A vibrant red flower, possibly a species of Andean tulip, is the central focus of the image. It is surrounded by snow and other high-altitude vegetation, including green succulents and thin, brown stalks. The scene is set in a high-altitude, snowy environment, likely in the Andes.

Biodiversidad  
y Cambio  
Climático  
en los Andes  
Tropicales



# Biodiversidad y cambio climático en los Andes Tropicales

---

Conformación de una red de investigación para monitorear  
sus impactos y delinear acciones de adaptación

---

Editores:

Francisco Cuesta, P. Muriel, S. Beck, R.I. Meneses, S. Halloy,  
S. Salgado, E. Ortiz y M.T. Becerra.

---

© 2012, CONDESAN

**Red Andina de Monitoreo del Impacto del Cambio Climático  
sobre la Biodiversidad de Alta Montaña (GLORIA-Andes)**

**Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina – CONDESAN  
(Secretaría Técnica)**

**OFICINA EN LIMA-PERÚ:**

Mayorazgo 217, San Borja Lima 41  
Tel. + 511 6189 400

**OFICINA EN QUITO-ECUADOR:**

Germán Alemán E 12-28 y Juan Ramírez  
Tel. + 593 2 2469073/072

condesan@condesan.org

francisco.cuesta@condesan.org

www.condesan.org

**Editores**

Francisco Cuesta<sup>1</sup>, P. Muriel<sup>2</sup>, S. Beck<sup>3</sup>,  
R.I. Meneses<sup>3</sup>, S. Halloy<sup>4</sup>, S. Salgado<sup>1</sup>,  
E. Ortiz<sup>1</sup> y M.T. Becerra<sup>5</sup>.

<sup>1</sup> Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN)

<sup>2</sup> Herbario QCA, Escuela de Biología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE).

<sup>3</sup> Herbario Nacional de Bolivia (LPB), Instituto de Ecología (IE) Universidad Mayor de San Andrés - Museo Nacional de Historia Natural (MNHN)

<sup>4</sup> The Nature Conservancy, Programa Andes Centrales

<sup>5</sup> Secretaría General de la Comunidad Andina (SG-CAN)

**Créditos de las fotografías:**

Red Andina de Monitoreo GLORIA. Las fotografías incluidas en la ficha descriptiva de cada sitio son de autoría del equipo implementador del sitio.

**Elaboración de mapas**

Edwin Ortiz

**Corrección de texto y estilo**

Adolfo Macías

**Diseño y diagramación**

Verónica Ávila ✉ Activa Diseño Editorial

Se permite la reproducción de este libro para fines no comerciales, siempre y cuando se cite la fuente.

**Por favor citar esta publicación así:**

**Cita del libro:** Cuesta F., P. Muriel, S. Beck, R. I. Meneses, S. Halloy, S. Salgado, E. Ortiz y M.T. Becerra. (Eds.) 2012. 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. Pp 180.

**Cita de un sitio de monitoreo:** Autores. 2012. Nombre completo del sitio de monitoreo. Pp xx-xx.  
En: Cuesta F., P. Muriel, S. Beck, R. I. Meneses, S. Halloy, S. Salgado, E. Ortiz y M.T. Becerra (Eds.). 2012. 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. Pp 180.

La Red GLORIA-Andes tiene por misión el estudio comparativo de los impactos del cambio climático en la biodiversidad de la alta montaña de la región andina, a través de la observación a largo plazo y el trabajo conjunto de sus miembros.

Particularmente, este documento se presenta como el resultado de un trabajo técnico colaborativo de las siguientes personas e instituciones que hacen parte de la Red:

**ARGENTINA**

*Parque Provincial Cumbres