. IPCC. Hayana, Ja.
- Keating, P. (1999). Changes in paramo vegetation along an elevation gradient in southern Ecuador. *Journal of the Torrey Botanical Society* 126: 159-175 p.
- Keating, P. (2008). The floristic composition and biogeographical significance of a megadiverse paramo site in the southern Ecuadorian Andes. *Journal of the Torrey Botanical Society* 135: 554-570 p.
- Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma* 123: 1-22 p.

- Llambi, L., A. Soto-W, R. Celleri, B. De-Biere, B. Ochoa, and P. Borja. (2012). Ecología, hidrología y suelos de páramos. Proyecto páramo andino. 282 p.
- Lozano, P., R. Bussmann y M. Koppers. (2007). Diversidad florística del bosque montano en el occidente del Parque Nacional Podocarpus, Sur del Ecuador y su influencia en la flora pionera en deslizamientos naturales. *Revista UDO Agrícola* 7: 142-159 p.
- Lozano, P., T. Delgado y Z. Aguirre. (2003). Estado actual de la flora endémica exclusiva y su distribución en el Occidente del Parque Nacional Podocarpus. Publicaciones de la Fundación Ecuatoriana para la Investigación y Desarrollo de la Botánica. Loja, Ec.
- MacDicken, K. G. (1997). A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects.
- Mena, P. y R. Hofstede. (2006). Los páramos ecuatorianos. En: M. Moraes, B. Øllgaard, L. Kvist, F. Borchsenius, H. Balslev (eds). *Botánica económica de los Andes Centrales*. La Paz, Bo. 91-109 p.
- Mena, P., C. Josse y G. Medina. (2000). Los suelos del páramo. Serie páramo 5. GTP. 70 p.
- Mena, P. y G. Medina. (2001). La biodiversidad de los páramos del Ecuador. En: Mena, P., G. Medina, R.G.M. Hofstede (eds.). *Los páramos del Ecuador. Proyecto Páramo y Abya Yala*. Quito, Ec.
- Myers, N., R. Mittermeier, C. Mittermeier, G. Fonseca y J. Kent. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858 p.
- Quizhpe, W., Z. Aguirre, O. Cabrera y T. Delgado. (2002). Los páramos del Parque Nacional Podocarpus. En: Z. Aguirre, J. Madsen, E. Cotton, and H. Balslev (eds). *Botánica Austroecuatoriana: Estudios sobre los recursos vegetales en las provincias de El Oro, Loja y Zamora-Chinchi*. Quito, Ec. 79-89 p.
- Ravindranath, N. y M. Ostwald. (2008). Carbon inventory methods handbook for greenhouse gas inventory. *Carbon Mitigation and Roundwood Production Projects*. Springer.



- Richter, M., K.-H. Diertl, P. Emck, T. Peters and E. Beck. (2009). Reasons for an outstanding plant diversity in the tropical Andes of Southern Ecuador. *Landscape Online*:1-35 p.
- Richter, M. y A. Moreira-Muñoz. (2005). Heterogeneidad climática y diversidad de la vegetación en el sur de Ecuador : un método de fitoindicación *12*: 217-238 p.
- Sevink, J., F. Tonneijck, K. Kalbitz y E. Cammeraat. (2014). Dinámica del carbono en los ecosistemas de páramo de los Andes neotropicales: Revisión de literatura sobre modelos y parámetros relevantes. Avances en investigación para la conservación de los páramos andinos, CONDESAN. 550-576 p.
- Sklenar, P. y P. Jørgensen. (1999). Distribution patterns of paramo plants in Ecuador. *Journal of Biogeography*: 681-691 p.
- Tonneijck, F., B. Jansen, K. Nierop, J. Verstraten, J. Sevink y L. De-Lange. (2010). Towards understanding of carbon stocks and stabilization in volcanic ash soils in natural Andean ecosystems of northern Ecuador. *European Journal of Soil Science*, 61: 392-405 p.
- Walkley, A., I. Black. (1934). An Examination of degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37: 29-37 p.
- Watson, R., I. Noble, B. Bolin, N. Ravindranath, D. Verardo y D. Dokken. 2000. Land use, land-use change, and forestry. Special Report of the IPCC. Cambridge University Press.
- Zimmermann, M., P. Meir, M. Silman, A. Fedders, A. Gibbon, Y. Malhi, D. Urrego, M. Bush, K. Feeley, K. Garcia, G. Dargie, W. Farfan, B. Goetz, W. Johnson, K. Kline, A. Modi, N. Rurau, B. Staudt, F. Zamora. (2010). No differences in soil carbon stocks across the tree line in the Peruvian Andes. *Ecosystems* 13: 62-74 p.
- Zúñiga-Escobar, O., E. Peña-Salamanca, A. Torres-González, R. Cuero-Guependo J. Peña-Óspina. (2013). Assessment of the impact of anthropic activities on carbon storage in soils of high montane ecosystems in Colombia. *Agronomía Colombiana* 31: 112-119 p.



Sendero Sabanilla en el páramo del Parque Nacional Podocarpus. Ecuador.  
Fotografía: Paúl Eguiguren



## Estado de conservación del páramo de Cajanuma, Parque Nacional Podocarpus

Tatiana Ojeda-Luna<sup>1,2\*</sup>, Nikolay Aguirre<sup>1,2</sup>, Andreina Alulima<sup>2</sup>,  
Paola Cajamarca<sup>2</sup> y Zhofre Aguirre-Mendoza<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Programa de Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. Universidad Nacional de Loja. Ecuador

<sup>2</sup>Carrera de Ingeniería Forestal. Universidad Nacional de Loja. Ecuador

<sup>3</sup>Herbario Reinaldo Espinosa. Universidad Nacional de Loja. Ecuador

\*Autor para correspondencia: tatiana.oluna@unl.edu.ec

### Introducción

Los páramos son ecosistemas que cumplen importantes funciones ecológicas y económicas para la sociedad. Probablemente los servicios ecosistémicos más importantes que brindan son la provisión de agua para la producción hidroeléctrica, agricultura, consumo doméstico e industrial (Hofstede *et al.*, 2003; Célleri y Fayen, 2009); así como el almacenamiento de carbono (Hofstede *et al.*, 2003). No obstante, históricamente los páramos han sido degradados y transformados, ocasionando fuertes impactos en la provisión de bienes y servicios ecosistémicos, con implicaciones directas en la economía de los hogares que basan sus estrategias de vida en el uso de recursos provenientes de estos ecosistemas. De acuerdo a Hofstede (2003) la expansión de actividades agrícolas, el incremento de la actividad ganadera, los proyectos de forestación con especies exóticas, el calentamiento global, impactan la capacidad de los páramos para captar agua y ser escenario para la recreación.

Concretamente, el páramo del Parque Nacional Podocarpus (PNP) cumple una función vital para la provisión del servicio hídrico a varias poblaciones de Loja y Zamora Chinchipe. Según Keating (1998) anualmente este ecosistema recibe hasta 4 000 mm de precipitación, incluyendo la precipitación horizontal, contribuyendo en gran parte a la formación de ríos importantes que nacen del PNP y que abastecen de agua a las poblaciones del sur de Ecuador y norte de Perú (valles de los ríos Catamayo-Chira y Chinchipe-Mayo) (CINFA *et al.*, 2006). Así mismo, se trata de un ecosistema de alta singularidad puesto que alberga una excepcional biodiversidad, con altos niveles de endemismo y, con elementos florísticos particulares que se han

adaptado a vivir en condiciones extremas (Herbario LOJA, 2000; Keating, 1998; Becking, 2004; CINFA *et al.*, 2006).

Los altos contenidos de humedad del páramo del PNP, hacen que sus suelos sean muy suaves y fáciles de perturbar, lo cual es característico de este tipo de ecosistemas (Hofstede *et al.*, (2003). Además las bajas temperaturas de estos ambientes, ocasionan bajos niveles de productividad primaria, crecimiento y descomposición; así como, una lenta sucesión natural, retrasando el crecimiento y regeneración de la vegetación luego de perturbaciones (Jansen, 1973; Hofstede *et al.*, 2002). Esto hace que cada actividad humana tenga un impacto directo sobre el ecosistema, y dadas las características intrínsecas del páramo los impactos podrían considerarse irreversibles.

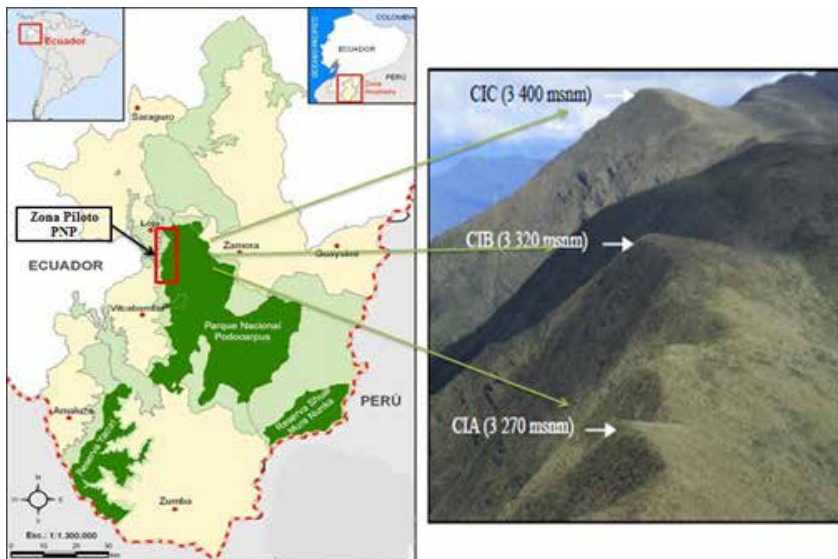
Los impactos que ocasionan las actividades humanas, alteran los ecosistemas y podrían asociarse con el agotamiento de recursos claves o la disminución en la provisión de importantes bienes y servicios, afectando tanto al bienestar humano, como la biodiversidad (Nelson *et al.*, 2008; Lambin y Meyfroidt, 2010). En este sentido, un ecosistema con pocas o nulas perturbaciones y con un buen estado de conservación, podría desarrollar sus funciones a plenitud, así como enfrentar presiones antrópicas y naturales. Consecuentemente, los estudios sobre el estado de conservación de un ecosistema, podrían servir como punto de partida para conocer el estado de sus recursos claves y de sus funciones. La finalidad de estos estudios permitirá evaluar el potencial de eliminación o riesgo de extirpación de elementos de la biodiversidad (Master *et al.*, 2012); pero cabe enfatizar que esta información debe combinarse con otros datos (cambio climático, importancia social, endemismo) que guíen una efectiva planificación para la conservación.

La importancia ecológica y biológica, así como la sensibilidad de los páramos del PNP ante cualquier perturbación, urge generar información sobre su estado de conservación, para direccionar las acciones prioritarias que mantengan su integridad y funcionalidad y, aseguren la provisión de bienes y servicios a la población. En este artículo se discute el estado de conservación del páramo de Cajanuma del Parque Nacional Podocarpus y se analizan algunos elementos claves a considerar para su gestión.

## Materiales y métodos

El núcleo de este trabajo fueron tres cimas localizadas en el flanco occidental del páramo del sector de Cajanuma (PNP), en la provincia de Loja. Las cimas se distribuyen a lo largo de la gradiente altitudinal del páramo, desde 3270 msnm hasta 3400 msnm (ver Figura 1). Estas áreas constituyen un sitio piloto para el monitoreo a largo plazo del impacto del cambio climático en la biodiversidad del páramo de la Región Sur del Ecuador, que forma parte de la Red de Observación Global en Ambientes Alpinos (GLORIA por sus siglas en inglés).

La evaluación del estado de conservación del páramo de Cajanuma del PNP, es entendida como una estimación de la habilidad actual y futura de un ecosistema, para mantener poblaciones viables, soportar procesos ecológicos y responder cambios ambientales a largo o corto plazo (Olson y Dinerstein, 1998). La metodología empleada, se basó en trabajos similares realizados en otras latitudes. Junto a expertos en el tema se analizó los estudios propuestos por el CINFA *et al.*, (2006) y Aguirre (2012), y en torno a esto se identificaron 4 criterios y 17 indicadores.



**Figura 1.** Ubicación espacial del PNP en la región sur del Ecuador; el recuadro rojo señala la localización del páramo de Cajanuma, indicando la ubicación de las tres cimas donde se realizó la evaluación del estado de conservación.

El Cuadro 1 presenta los criterios e indicadores (columna A) empleados para la evaluación; así como los parámetros que permitieron la evaluación del sitio de estudio. Tal como se estipula en la metodología del CINFA *et al.*, (2006), a cada indicador se otorgó una valoración de importancia de 1 a 3, siendo 1 el nivel más bajo y 3 el más alto (columna B). Cada indicador obtuvo un peso con respecto al 100 % (columna C) de la calificación máxima que cada cima podría alcanzar en base a todos los indicadores; esto permitió conocer el peso de cada criterio, mediante la suma de los valores ponderados de sus indicadores. Para facilitar el trabajo, durante los recorridos de campo se empleó una escala de valoración de 1 a 4, siendo 1 un nivel más bajo y 4 el más alto (columna D). Finalmente, el estado de conservación de cada cima (columna E) se conoció sumando los valores parciales obtenidos en cada indicador; este a su vez se clasificó en: i) Malo (0 – 25%), Regular (25,1 – 50 %), Bueno (50,1 – 75 %) y Muy Bueno (75,1 – 100 %). A continuación, se indican las fórmulas empleadas para los cálculos de cada parámetro que intervino en dicha evaluación (CINFA *et al.*, 2006).

**Peso de cada criterio** = Sumatoria del valor ponderado de sus indicadores

**Valor ponderado del indicador**

$$= \frac{\text{Valor de importancia del indicador}}{\text{Sumatoria del valor de importancia de todos los indicadores}} \cdot 100$$

**Estado de conservación parcial**

$$= \frac{\text{Valor Ponderado del Indicador en \%} \cdot \text{Valoración de Campo}}{\text{Valoración Máxima de Campo (4)}}$$

**Estado de conservación de cada cima** = Sumatoria de los valores parciales

Cuadro 1. Criterios e indicadores usados para la evaluación del estado de conservación de las cimas de la zona piloto del Parque Nacional Podocarpus (Modificado de CINFA *et al.*, 2006; Aguirre, 2012).

Criterio/Indicadores (A)	Valor de importancia del indicador (B)			Valor ponderado (%) (C)	Valor de campo (D)	Valor del estado de conservación (%) (E)
	Baja (1)	Media (2)	Alta (3)			
<b>Estructura del ecosistema</b>						
Cobertura de plantas vasculares de cada cima (%)	0 -33	34-63	64 -100			
Tamaño de población de 10 especies representativas de cada cima (# individuos)	0 - 5	6-10	>10			
Ocurrencia de las 10 especies más frecuentes en cada cima (%)	0 -33	34-63	64 -100			
Riqueza florística de cada cima (# de especies)	0 -25	26-50	>50			
Diversidad alfa de cada cima calculada con el índice Shannon-Wiener (%)	0 -33	34-63	64 -100			
<b>Salud de la biodiversidad</b>						
Apariencia de los estratos arbustivo y herbáceo en cada cima	1	2	3			
Cobertura de especies representativas de flora (%)	0 -33	34-63	64 -100			
Cobertura de briofitos (%)	0 -33	34-63	64 -100			
Grosor de la capa de hojarasca (cm)	0 -25	26-50	>50			
Número de especies endémicas en cada cima	0-5	6-20	>20			
Pisoteo por actividades turísticas (%)	0 -33	34-63	64 -100			
<b>Interés social en la protección de servicios ecosistémicos</b>						



Criterio/Indicadores (A)	Valor de importancia del indicador (B)			Valor ponderado (%) (C)	Valor de campo (D)	Valor del estado de conservación (%) (E)
	Baja (1)	Media (2)	Alta (3)			
Número de iniciativas para conservar ecosistemas de importancia hídrica	1	2	3			
Ecoturismo	1	2	3			
# de acuerdos sociales y/o legales de conservación	1	2	3			
<b>Interés estatal por la preservación de este ecosistema</b>						
Gobierno nacional	1	2	3			
Gobierno provincial	1	2	3			
Gobierno local	1	2	3			
<b>Sumatoria del valor de importancia de todos los indicadores</b>						
<b>Estado de conservación ideal</b>						
<b>Estado de conservación alcanzado</b>						

Para la valoración de los indicadores, se empleó información secundaria de estudios realizados en la zona, revisada y validada. Así mismo, se generó información *in situ* de parámetros ecológicos de la flora del páramo del PNP, en este último caso se empleó las parcelas instaladas para el monitoreo que se lleva a cabo dentro de la red GLORIA.

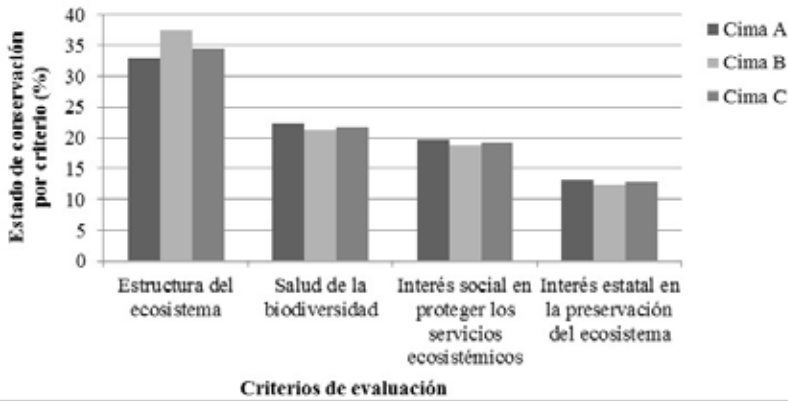
En la evaluación del estado de conservación, se consideró importante incorporar en el análisis las amenazas globales que podrían afectar la permanencia del ecosistema. La actual amenaza global de mayor envergadura es el calentamiento global, para contemplar este aspecto se analizó el nivel de exposición del sitio de estudio ante la variación extrema del clima. Se consideró el trabajo efectuado por Aguirre *et al.*, (2015), en donde se realizó una evaluación de la vulnerabilidad (exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa) de los ecosistemas de la Región Sur del Ecuador, ante el cambio climático. En el caso concreto del páramo de

Cajanuma del PNP, se consideró exclusivamente los resultados obtenidos por Aguirre *et al.*, (2015) para el componente de exposición, analizado bajo los escenarios RCP 2,6 y 8,5 (Representative Concentration Pathways) bajo un horizonte temporal al 2050.

## Resultados

De la evaluación las tres cimas del PNP alcanzaron un valor promedio de 88,9 puntos de 100 posibles, valor que se encuentra en la categoría de estado de conservación muy bueno (ver Anexos 1, 2 y 3). En la Figura 2, se representa los criterios con que se evaluó a las tres cimas, y los resultados (en porcentaje) del estado de conservación para cada una de ellas. Se puede observar que los resultados son similares para los tres sitios. Si bien, la cima B alcanzó la mayor calificación, principalmente debido a que en el criterio de estructura del ecosistema todos los indicadores obtuvieron la máxima puntuación, las diferencias no son significativas entre las cimas.

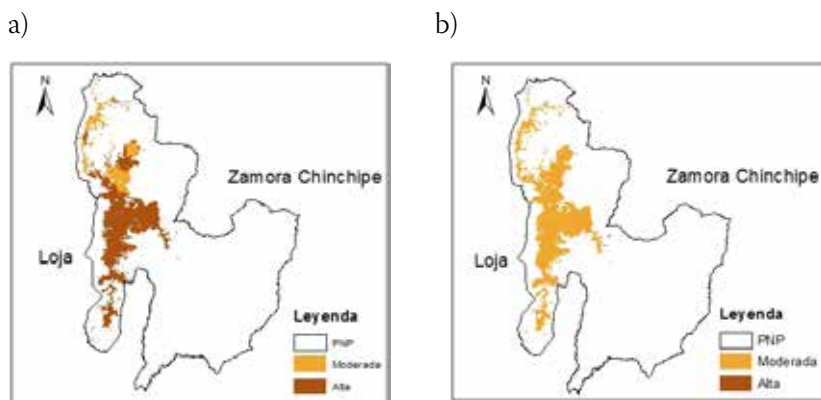
El hecho de que las tres cimas posean buena estructura del ecosistema, desde la perspectiva ecológica indica que este territorio ha conservado su estructura florística, y que no ha recibido fuertes perturbaciones antrópicas, lo que a su vez ha permitido que permanezcan los elementos claves y representativos del páramo del sur del país. La presencia de elementos florísticos claves para la dinámica ecológica del ecosistema, además incidió en que el criterio referente a la salud de la biodiversidad tenga una buena calificación para las tres cimas. A pesar de que los criterios concernientes al interés social y estatal no alcanzaron alta calificación, sin duda son de vital importancia para mantener el buen nivel de conservación de este ecosistema, ya que cualquier acción que se desarrolle o se deje de realizar, tendrá implicaciones no solo a nivel ecológico, sino también a nivel social.



**Figura 2.** Representación de las variables analizadas y estado de conservación alcanzado en la cima CIA del Parque Nacional Podocarpus.

Aunque las actividades extractivas y pisoteo son casi imperceptibles en la zona de estudio, en la actualidad el páramo debe enfrentarse al calentamiento global, que es una amenaza generada por las actividades antrópicas y, a diferencia de las anteriores puede impactar negativamente en la biodiversidad del páramo. La vegetación paramuna está especializada para vivir en condiciones climáticas extremas, como bajas temperaturas, constantes lluvias y vientos; por lo tanto, es muy sensible a variaciones climáticas que afectan de manera progresiva a cualquier sistema ecológico.

Al analizar los niveles de exposición del páramo del PNP, ante dos escenarios climáticos proyectados al año 2050, se observó que bajo el escenario RCP 2,6 gran parte de este ecosistema tendría una exposición alta. Si se centra el análisis al sector de Cajanuma se observa que la mayor superficie de páramo en esta zona se ubica en la categoría moderada (ver Figura 3a). Bajo el escenario RCP 8,5 se determinó que toda la superficie del páramo se encontrará bajo un nivel de exposición moderado para el año 2050; sin embargo cabe destacar que los impactos que se esperan con este escenario son mucho más fuertes que bajo el RCP 2,6 (ver Figura 3b).



**Figura 3.** Mapas de exposición del páramo del Parque Nacional Podocarpus, bajo los escenarios RCP 2,6 (a) y RCP 8,5 (b); considerando un horizonte temporal al año 2050. Modificado de Aguirre *et al.* (2015).

## Discusión

De acuerdo al Herbario LOJA (2000) en la zona de Cajanuma han existido alrededor de seis eventos de incendios que han afectado al páramo; así por ejemplo, entre 1984 y 1985 se quemaron cerca de 931 ha; mientras que en el período de 1988 a 1992 se registran 6 ha afectadas. Afortunadamente, las cimas donde se efectuó esta evaluación no han sufrido perturbaciones, puesto que las únicas actividades que se desarrollan son las visitas de investigadores y raras ocasiones caminatas con fines turísticos y recreativos.

Aunque el tránsito de personas es reducido en el área, en algunos tramos los senderos no son bien demarcados, esto ocasiona que las personas pisoteen otras zonas del páramo con la resultante compactación del suelo y degradación de la cobertura vegetal. En vista de las propias características del páramo, es muy difícil que se recupere luego de estos disturbios (Jansen, 1973; Hofstede *et al.*, 2002; Hofstede *et al.*, 2003). A pesar de esto, el sitio de estudio posee un buen estado de conservación. En buena medida esto se debe a que las condiciones edafo-climáticas (terreno accidentado con pendientes fuertes, temperaturas bajas, humedad elevada y constante) han limitado la posibilidad de que personas de la zona de amortiguamiento realicen ganadería en las partes altas del parque (Keating 1998, 2000; Herbario LOJA, 2000). Esto también ha limitado el turismo intensivo y el desarrollo de actividades extractivas casi imperceptibles como por ejemplo la cacería y extracción de orquídeas, musgos, bromelias.

Además, del difícil acceso a las partes altas del PNP, se suma el hecho de que este sitio se encuentra declarado como área protegida desde el año 1982. El marco institucional en el que se encuentra embebido el parque, implica el cumplimiento de regulaciones que restringen el desarrollo de actividades extractivistas. Esto ha permitido que las entidades gubernamentales correspondientes, limiten el desarrollo de acciones que poco a poco van fragmentando y deteriorando el ecosistema, como es el caso de la extracción de productos forestales no maderables, cuya presión era mayor en la época de Navidad para la elaboración de pesebres. Límites bien definidos; reglas fáciles de entender y cumplir; sistemas sólidos de monitoreo, control y sanción; participación comunitaria; entre otros, son señalados por algunos autores (Agrawal, 2001; Hayes y Ostrom, 2005; Naughton-Treves *et al.*, 2006; Clark *et al.*, 2009) como elementos que posibilitan una gestión exitosa de los recursos.

Si bien hay estudios que fomentan el debate sobre la efectividad de las áreas protegidas (Hayes y Ostrom, 2005; Hayes, 2006; Nagendra, 2008), por otro lado Bruner *et al.*, (2001) indican que las áreas protegidas son claves para la conservación de la biodiversidad a largo plazo en los países tropicales y su efectividad está correlacionada con actividades básicas de manejo como buena demarcación de límites, niveles altos de disuasión de actividades ilegales y, una buena densidad de guardias. Es posible que este último aspecto haya contribuido a la buena conservación de la zona de estudio, puesto que el páramo de Cajanuma se encuentra muy cerca del puesto de control principal del PNP, donde se localizan la mayor cantidad de guardias, lo que ha facilitado los mecanismos de control y sanción. Bruner *et al.*, (2001) precisamente encontraron que existe una alta correlación entre la densidad de guardias y la efectividad del parque, determinando en su estudio que en los parques más efectivos había ocho veces más guardias que en los menos efectivos.

En este sentido, no solo existe interés estatal por la conservación del PNP, sino que otros sectores de la sociedad, tales como universidades y comunidades aledañas han puesto atención al potencial de esta área. En primer lugar, el parque es un laboratorio natural muy atractivo para el desarrollo de investigaciones, un ejemplo de ello, son los proyectos que la Universidad Nacional de Loja viene ejecutando con el fin de generar conocimiento sobre el comportamiento de la biodiversidad ante escenarios de cambio climático y de correlacionar estas respuestas con la prestación

de servicios ecosistémicos. El CINFA *et al.*, (2006) señalan además que la conservación de los recursos escénicos es vista por la sociedad como una oportunidad para el desarrollo de las poblaciones vecinas, lo que ha fortalecido la organización social en torno a la protección y conservación ambiental.

De acuerdo a Sandifer *et al.*, (2015) existe el potencial de que los servicios ecosistémicos disminuyan en ecosistemas expuestos a diversos estresores, impactando el bienestar de las poblaciones humanas. A pesar de que el páramo de Cajanuma, ha recibido pocas presiones antrópicas, en la actualidad el rápido calentamiento global se está convirtiendo en una potencial amenaza para los ecosistemas altoandinos. Buytaert *et al.*, (2011) y Gottfried *et al.* (2012) señalan que un aumento de temperatura provocará cambios en la distribución de estos ecosistemas, especialmente debido a que los páramos se ubican en el límite superior altitudinal y sus especies no tienen muchos sitios hacia donde migrar; esta restricción geográfica podría ocasionar extinciones en especies con poca capacidad de adaptación ante los rápidos cambios de clima actuales y futuros (Anderson *et al.*, 2011; Buytaert *et al.*, 2011).

Las proyecciones al 2050 para el páramo del PNP indican que bajo los escenarios RCP 2,6 y RCP 8,5, la totalidad de este ecosistema se encontrará expuesto ante las variaciones de clima y el nivel del impacto que recibirá está en función de las consideraciones que tenga cada escenario. Así por ejemplo bajo el RCP 2,6 el páramo estará expuesto a variaciones climáticas menos intensas, puesto que se contempla un panorama más optimista donde se implementan tecnologías que disminuyen y/o que capturan las emisiones de CO<sub>2</sub>; así como un crecimiento socioeconómico alineado con las necesidades ambientales (van Vuuren *et al.*, 2011; Wayne, 2013). En contraste, con el RCP 8,5 las variaciones climáticas que soportará el ecosistema serán las más severas, ya que este escenario implica el uso de tecnologías y energías poco eficientes, con altas emisiones y concentraciones de GEI y un nivel socioeconómico desalineado con los requerimientos ambientales (Vuuren *et al.*, 2011; Riahi *et al.*, 2011; Wayne, 2013).

Dado que los resultados de exposición para el escenario RCP 8.5 muestran niveles moderados de exposición, se puede prever que los impactos estimados para el sitio de estudio serán severos, dadas las características intrínsecas del páramo que aumentan su sensibilidad ante cualquier

perturbación. En un estudio de Brunschön y Behling (2009) sobre la reconstrucción histórica del clima y la vegetación del PNP, se indica que durante el periodo de lento calentamiento ocurrido en la fase temprana del Holoceno, la vegetación del páramo casi llegó a desaparecer en la zona de El Tiro dentro del PNP. Si se considera que los aumentos de temperatura de la actualidad se dan a un ritmo más acelerado, es muy probable que el páramo se vea altamente afectado ante estos estímulos externos.

Dado que el calentamiento global puede afectar a todos los ecosistemas de páramo, es importante que las prioridades de conservación no se centren únicamente en especies o ecosistemas raros, cuya distribución geográfica es restringida; sino se enfoquen en la preservación de nichos de plantas y fauna, considerando el riesgo global de extinción y evitando asignar recursos en sitios donde el éxito de las acciones sea menos probable y más costoso (Bush, 2002; Possingham *et al.*, 2002, Bunnell *et al.*, 2009). Desde el punto de vista biogeográfico, el páramo se puede semejar a una isla, al estar situado en las partes más altas de los Andes sobre la línea del bosque y poseer una vegetación muy diferenciada con respecto a ecosistemas circundantes (Londoño *et al.*, 2014). Según Olson y Dinerstein (1998), las ecoregiones de islas experimentarán extinciones debido a su fragilidad, sensibilidad y endemismo y amenazas severas que las biotas nativas de las islas deben enfrentar a nivel mundial.

En este contexto, muchas de las especies que conforman el páramo podrían ver reducidas sus opciones para migrar hacia mayores altitudes, lo que conllevaría a su desaparición. Ante este hecho, Bush (2002) puntualiza que las estrategias de conservación integradas al clima, deben proteger la biodiversidad existente, fomentando la migración a través de ecotonos y asegurando superficies adecuadas de hábitats. La conectividad entre ecosistemas precisamente ayuda a mantener su diversidad y tal como lo expresa Sekercioglu (2011) ecosistemas más diversos tienden a ser más estables y eficientes en el flujo de energía y ciclaje de nutrientes. Concomitantemente garantizar la conectividad entre los ecosistemas de páramo y la permanencia de sus ecosistemas aledaños (eg. bosques andinos) debe ser una acción prioritaria. Si bien, el PNP conecta los ecosistemas amazónicos y los de la vertiente occidental, la conectividad de los páramos se interrumpe ya sea por condiciones naturales (Cañón del río Zamora) o antrópicas (construcción de carreteras, colonización, tala de bosques, avance de la frontera agrícola, quema de páramos) (Becking, 2004). Como

respuesta estratégica Hannah *et al.*, (2002) proponen el manejo de las especies dentro de las áreas protegidas en coordinación con otras áreas; así como el mantenimiento de tamaños mínimos viables de poblaciones que podrían ayudar a recuperar la población, aunque los nichos ecológicos se deterioren. Otra acción concreta podría ser la regeneración de zonas donde potencialmente podría existir el páramo y, de zonas donde los bosques andinos han sido fragmentados y transformados a pastizales. Así, los bosques andinos podrían servir de fuente para repoblar estas zonas de los páramos, lo que a su vez podría ayudar a mantener servicios ecosistémicos importantes para la supervivencia de la población.

El buen estado de conservación del páramo del PNP, concretamente del sector de Cajanuma, convierten a este sitio en un laboratorio natural ideal para proyectos de investigación que involucren monitoreo a largo plazo, puesto que los resultados que se obtendrán podrían atribuirse más directamente a respuestas ecológicas antes que a perturbaciones humanas. Estudios continuos son poco comunes en el Ecuador, pese al valor que poseen para la toma de decisiones, razón por la cual más conocimiento debe ser generado sobre la respuesta de la biodiversidad ante el cambio climático.

Este estudio se centró en el componente florístico del ecosistema, pero es importante que futuros trabajos consideren en el análisis otros elementos claves como la fauna del páramo que sirve de nexo entre los ecosistemas, puesto que permite mantener su función, memoria y resiliencia, mediante el acarreo de material genético desde una planta individual hacia otra planta o hábitat adecuado para la regeneración (Sekercioglu, 2011). Así mismo, el componente social debe estar más presente en este tipo de investigaciones, en vista de que la conservación solo es viable si los pobladores locales reconocen y valoran los múltiples beneficios y servicios del ecosistemas, por lo que tienden a mantener a largo plazo los recursos como fuente de bienestar y desarrollo para los pueblos (CINFA *et al.*, 2006).



## Referencia bibliográficas

- Agrawal A. (2001). Common property institutions and sustainable governance of resources. *World Development* 29 (10): 1649-1672 p.
- 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. Universidad Nacional de Loja y Servicio Forestal de los Estados Unidos. Loja, Ecuador. 150 p.
- Aguirre, Z. (2012). Metodología para evaluar el estado de conservación de la vegetación. Loja, Ec.
- Anderson E., J. Marengo, R. Villalba, S. Halloy, B. Young, D. Cordero, D. Ruiz. (2011). Consequences of climate change for ecosystems and ecosystem services in the tropical Andes. En: *Climate change and biodiversity in tropical Andes*. MacArthur Foundation, Inter-American Institute for Global Change Research (IAI), Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE). 1-5 p.
- Becking M. (2004). Sistema microregional de conservación Podocarpus. Imprenta Monsalve Moreno. Loja- Ecuador. 151 p.
- Bruner A. G., Gullison R. R., Rice R. E., da Fonseca G. A. (2001). Effectiveness of parks in protecting tropical biodiversity. *Science* 291 (125): 125-128 p.
- Brunschön C., H. Behling. (2009). Late Quaternary vegetation, fire and climate history reconstructed from two cores at Cerro Toledo, Podocarpus National Park, southeastern Ecuadorian Andes. *Quaternary Research* 72: 388–399 p.
- Bunnell F. L., D. F. Fraser, A. P. Harcombe. (2009). Increasing effectiveness of conservation decisions. *Natural Areas Journal*, 29(1): 79-90 p.
- Bush M. B. (2002). Distributional change and conservation on the Andean flank: a palaeoecological perspective. *Global Ecology & Biogeography* 11: 463–473 p.

- Buytaert W., F. Cuesta-Camacho, C. Tobón. (2011). Potential impacts of climate change on the environmental services of humid tropical alpine regions. *Global Ecology and Biogeography*, 20: 19 – 33 p.
- Célleri R., J. Feyen. (2009). The hydrology of tropical Andean ecosystems: importance, knowledge status, and perspectives. *Mountain Research and Development* 29(4): 350-355 p.
- CINFA (Centro Integrado de Geomática Ambiental), Herbario LOJA, Carrera de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional de Loja. (2006). Estado de conservación de áreas protegidas y bosques protectores de Loja y Zamora Chinchipe y perspectivas de intervención.
- Clark S. G., D. N. Cherney, M. S. Ashton. (2009). Development and environmental challenges, Podocarpus National Park, Ecuador. *Journal of Sustainable Forestry*, 28 (6): 597-613 p.
- Gottfried M., H. Pauli, A. Futschik. M. Akhalkatsi, P. Barancok, J. L. Benito Alonso, G. Coldea, J. Dick, B. Erschbamer, M. R. Fernández Calzado, G. Kazakis, J. Krajc, P. Larsson, M. Mallaun, O. Michelsen, D. Moiseev, P. Moiseev, U. Molau, A. Merzouki, L. Nagy, G. Nakhutsrishvili, B. Pedersen, G. Pelino, M. Puscas, G. Rossi, A. Stanisci, J.P.Theurillat, M. Tomaselli, L. Villar, P. Vittoz, I. Vogiatzakis, G. Grabherr. (2012). Continent-wide response of mountain vegetation to climate change. *Nature Climate Change*. 2: 111-115 p.
- Hannah L., G. F. Midgley, D. Millar. (2002). Climate change-integrated conservation strategies. *Global Ecology & Biogeography* 11: 485-495 p.
- Hayes T. M., E. Ostrom. (2005). Conserving the world's forests: are protected areas the only way?. *Indiana Law Review*. 38: 595-617 p.
- Hayes T. M. (2006). Parks, people, and forest protection: An institutional assessment of the effectiveness of protected areas. *World Development*. 34 (12): 2064-2075 p.
- Herbario LOJA. (2000). Diagnóstico de la vegetación natural y de la intervención humana en los páramos del Parque Nacional Podocarpus. Programa Podocarpus. 61 p.

- Hofstede R., R. Coppus, P. Mena Vásconez, P. Segarra, J. Wolf, J. Sevink. (2002). El estado de conservación de los páramos de pajonal en el Ecuador. *Ecotropicos* 15(1): 3-18 p.
- Hofstede R., P. Segarra, P. Mena. (2003). Los páramos del mundo. Proyecto Atlas Mundial de los Páramos. Global Peatland Initiative/NC-IUCN/EcoCiencia. Quito, Ecuador. 297 p.
- Jansen D. (1973). Rate of regeneration after a tropical high elevation fire. *Biotropica* 5 (2): 117-122 p.
- Keating P. L. (1998). Effects of anthropogenic disturbances on paramo vegetation in Podocarpus National Park, Ecuador. *Physical Geography* 19 (3): 221-238 p.
- Keating P. L. (2000). Chronically disturbed paramo vegetation at a site in Southern Ecuador. *Journal of the Torrey Botanical Society* 127 (2): 162-171 p.
- Lambin E. F., P. Meyfroidt. (2010). Land use transitions: Socio-ecological feedback versus socio-economic change. *Land Use Policy* 27: 108–118 p.
- Londoño C., A. Cleef, S. Madriñán. (2014). Angiosperm flora and biogeography of the páramo region of Colombia, Northern Andes. *Flora*. 7 p.
- Master L. L., D. Faber-Langendoen, R. Bittman, G. A. Hammerson, B. Heide, L. Ramsay, K. Snow, A. Teucher, A. Tomaino. (2012). NatureServe Conservation Status Assessments: Factors for Evaluating Species and Ecosystem Risk. NatureServe, Arlington, VA. 64 p.
- Nagendra H. (2008). Do parks work? Impact of protected areas on land cover clearing. *A Journal of the Human Environment*. 37 (5): 330-337 p.
- Naughton-Treves L., N. Alvarez-Berrios, K. Brandon, A. Bruner, M. Buck Holland, C. Ponce, M. Saenz, L. Suarez, A. Treves. (2006). Expanding protected areas and incorporating human resource use: a study of 15 forest parks in Ecuador and Peru. *Sustainability: Science, Practice, & Policy* 2 (2): 32-44 p.

- Nelson E., S. Polasky, D. J. Lewis, A. J. Plantinga, E. Lonsdorf, D. White, D. Bael, J. J. Lawler. (2008). Efficiency of incentives to jointly increase carbon sequestration and species conservation on a landscape. *PNAS* 105 (28): 9471-9476 p.
- Olson D. M., E. Dinerstein. (1998). The Global 200: A representation approach to conserving the earth's most biologically valuable ecoregions. *Conservation Biology* 12 (3): 502-515 p.
- Possingham H. P., S. J. Andelman, M. A. Burgman, R. A. Medellín, L. L. Master, D. A. Keith. (2002). Limits to the use of threatened species lists. *Trends in Ecology & Evolution* 17 (11): 503-507 p.
- Riahi K., S. Rao, V. Krey, C. Cho, V. Chirkov, G. Fischer, G. Kindermann, N. Nakicenovic, P. Rafaj. (2011). RCP 8.5 A scenario of comparatively high greenhouse gas emissions. *Climatic Change* 109: 33-57 p.
- Sandifer P. A., A. E. Sutton-Grier, B. P. Ward. (2015). Exploring connections among nature, biodiversity, ecosystem services, and human health and well-being. *Ecosystem Services* 12: 1-15 p.
- Sekercioglu C. H. (2011). Ecosystem functions and services. En: Sodhi N. S., Ehrlich P. R. *Conservation biology for all*. Oxford University Press. New York, United States. 344 p.
- van Vuuren D., J. Edmonds, M. Kainuma, K. Riahi, N. Nakicenovic, S. Smith y S. Rose. (2011). The representative concentration pathways: an overview. *Climatic Change* 109: 5-31 p.
- Wayne G.P. (2013). *The beginners's guide to representative concentration pathways*. Skeptical Science.

# ANEXOS

## Anexo 1. Valoración del estado de conservación de la cima A (CIA) del Parque Nacional Podocarpus.

Criterio/Indicadores	Valor de importancia del indicador	Valor ponderado (%)	Valor de campo	Valor del estado de conservación (%)
<b>Estructura del ecosistema</b>				<b>32,9</b>
Cobertura de plantas vasculares de la cima (%)	3	7,9	4	7,9
Tamaño de población de 10 especies representativas de la cima (# individuos)	1	2,6	2	1,3
Ocurrencia de las 10 especies más frecuentes en la cima (%)	3	7,9	4	7,9
Riqueza florística de la cima (# de especies)	3	7,9	4	7,9
Diversidad alfa de la cima calculada con el índice Shannon-Wiener (%)	3	7,9	4	7,9
<b>Salud de la biodiversidad</b>				<b>22,4</b>
Apariencia de los estratos arbustivo y herbáceo de la cima	3	7,9	4	7,9
Cobertura de especies representativas de flora (%)	1	2,6	2	1,3
Cobertura de briofitos (%)	2	5,3	3	3,9
Grosor de la capa de hojarasca (cm)	1	2,6	2	1,3
Número de especies endémicas en la cima	2	5,3	3	3,9
Pisoteo por actividades turísticas (%)	2	5,3	3	3,9
<b>Interés social en protección de servicios ecosistémicos</b>				<b>19,7</b>
Número de iniciativas para conservar ecosistemas de importancia hídrica	3	7,9	4	7,9
Ecoturismo	3	7,9	4	7,9
# de acuerdos sociales y/o legales de conservación	2	5,3	3	3,9
<b>Participación institucional</b>				<b>13,2</b>
Gobierno nacional	1	2,6	2	1,3
Gobierno provincial	2	5,3	3	3,9
Gobierno local	3	7,9	4	7,9
<b>Sumatoria del valor de importancia de todos los indicadores</b>	<b>38</b>			
<b>Estado de conservación ideal</b>				<b>100,0</b>
<b>Estado de conservación alcanzado</b>				<b>88,2</b>

## Anexo 2. Valoración del estado de conservación de la cima B (CIB) del Parque Nacional Podocarpus.

Criterio/Indicadores	Valor de importancia del indicador	Valor ponderado (%)	Valor de campo	Valor del estado de conservación (%)
<b>Estructura del ecosistema</b>				<b>37,5</b>
Cobertura de plantas vasculares de cada cima (%)	3	7,5	4	7,5
Tamaño de población de 10 especies representativas de cada cima (# individuos)	3	7,5	4	7,5
Ocurrencia de las 10 especies más frecuentes en cada cima (%)	3	7,5	4	7,5
Riqueza florística de cada cima (# de especies)	3	7,5	4	7,5
Diversidad alfa de cada cima calculada con el índice Shannon-Wiener (%)	3	7,5	4	7,5
<b>Salud de la biodiversidad</b>				<b>21,3</b>
Apariencia de los estratos arbustivo y herbáceo de la cima	3	7,5	4	7,5
Cobertura de especies representativas de flora (%)	1	2,5	2	1,25
Cobertura de briofitos (%)	2	5	3	3,75
Grosor de la capa de hojarasca (cm)	1	2,5	2	1,25
Número de especies endémicas en la cima	2	5	3	3,75
Pisoteo por actividades turísticas (%)	2	5	3	3,75
<b>Interés social en protección por servicios ecosistémicos</b>				<b>18,8</b>
Número de iniciativas para conservar ecosistemas de importancia hídrica	3	7,5	4	7,5
Ecoturismo	3	7,5	4	7,5
# de acuerdos sociales y/o legales de conservación	2	5	3	3,75
<b>Participación institucional</b>				<b>12,5</b>
Gobierno nacional	1	2,5	2	1,25
Gobierno provincial	2	5	3	3,75
Gobierno local	3	7,5	4	7,5
<b>Sumatoria del valor de importancia de todos los indicadores</b>				<b>40</b>
<b>Estado de conservación ideal</b>				<b>100,0</b>
<b>Estado de conservación alcanzado</b>				<b>90,0</b>

### Anexo 3. Valoración del estado de conservación de la cima C (CIC) del Parque Nacional Podocarpus.

Criterio/Indicadores	Valor de importancia del indicador	Valor ponderado (%)	Valor de campo	Valor del estado de conservación (%)
<b>Estructura del ecosistema</b>				<b>34,6</b>
Cobertura de plantas vasculares de cada cima (%)	3	7,7	4	7,7
Tamaño de población de 10 especies representativas de cada cima (# individuos)	2	5,1	3	3,8
Ocurrencia de las 10 especies más frecuentes en cada cima (%)	3	7,7	4	7,7
Riqueza florística de cada cima (# de especies)	3	7,7	4	7,7
Diversidad alfa de cada cima calculada con el índice Shannon-Wiener (%)	3	7,7	4	7,7
<b>Salud de la biodiversidad</b>				<b>21,8</b>
Apariencia de los estratos arbustivo y herbáceo de la cima	3	7,7	4	7,7
Cobertura de especies representativas de flora (%)	1	2,6	2	1,3
Cobertura de briofitos (%)	2	5,1	3	3,8
Grosor de la capa de hojarasca (cm)	1	2,6	2	1,3
Número de especies endémicas en la cima	2	5,1	3	3,8
Pisoteo por actividades turísticas (%)	2	5,1	3	3,8
<b>Interés social en protección por servicios ecosistémicos</b>				<b>19,2</b>
Número de iniciativas para conservar ecosistemas de importancia hídrica	3	7,7	4	7,7
Ecoturismo	3	7,7	4	7,7
# de acuerdos sociales y/o legales de conservación	2	5,1	3	3,8
<b>Participación institucional</b>				<b>12,8</b>
Gobierno nacional	1	2,6	2	1,3
Gobierno provincial	2	5,1	3	3,8
Gobierno local	3	7,7	4	7,7
<b>Sumatoria del valor de importancia de todos los indicadores</b>	<b>39</b>			
<b>Estado de conservación ideal</b>				<b>100</b>
<b>Estado de conservación alcanzado</b>				<b>88,5</b>



Equipo de investigadores de la Universidad Nacional de Loja. Fotografía: Patricio Guzmán





# PARTE V GOBERNANZA DEL CAMBIO CLIMÁTICO

## Mapeo de actores del Parque Nacional Podocarpus: implicaciones para el monitoreo de la biodiversidad

Jaime Santin<sup>1,2,\*</sup>, Eduardo Rengel<sup>3</sup>, Johvana Aguirre<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Programa Investigación: Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. Universidad Nacional de Loja. Loja. Ecuador. [jaime.santin@unl.edu.ec](mailto:jaime.santin@unl.edu.ec)

<sup>2</sup> Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente. Universidad Nacional de Loja. Loja. Ecuador.

<sup>3</sup>Gobierno Autónomo Municipal de Loja. Ecuador

<sup>4</sup>Carrera en Administración Pública. Universidad Nacional de Loja. Ecuador.

\*Autor para correspondencia: [jaime.santin@unl.edu.ec](mailto:jaime.santin@unl.edu.ec)

### Introducción

El Parque Nacional Podocarpus (PNP), fue creado mediante Acuerdo Ministerial N° 398 de diciembre 15 de 1982, tiene una extensión de 144 993 ha, forma parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, se encuentra situado en las provincias de Loja y Zamora Chinchipe (MAE, 2015). Es un área protegida que incluye dos provincias, cuatro cantones, 12 parroquias rurales y urbanas y alrededor de 90 comunidades, tiene gran número de actores con intereses propios y asociativos, enfocados hacia alguna actividad económica y práctica social que requieren ser analizados y entendidos para la toma de decisiones.

El Parque Nacional Podocarpus es considerado como ecosistema megadiverso de montaña. Beck *et al.* (2008) y Brunschön & Behling (2009) muestran que la intervención antropogénica hacia el parque se viene dando muchos años atrás puesto que algunos sectores fueron afectados por incendios, dando lugar a ecosistemas de origen antropogénico. Estos sitios principalmente se localizan en zonas de fácil accesibilidad y atractivas para agricultura o ganadería. Actualmente, así como existen intentos en conservar el área protegida también hay intereses por la minería, madera, expansión agrícola y ganadera, que son los principales problemas que afectan al parque (Ecopar y Ecociencia, 2014). Ante ello, es importante contar con un mapeo de actores del Parque Nacional Podocarpus que permita a los tomadores de

decisiones conocer quiénes están directamente involucrados en el manejo y conservación del parque, con el fin de desarrollar propuestas integrales que involucren a todos los interesados y que estén enfocadas hacia un manejo sostenible de esta área.

El mapeo de actores además de identificar con quienes hay que trabajar, da una noción del profundo conocimiento que poseen las etnias que habitan el área y de su interacción con la biodiversidad del sitio, aspectos que son cruciales para la utilización sustentable y la conservación de la montañas tropicales (Pohle, 2008). Estudios sobre el mapeo de actores en otras zonas como por ejemplo el Parque Nacional Machalilla, han permitido conocer quienes habitan en el área de reserva y zonas de amortiguamiento, identificando los grupos, redes sociales y potenciales sinergias sobre las que puedan apoyar las estrategias de conservación (USAID, 2011). Tapella (2007) indican que el mapeo de actores está siendo cada vez más utilizado como herramienta de diagnóstico y gestión de proyectos, ante ello, es relevante contar con la identificación de los actuales actores que deben estar contemplados como principales entes en la toma de decisiones, especialmente cuando los objetivos son de conservación.

Este documento busca sintetizar los diferentes grupos sociales y su influencia directa o indirecta hacia el Parque Nacional Podocarpus. Para ello, se realiza un mapeo de actores considerando aquellos pertenecientes al sector público, sector privado, organizaciones no gubernamentales, y la cooperación internacional. Para cada uno de estos grupos se hace una descripción y análisis de las interacciones que se han establecido para el manejo de la biodiversidad y cómo se ha presentado el aporte de los mismos. Este estudio documenta las barreras, oportunidades y agentes positivos de cambio. La identificación de los niveles de socialización entre grupos permite contar con una visión sobre la institucionalidad y factibilidad de la implementación de medidas; mientras que los aspectos de orden socio-económico definen las estrategias viables de adaptación que combinen el conocimiento ancestral, las condiciones locales de vida y el fortalecimiento de capacidades locales en comunidades y ecosistemas vulnerables.

## Institucionalidad de la Zona de Planificación Siete (ZP7) relacionada con la biodiversidad del Parque Nacional Podocarpus (PNP)

En un enfoque administrativo, de planificación, conservación y protección del Parque Nacional Podocarpus, existen varias instituciones cuya sede es Loja y que son trascendentales en la toma de decisiones sobre el manejo del parque; tales como la Secretaría de Planificación y Desarrollo (SENPLADES), y la Coordinación Regional y Dirección Provincial del Ministerio del Ambiente (MAE) que permiten la vinculación directa y coordinación de los procesos zonales y provinciales en el manejo del PNP.

Para un mejor entendimiento se hace una diferenciación de actores directos e indirectos del PNP. Actores directos son los que están estrechamente vinculados al PNP y que están involucradas en la toma de decisiones y establecimiento de políticas de conservación y protección del parque; estos actores lo conforman representantes del sector público, privado, organizaciones no gubernamentales locales (ONGs) y la cooperación internacional. Actores indirectos son los que están vinculados de forma indirecta al parque y, podrían ser o no tomadores de decisiones, pueden ser miembros del sector público, privado, organizaciones no gubernamentales locales (ONGs) y la cooperación internacional. En la Figura 1 se resume el mapa de actores del PNP.



Figura 1. Actores directos e indirectos del Parque Nacional Podocarpus.

Los actores que conforman el sector público son entidades estatales vinculadas a la conservación y protección del parque, sus competencias varían de acuerdo a la entidad que representan y se conforman por ministerios, secretarías, oficinas zonales y provinciales. Los actores privados constituyen las poblaciones que viven en la zona de amortiguamiento del PNP y que su influencia es casi directa al parque; constituyen las comunidades que viven alrededor del parque, las entidades dedicadas al turismo, establecimientos educativos privados, sector maderero, minero, asociaciones. Los actores que conforman las ONGs incluyen a organizaciones, fundaciones, corporaciones y entidades internacionales de cooperación.

### **Actores directos del sector público y su influencia en el PNP**

Los actores directos se describen en orden de importancia e influencia directa hacia el parque, se identifican los siguientes:

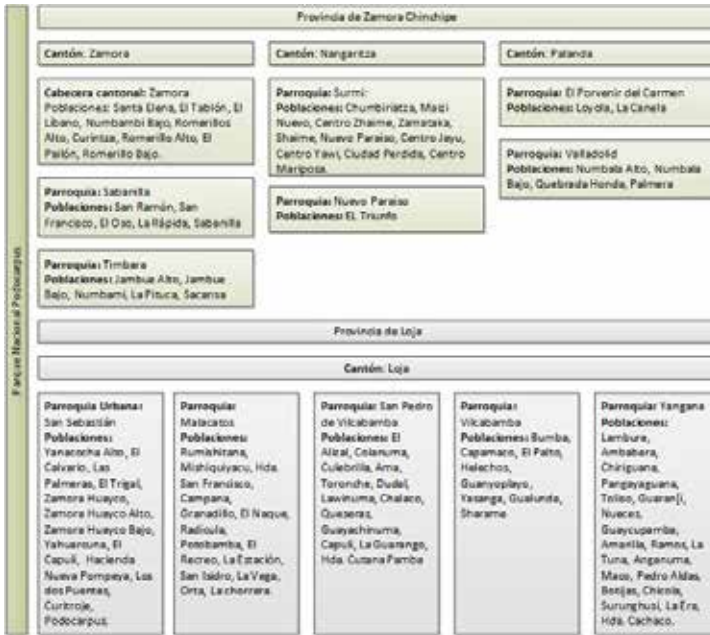
**Ministerio del Ambiente (MAE).**- institución pública encargada de la política ambiental nacional, funge como autoridad ambiental, ejerce el rol rector de la gestión ambiental. En su estructura funcional cuenta con la Subsecretaría de Patrimonio Natural, la cual a través de sus direcciones tiene como objetivo promover acciones en favor de la conservación de los recursos naturales y procuran alcanzar el desarrollo sostenible. Sus acciones en el PNP se concretan en manejar, planificar, mantener y conservar del área núcleo en coordinación con otras entidades gubernamentales, organizaciones y la comunidad (MAE, 2015)

### **Gobiernos autónomos descentralizados (GAD)**

- **Provinciales de Loja y Zamora Chinchipe.**- encargados del fomento productivo, la gestión ambiental provincial, obras en cuencas y microcuencas, el riego, desarrollo turístico, con énfasis en el manejo integrado de las cuencas hidrográficas. Para las dos provincias hay que resaltar que la importancia del Parque Nacional Podocarpus radica en la generación de agua para consumo humano y riego. Varias actividades que involucran a los GADs provinciales son: calidad ambiental, cuencas hidrográficas, manejo de bosques, conservación y educación ambiental (GPZC, 2015; Gobierno Provincial de Loja, 2015).
- **Municipales de Loja, Nangaritza, Zamora y Chinchipe.**- las competencias en las que los GADM tienen estrecha relación con el PNP es

a través de la regulación del uso del suelo, dotación de servicios públicos, saneamiento ambiental, creación de tasas, tarifas o contribuciones especiales para obras en su jurisdicción; preservar el patrimonio natural y cultural, regular el uso de lechos de ríos, lagos y lagunas; además, regular la explotación de materiales áridos y pétreos (Asamblea Nacional, 2011). Los GADM tienen interés en la conservación de los ecosistemas proveedores de agua que están inmersos en el parque. Las implicaciones de los GADM son a través de la gestión de las microcuencas en la zona de amortiguamiento del PNP, debido a que éstas han sido afectadas por la deforestación, ganadería e incendios forestales que producen contaminación y presencia de sedimentos en el agua.

- **Parroquiales de Loja y Zamora Chinchipe.-** gobiernos locales que representan diariamente a los actores más cercanos y que por su asentamiento en la zona de amortiguamiento se interrelacionan frecuentemente con el parque. Las competencias son incentivar la conservación de la biodiversidad y la protección del ambiente. Sus funciones están directamente ligadas con las poblaciones locales de las parroquias más cercanas las cuales se benefician de bienes y servicios ambientales del PNP (agua, suelo fértil, estabilidad del clima, productos forestales no maderables, turismo) (Asamblea Nacional, 2011). En la Figura 2, se describe las parroquias y comunidades adyacentes al PNP



**Figura 2.** Provincias, cantones, parroquias y comunidades adyacentes al PNP.

**Fuente:** (MAE, 2004)

### Actores indirectos del sector público y su influencia en el PNP

Tipo de actores	Alcance	Función	Intereses
Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA) (Secretaría del Agua, 2015).	Política y control de los recursos hídricos en el PNP	Regulación de procesos en las fuentes de agua	Manejo de las fuentes abastecedoras de las estribaciones orientales
Ministerio de Turismo (MINTUR) (Ministerio de Turismo, 2015).	Fomento y control de actividad turística en el parque y su ZA	Manejo de la política de turismo nacional	Promoción y difusión de los atractivos del PNP
Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia y Tecnología (SENESCYT) (Senescyt, 2015)	Ejerce la rectoría de la política pública de educación superior en el país	Fortalecimiento académico, productivo y social	A través de la investigación vincular el PNP con la academia en proyectos de investigación

Tipo de actores	Alcance	Función	Intereses
Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) (MAGAP, 2015)	Regula, norma, facilita, controla y evalúa la gestión agrícola, ganadera, acuícola y pesquera	Promover acciones para el desarrollo rural, crecimiento sostenible de la producción y productividad	Disminución de conflictos entre colonos y el parque en frentes críticos como el suroccidental
Universidad Nacional de Loja (UNL) (CITIAB, 2015)	Fomento de la investigación local y la vinculación con la comunidad	Educación superior y manejo de proyectos de investigación científica a través del Programas a largo plazo	Aporte académico y transferencia de conocimientos para aplicación en diferentes ámbitos

### Actores directos del sector privado y su influencia en el PNP

A este grupo de actores se reunió como sector con el objeto de explicar que representan a los individuos que trabajan de forma informal, sin vinculación a organización alguna, y si están asociados es de manera no legal. Los principales se presentan a continuación.

Tipo de actores	Alcance	Función	Intereses
Sector Minero Artesanal	Actividades mineras por cuenta propia	No son asociaciones reconocidas legalmente, sino grupo de personas que cuyas actividades causan contaminación que producen impactos ambientales significativos.	Extracción de metales preciosos de forma artesanal
Sector Maderero (extracción selectiva a pequeña escala)	Se ubican en las partes altas sobre los 2 800 msnm	Realizan gran presión de las formaciones vegetales naturales de tipo arbóreo y arbustivo.	Extracción de vegetación para leña, conversión de uso de la vegetación natural



<b>Tipo de actores</b>	<b>Alcance</b>	<b>Función</b>	<b>Intereses</b>
Sector Agrícola	La superficie de las – UPA*, que están insertas en el PNP son de 4 960 ha, de las cuales el 23,2 % han sido establecidas con pasto, el 0,2 %, sembradas con cultivos, y, el 76,6 % se mantiene conservadas.	Presión por los sistemas de producción extensiva y agricultura migratoria en la parte media y alta de la vertiente occidental entre las poblaciones de Loja y Yangana. Similar se observa en los sectores de Zamora y la cuenca del río Jambué.	Expansión agrícola, tala progresiva.
Sector Ganadero	Se presentan de manera diferente, dependiendo de los limitantes físicos del medio natural y/o por factores humanos como el demográfico	Los impactos de la ganadería se evidencian en los suelos cercanos a laderas de ríos y cuencas hídricas por erosión y contaminación a las fuentes hídricas.	Ganadería extensiva y ampliación hacia los límites del parque.
Sector Turístico	Ecoturismo por visitantes locales, nacionales e internacionales.	Se utiliza al parque para actividades con estudiantes, turismo local y externo y además, varias operadoras de turismo realizan actividades de turismo dentro y alrededor del parque.	Pobladores de Loja y Zamora con mayor interés por visitar el parque con fines de turismo de aventura.

Fuente: (Ecociencia y Ecopar, 2014) \* Unidades Productivas Agropecuarias

### **Actores indirectos del sector privado**

Entre estos actores se destacan los que se benefician de manera indirecta del PNP. En este grupo se clasifica a las asociaciones, federaciones, cámaras y centros de educación básica y superiores. Se distinguen las siguientes: La Federación Interprovincial de Centros Shuar (FICSH) y Federación Shuar de la provincia de Zamora Chinchipe (FEPNASH), cuyos territorios están en la zona de amortiguamiento del lado suroccidental del PNP y corresponden al pueblo Shuar. Esto se confirma con lo descrito por Ramsay (2008), alrededor del parque se encuentran importantes asentamientos de comunidades Shuar y Saraguros y ante ello, se suma la importancia que este pueblo organizado tendría en el futuro hacia el PNP (Ecopar; Ecociencia,

2014). La Asociación de Pequeños Exportadores Orgánicos de la Amazonía Sur del Ecuador (APEOSAE).- organización creada con el fin de apoyar a sus asociados en proyectos con los que genera valor agregado a productos agrícolas tradicionales. La importancia de esta asociación es que reduce la presión al parque a través de la promoción de cultivos mejorados, sistemas agroforestales, la producción orgánica y un precio justo que viene posesionándose en el mercado internacional (Ecociencia y Ecopar, 2014). Contribuyendo a mejorar la calidad de vida de las personas que forman parte de la asociación y las de su entorno.

**Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL).**- oferta la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental enfocada a la conservación del ambiente y ha creado el Observatorio de Conflictos Socio-ambientales en su estructura. Su interés está dirigido en el PNP porque se constituye en un espacio para la investigación y la información generada puede ser útil para la gestión del área. En el año 2007 la UTPL implementó el proyecto “Desarrollo e Implementación de un Sistema de monitoreo y evaluación para el Parque Nacional Podocarpus (PNP)”, en el que intervino el Instituto de Ecología de la UTPL, el Ministerio del Ambiente-Dirección Provincial Loja y CIMA-Perú (Centro de Conservación, Investigación y Manejo de Áreas Naturales) el proyecto tuvo por objetivo proporcionar una herramienta rápida y visual que mida los éxitos o las falencias en los objetivos de conservación del Parque Nacional Podocarpus (UTPL, 2007).

Existen otras entidades con un potencial organizativo que deben considerarse, entre ellas están las Cámaras de Turismo de Loja y Zamora, las escuelas, colegios, institutos, que son actores secundarios que de una manera u otra se involucran con el parque.

### **Actores de las Organizaciones No Gubernamentales (ONGs)**

Se consideran las ONGs locales que han estado directa e indirectamente relacionadas con el parque. Entre las más importantes se destacan: El Fondo Regional del Agua (FORAGUA), cuyo interés y vinculación al PNP se da por las cuencas altas que proveen de agua para los municipios adscritos. Esta entidad se constituyó para la conservación, protección y recuperación de los servicios ambientales y biodiversidad de los ecosistemas frágiles y amenazados de las provincias de Loja, El Oro y Zamora Chinchipe. Este mecanismo asegura que los recursos locales e internacionales sean invertidos efectivamente, mejorando paulatinamente la calidad y cantidad

de agua para los habitantes de la región y a la vez, protegiendo la riqueza natural del sur del Ecuador (FORAGUA, 2015).

Naturaleza y Cultura Internacional (NCI), desarrolla procesos de conservación vinculados al desarrollo social, planteados en base a las prioridades de comunidades y gobiernos, creando una relación de cooperación. Han trabajado en biocomercio, servicios ambientales, turismo comunitario, conservación de cuencas hídricas, apoyo a los gobiernos municipales en la creación de reservas municipales, mancomunidades, proyectos productivos. Le interesa el PNP como un área de conectividad que sustente las iniciativas de conservación que lleva a cabo en la región, además, es un actor que trabaja en la región, impulsando el programa: Protegiendo las Fuentes de Agua en el sur de Ecuador con el cual, se podrían articular actividades que respondan al plan de manejo propuesto (NCI, 2015).

La Fundación Ecológica Arcoiris trabaja en el sur del Ecuador, siendo su sede la ciudad de Loja. Sus objetivos son el apoyo a la conservación de los bosques tropicales amazónicos del sur del Ecuador, manteniendo la funcionalidad ecosistémica y asegurando así la viabilidad de especies de flora y fauna presentes en la región, respetando la identidad cultural de los pueblos y comunidades locales. Han realizado estudios dentro del PNP y su zona de influencia. Cuenta con información sistematizada del PNP. Están trabajando en el territorio Shuar, con relevancia estratégica, mantiene la funcionalidad de los ecosistemas, especialmente del PNP con la Cordillera del Cóndor (Arcoiris, 2015).

La Fundación Colinas Verdes, ha venido apoyando al desarrollo de alternativas sostenibles productivas en microcuencas abastecedoras de agua y áreas naturales clave, frente al uso tradicional de los recursos naturales renovables, mediante proyectos que integren aspectos sociales, ecológicos y económicos. Contribuyen a la disminución del deterioro ambiental, mediante acciones conducentes a la concienciación de la población. La sede está en la parroquia San Pedro de Vilcabamba y su rango de acción incluye la zona de amortiguamiento del PNP (FCV, 2015)

## Actores de la Cooperación Internacional

Han desempeñado un papel importante en el apoyo con recursos de cooperación (Castillo, 2008). Estos actores han sido un pilar desde la declaratoria hasta los planes de manejo actuales del PNP. La vinculación de la cooperación se diferencia en tres categorías: cooperación de recursos económicos, asistencia técnica y fortalecimiento del talento humano; los mismos que apoyan al cumplimiento de los objetivos y proyectos dirigidos al manejo, conservación, protección y/o investigación del Parque Nacional Podocarpus (Ecociencia y Ecopar, 2014).

La cooperación de recursos financieros se ha enfocado en el apoyo a elaboración de planes, programas, proyectos y actividades de investigación, infraestructura y evaluación. Un destacado colaborador lo constituye la Cooperación Financiera Alemana o KfW (Kreditanstalt für Wiederaufbau), son fondos de cooperación bilateral con el Ministerio del Ambiente, que apoya al programa de recuperación de ecosistemas y hábitats para la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de la conectividad; apoya al programa de consolidación de territorios; al programa de apoyo a la gobernanza, fortalecimiento de capacidades en levantamiento y gestión y levantamiento de fondos. Se considera como un actor a la KfW por el convenio con el Ministerio del Ambiente para el plan de manejo del Parque Nacional Podocarpus 2015. El Global Environmental Facility (GEF), en el año 1994 brindó apoyo técnico al Parque Nacional Podocarpus, ayudando con infraestructura, vehículos, capacitación y promoción. La GEF ha sido uno de los principales actores de cooperación bilateral. La Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) a través de Servicio Forestal de Estados Unidos (USFS) en colaboración con la Universidad Nacional de Loja iniciaron un proceso investigativo direccionado a evaluar la vulnerabilidad de los ecosistemas prioritarios de la región sur del Ecuador ante potenciales cambios climáticos. Evaluación que tiene como finalidad identificar las áreas de alto valor ecosistémico y su potencial exposición y susceptibilidad a procesos climáticos que conllevan a su deterioro, así como identificar vacíos específicos de investigación que integren esfuerzos conjuntos que puedan abordarlos.

The Natural Conservancy (TNC) ha apoyado al diseño de corredores de vida silvestre, quienes a través de la Fundación Arcoiris ha diseñado estrategias para establecer corredores biológicos entre el PNP y áreas

protegidas cercanas y así permitir a la flora y fauna a expandir su territorio. Con el apoyo de Conservación Internacional trabajan en varios estudios técnicos para diseñar los corredores biológicos (Conservancy, 2015). Conservación Internacional ha apoyado a la creación del Parque Nacional Yasuni. El parque protege importantes ríos que tienen su origen en ecosistemas nublados y de páramo, lo que incrementa la conectividad entre el PNP en Ecuador y el Santuario Tabaconas Namballe en Perú (Utreras, 2010). Finalmente, la Fundación JOCOTOCO entre sus objetivos persigue la restauración de hábitats, reemplazando las áreas reforestadas con árboles nativos y arbustos. El vínculo con el PNP fue en el apoyo a la declaración del Parque Nacional Yasuni como una extensión de protección del Parque Nacional Podocarpus.

El fortalecimiento del Talento Humano por parte de organismos internacionales tiene una estrecha relación en apoyo indirecto para la conservación y manejo del PNP, por ejemplo la German Academic Exchange Service (DAAD) ha apoyado en conferencias, y el intercambio para estudiantes de Ph.D y el financiamiento de investigaciones de estudiantes alemanes en Ecuador. Un importante paso de colaboración entre la DAAD y el Ecuador fue la aprobación de la reserva de la Podocarpus – Cordillera del Cóndor (TME, 2008). La Fundación Alemana para la Investigación (DFG) coordina la labor de 15 universidades alemanas y cuatro ecuatorianas en la Estación Científica San Francisco. Actualmente es un socio para trabajos de investigación con Naturaleza y Cultura Internacional. La vinculación de esta entidad es a través de la provisión de fondos de investigación en proyectos entre Ecuador y Alemania. Se creó una plataforma de investigación donde se han realizado varios estudios científicos del el Parque Nacional Podocarpus, la plataforma se denomina: Platform for Biodiversity and Ecosystem Monitoring and Research in South Ecuador (DFG, 2015).

Aunque con un efecto indirecto al PNP, algunas entidades internacionales apoyan a la formación de profesionales ya sea a través de intercambio o cursos de entrenamiento que tienen un efecto positivo cuando se trata de conservar y/o manejar la biodiversidad. En muchas ocasiones la Japan International Cooperación Agency (JICA), la Cooperación China, la Embajada de Israel, la Embajada Belga, la Cooperación para el Desarrollo AECID, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y la Articulación Territorial (ARTPNUD), Banco Mundial, El Cuerpo de Paz, el Banco Interamericano de Desarrollo, la Unión Europea, Organización

de Estados Americanos, han colaborado bilateralmente en la formación de profesionales que repercute en la aplicación de lo aprendido en favor del PNP.

### **Procesos desarrollados en la Zona de Planificación Siete (ZP7)**

Desde la creación del Parque Nacional Podocarpus hasta la fecha, se han desarrollado varios procesos de desarrollo enfocados al manejo de los recursos naturales de la región sur del Ecuador. Actualmente, existen algunos procesos, unos activos, otros con poca actividad y otros ya terminados, éstos se resumen en los siguientes:

El Consejo Ambiental Regional (CAR) iniciativa que inició en el 2004 y se constituyó legalmente el 2008, en la actualidad está inactivo. Se creó con el objeto de enfrentar en forma mancomunada la conservación de los recursos que permita garantizar un ambiente sano y socialmente justo. Lo conformaban el GAD Provincial de Loja, Zamora Chinchipe, y El Oro, Municipio de Loja, Municipio de Zamora, Municipio de Piñas, UNL, UTPL, Escuela Superior Politécnica Ecológica Amazónica, Universidad Técnica de Machala, Fundación Ecológica Arcoiris, Asociación Unión de Mujeres Zamoranas, Fundación Ecohumbral y MAE. La labor del CAR se enfocó en la formulación de objetivos, estrategias y líneas de acción, para la Gestión Ambiental de la Región Sur del país en la que se incluye como un objetivo el manejo del PNP (CAR, 2008).

Otro proceso lo constituye el Comité de Cogestión del Programa Podocarpus, luego del cierre del Programa Podocarpus, se dejó sentada una estructura organizativa que tenía como misión el continuar con las acciones de manejo en coordinación con las más de 40 diferentes organizaciones e instituciones que se involucraron en la estructura de cogestión del PNP, las relaciones se dieron a través del desarrollo de diferentes iniciativas de proyectos de conservación y desarrollo así como de investigación. La estructura mantuvo vigencia por unos años, sin embargo, a partir del 2004 fue perdiendo vigencia e interés y en la actualidad no se conoce de su gestión (Becking, 2004).

El Comité de Gestión de la Reserva de Biosfera Podocarpus–El Cónдор.- a partir de la declaración de la reserva de Biosfera Podocarpus–El Cónдор en el año 2007 por parte de la UNESCO, se promueve una estructura organizativa de gestión de la reserva la misma que fue conformada por las

instituciones que están insertas en el territorio con la regencia legal y logística del Ministerio del Ambiente. Este espacio de coordinación busca la gestión participativa de los actores a fin de plantear una estrategia conjunta de lo que debe ser el manejo de la reserva, la misma que alberga en su totalidad al Parque Nacional Podocarpus. Se han planteado líneas estratégicas para la planificación de las acciones a desarrollar, mismas que están enfocadas a la conservación del área núcleo como de los sectores de influencia de la zona de reserva. La estructura del comité de gestión de la reserva está dirigida por el MAE y, las instituciones que la conforman son sus miembros participantes que aportan con ideas y ayudan en la toma de decisiones para el manejo y la proyección del área (Ecociencia y Ecopar, 2014).

Finalmente, el Comité de Bioconocimiento, se crea en el año 2010 nace el llamado “Programa Regional de Conservación de Ecosistemas, Generación de Bioconocimiento y Desarrollo Sostenible de la Industria Basada en los Bienes y Servicios Ecosistémicos para el Buen Vivir”, como resultado de un proceso de construcción social territorial propuesto por los actores de la Zona de Planificación 7, a fin de aportar y convertir al Ecuador en un país exportador de bioconocimiento y servicios ambientales. Este programa constituye un espacio ideal para generar sinergias entre agentes académicos, científicos, técnicos, políticos y productivos en iniciativas estratégicas que contribuyan a la aplicación del Programa Nacional del Buen Vivir. La iniciativa formada por el MAE, SENESCYT, UNL, UTPL, Universidad Técnica de Machala, Naturaleza y Cultura Internacional, Ministerio de la Producción, SENPLADES, entre otros, podría tener gran influencia en la conservación del PNP. Se espera que se retomen actividades ya que su fin es beneficioso para el PNP.

### **Monitoreo de la Biodiversidad del Parque Nacional Podocarpus**

El trabajo organizado de las instituciones y organizaciones constituyen un eje articulador de ideas, que se fundamentan en principios de conservación, manejo, educación e iniciativas en beneficio del Parque Nacional Podocarpus, puesto que se genera información y se gestionan acciones que tiene como una de las metas el monitoreo de la biodiversidad, para luego ser reflejadas en acciones de conservación. Las acciones emprendidas por las instituciones, organizaciones no gubernamentales, la cooperación internacional y la comunidad adyacente al parque han tenido la intención de aportar a la conservación y manejo de la biodiversidad expresada de

diferentes maneras, sin desconocer que existen además intereses contrarios por algunos sectores. Alrededor de la zona núcleo se han desarrollado iniciativas, sin embargo, no todas han logrado el objetivo principal. Las instituciones gubernamentales se ven limitadas por la poca asignación de recursos técnicos y económicos por lo que, en el caso del Parque Nacional Podocarpus, se restringen al mínimo las acciones de asignación de personal y logística para atender una gran superficie, lo que conlleva a que se siga presionando sobre el área protegida. En varios casos con invasiones y pedidos de adjudicación de áreas de terreno dentro del mismo parque, situación que va contra los objetivos de conservación del área.

El rol articulador y protagonista de la autoridad ambiental aún presenta debilidades puesto que no se ha logrado un consenso firme en relación al manejo del área protegida con la participación de todos los actores que desarrollan sus actividades en torno al PNP, sin duda alguna, esto limita las acciones de monitoreo de la biodiversidad y, las implicaciones que conlleva el no tener una propuesta clara de lo que se debe hacer en este sentido en términos específicos de conservación. Por otro lado, las acciones de aprovechamiento de parte de vecinos, colonos, y de grupos o personas dedicadas a la explotación maderera y minera, tiene serias implicaciones en algunos sectores, puesto que esto va directamente en contra de las acciones de conservación y monitoreo de la biodiversidad del PNP. Evidenciándose de esta manera la ausencia de políticas públicas formuladas por parte de los organismos competentes, en relación a este tema.



## Referencias Bibliográficas

- 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. Universidad Nacional de Loja y Servicio Forestal de los Estados Unidos. Loja, Ecuador. 270 p.
- Arcoiris (2015). Fundación Ecológica Arcoiris. Disponible en: <http://www.arcoiris.org.ec/> (Consultado 01.09.2015).
- Asamblea Nacional. (2011). Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD). Quito: Ministerio de Coordinación de la Política y Gobiernos Autónomos Descentralizados. Disponible en: [http://www.ame.gob.ec/ame/pdf/cootad\\_2012.pdf](http://www.ame.gob.ec/ame/pdf/cootad_2012.pdf)
- Becking, M. (2004). Sistema Microrregional de Conservación Podocarpus. Loja.
- Beck E., Bendix J., Kottke I., Makeschin F., Mosandl R. (eds.). (2008). Gradients in a tropical mountain ecosystem of Ecuador. *Ecological Studies*. Berlin, Al. 521 p.
- Brunschön, C., Behling, H. (2009). Late Quaternary vegetation, fire and climate history reconstructed from two cores at Cerro Toledo, Podocarpus National Park, southeastern Ecuadorian Andes. *Quaternary Research*, 72 (3): 388-399 p.
- CAR. (2008). Consejo Ambiental Regional CAR. Loja, Zamora.
- Castillo, J. G., Bustamante M., Castro M. (2008). Plan de sostenibilidad financiera del Parque Nacional Podocarpus. MAE, FAN, CI, IM, CONDESAN, MOORE, ECOCIENCIA. Quito.
- CITIAB (2015). Centro Interdisciplinario Tropical de Investigaciones del Ambiente y la Biodiversidad. Disponible en: [www.citiab.com](http://www.citiab.com)
- DFG (2015). Platform for biodiversity and ecosystem monitoring and research in south Ecuador. Disponible en: <http://www.tropicalmountainforest.org/> (Consultado 14.10.2015)

- Ecociencia y Ecopar (2014). Plan de Manejo del Parque Nacional Podocarpus. Quito.
- FCV (2015). Fundación para la Conservación y Desarrollo Colinas Verdes. Disponible en: <http://www.paramo.org/node/688> (Consultado 29.09.2015).
- FORAGUA (2015). Fondo Regional del Agua. Disponible en: <http://www.foragua.org/?q=node/29>
- Gobierno Provincial de Loja (2015). Gobierno Provincial de Loja. Disponible en: [http://www.prefectura Loja.gob.ec/?page\\_id=3127](http://www.prefectura Loja.gob.ec/?page_id=3127)
- GPZC (2015). Gobierno Provincial de Zamora Chinchipe. Disponible en: [http://www.zamora-chinchipe.gob.ec/index.php?option=com\\_frontpage&Itemid=1](http://www.zamora-chinchipe.gob.ec/index.php?option=com_frontpage&Itemid=1)
- MAE (2004). Plan gerencial del Parque Nacional Podocarpus 2005-2007. Proyecto de fortalecimiento de la gestión ambiental del Ministerio del Ambiente. Loja, Zamora. Disponible en: [http://www.infoandina.org/sites/default/files/publication/files/plan\\_gerencial\\_PODOCARPUS.pdf](http://www.infoandina.org/sites/default/files/publication/files/plan_gerencial_PODOCARPUS.pdf)
- MAE (2015). Ministerio del Ambiente. Disponible en: <http://www.ambiente.gob.ec/parque-nacional-podocarpus/> (Consultado 10.10.2015).
- MAGAP (2015). Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. Disponible en: [www.agricultura.gob.ec](http://www.agricultura.gob.ec)
- NCI (2015). Naturaleza y Cultura Internacional. Disponible en: <http://www.naturalezaycultura.org/> (Consultado 01.09.2015).
- Pohle, P. (2008). The people settled around Podocarpus National Park. En: Beck E., Bendix J., Kottke I., Makeschin F., Mosandl R. (eds.). (2008). Gradients in a tropical mountain ecosystem of Ecuador. Ecological Studies. Berlin, Al. 25-36 p.
- Secretaría Nacional del Agua (2015). Secretaría del Agua. Disponible en: <http://www.agua.gob.ec/programas-y-servicios/> (Consultado 29.09.2015).
- Senescyt (2015). Secretaría de Educación Superior, Ciencia y Tecnología. Disponible en: [www.educacion superior.gob.ec](http://www.educacion superior.gob.ec)

- Tapella, E. (2007). El mapeo de actores claves. Universidad Nacional de Córdoba, 1-18 p.
- The Nature Conservancy (2015). Ecuador. Podocarpus National Park. Disponible en: <http://www.nature.org/ourinitiatives/regions/southamerica/ecuador/explore/podocarpus.xml> (Consultado 10.01.2015)
- TME. (2008). Biodiversity and Sustainable Management of a Megadiverse Mountain Ecosystem in Southern Ecuador. *Science News* 1–12 p.
- USAID. (2011). Informe técnico: Mapeo de actores del Parque Nacional Machalilla.
- UTPL. (2007). UTPL y su aporte a la conservación de la Reserva de Biósfera Podocarpus-El Cóndor. Disponible en: <http://www.utpl.edu.ec/comunicacion/utpl-y-su-aporte-a-la-conservacion-de-la-reserva-de-biosfera-podocarpus-el-condor/> (Consultado 15.10.2015).
- Utreras, E. (2010). Yacuri National Park. Disponible en: <http://blog.conservation.org/2010/02/yacuri-national-park/>



Flanco oriental de los páramos del Parque Nacional Podocarpus. Ecuador.  
Fotografía: Nikolay Aguirre



## **Síntesis de las perspectivas e implicaciones del monitoreo de la biodiversidad en los páramos del Ecuador**

**Nikolay Aguirre<sup>1,2\*</sup> y Tatiana Ojeda-Luna<sup>1,2</sup>**

Programa de Investigación en Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos.  
Universidad Nacional de Loja  
Carrera de Ingeniería Forestal. Universidad Nacional de Loja

Autor para correspondencia: [nikolay.aguirre@unl.edu.ec](mailto:nikolay.aguirre@unl.edu.ec)

Los páramos son ecosistemas altamente importantes por albergar no solo una alta biodiversidad, sino por ser los centros con más endemismo a nivel de las altas montañas del mundo. Además, su rol en la provisión del recurso hídrico para consumo humano para millones de personas en Ecuador y los Andes; así como, su belleza paisajística y cultural son elementos que hacen de estos ambientes únicos en el planeta. No obstante, también están considerados como ecosistemas altamente frágiles ante cualquier perturbación. En este sentido entender a fondo el funcionamiento de estos sistemas biológicos permite proponer estrategias efectivas para su gestión.

Precisamente en esta publicación se sistematizan varios estudios generados en uno de los ambientes más especiales del Ecuador, como lo es el páramo de Cajanuma del Parque Nacional Podocarpus. El conocimiento que aquí se difunde no solo que se convierte en la línea de base científica para futuros estudios de investigación y monitoreos continuos; sino también en un mecanismo para entender los procesos funcionales de estos ecosistemas. Esto a su vez permite comprender el rol que pueden jugar los páramos en el entendimiento de los impactos locales del cambio climático en los elementos de su biodiversidad y funcionamiento

A continuación se presenta una síntesis de cinco consideraciones que abordan las principales perspectivas e implicaciones, que se han derivado de un proceso de investigación de más de cinco años en la región sur del Ecuador: (1) gestión del conocimiento local; (2) incremento de las capacidades locales; (3) escenarios permanentes de monitoreo y experimentación; (4) trabajo en redes nacionales e internacionales; (5) incidencia en la generación de instrumentos de gestión. En las secciones siguientes se detalla cada una de estas consideraciones.

## **1. Gestión del conocimiento local**

El entendimiento local sobre la funcionalidad del páramo es aún limitado y más aún cuando hablamos de las respuestas de estos sistemas frente a perturbaciones naturales o antrópicas que deben afrontar a lo largo del tiempo. El conocimiento sobre cómo el cambio climático incidirá en la biodiversidad de los páramos ecuatorianos y del sur del Ecuador es todavía conceptual, evidenciando grandes vacíos debido a la falta de datos empíricos y experimentos en condiciones naturales y controladas. Por ello, el seguimiento *in situ* a largo plazo permite recabar información consistente a escala local orientada a detectar cambios tempranos y comprender los procesos funcionales asociados, para generar predicciones del comportamiento de las especies y diseñar medidas de adaptación para hacer frente a los impactos del cambio climático. Este conocimiento debe ser visto como un insumo de validez científica que apoyará a tomadores de decisiones locales y regionales en la generación de instrumentos de gestión adecuada de la mitigación y adaptación al cambio climático.

Por otro lado, la ejecución de estudios concernientes al cambio climático, sus impactos y consecuencias en la región sur del Ecuador, permitirá que esta zona del país alcance un mayor posicionamiento a nivel local, nacional e internacional entre todos los actores involucrados en este tema. Por ejemplo, a nivel de la comunidad científica existe un interés creciente en desarrollar investigaciones complementarias y construir plataformas de investigación; a nivel académico se usa cada vez con más frecuencia los conocimientos derivados de las investigaciones en programas de formación formal; a nivel de tomadores de decisión la tendencia es proponer políticas basadas en evidencia científica; y a nivel de entes de financiamiento el cambio climático es un tema prioritario a través del cual se pueden canalizar fondos para diferentes fines ligados al tema.

## **2. Fortalecimiento y generación de capacidades locales**

En los cinco primeros años de trabajo investigativo que contempla esta publicación, uno de aspectos más sobresalientes ha sido la participación de un considerable grupo de investigadores locales, motivados por el interés de generar conocimiento científico local y por trabajar en temáticas poco conocidas y de connotaciones globales.

La participación de interesados en la temática ha incluido investigadores con diferentes niveles de experticia, desde egresados de las carreras afines de las universidades locales y nacionales, así como de profesionales que han desarrollado en este esfuerzo sus primeras actividades formales de investigación, hasta investigadores locales nacionales e internacionales con trayectoria. Esta interacción ha permitido la formación de una masa crítica de talentos humanos que están en capacidad de continuar desarrollando estudios y sobre todo con la motivación de traspasar las barreras geográficas nacionales.

### **3. Escenarios permanentes de monitoreo y experimentación**

Con la instalación en el año 2008 de un sitio piloto en el páramo del Parque Nacional Podocarpus y la participación en la iniciativa global para la investigación y el seguimiento de los ambientes alpinos (Red GLORIA por sus siglas en inglés), se inició un proceso de investigación de larga data que se constituyó en el punto de partida para interactuar y formar parte de otras redes de investigación como la Red GLORIA Andes y la Red de Bosques Andinos. Adicionalmente se empezó a consolidar un proceso de monitoreo permanente relacionado a los impactos del cambio climático en la biodiversidad y funcionamiento del páramo del sur del Ecuador. Este proceso deja las bases para realizar réplicas en otras áreas paramunas de la región.

Este escenario de investigación ha permitido: (a) generar información y las bases científicas para evaluar *in situ* los efectos del cambio climático a partir de manifestaciones como cambios en la biodiversidad, desplazamientos, adaptación y extinción de especies; (b) sentar los cimientos para vincular procesos de enseñanza-aprendizaje con estudiantes de carreras afines de las universidades locales, nacionales e internacionales, lo cual ha convertido al escenario de investigación en un laboratorio vivo para la formación de profesionales ligados a la gestión de los recursos naturales renovables; (c) interactuar con otras instituciones locales, nacionales e internacionales no solo para realizar visitas de observación, sino también para desarrollar intercambios de experiencia y nuevos procesos investigativos conjuntos.



#### **4. Trabajo en redes nacionales e internacionales**

Investigaciones que generan resultados que traspasan las fronteras locales, tienen la potencialidad de ser analizadas y usadas por una amplia gama de actores locales, nacionales e internacionales, lo cual ha facilitado trabajos cada vez más colaborativos.

La participación de la Universidad Nacional de Loja en dos de las principales redes de monitoreo *in situ* de los impactos del cambio climático (Red GLORIA, y Red GLORIA Andes), ha facilitado también el interés de otras redes para desarrollar estudios complementarios. Aspectos que no solo posicionan al grupo local de investigación como un referente en el tema en la región, sino también permiten ir llenando los vacíos de información y conocimiento para apoyar especialmente a la gestión de los páramos en el Ecuador.

#### **5. Incidencia en la generación de instrumentos de gestión**

Cada vez, es más evidente el hecho de que el cambio climático dejó de ser un problema científico y se está constituyendo en un asunto multisectorial, donde se observa que los gobiernos en sus diferentes niveles (nacional, regional y local) están incluyendo este tema en sus agendas de trabajo. Muestra de ello es que los actuales Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial están incorporando acciones orientadas a la mitigación y adaptación al cambio climático, puesto que se trata de un problema que afecta seriamente el desarrollo de los territorios y los medios de vida de las poblaciones.

Desde una perspectiva general y con base en evidencias científicas, una de las contribuciones de estos procesos de investigación, consiste en el aporte de conocimiento generado *in situ* sobre las principales características de la biodiversidad de los ecosistemas de páramo y de su rol importante con relación al cambio climático, pues al ser un ecosistema que se ubica en la gradiente más alta permite evaluar migraciones y cambios en patrones estructurales de flora. Esta información se convierte en insumos estratégicos para el desarrollo de mecanismos de adaptación y mitigación al cambio climático en sistemas naturales de páramo.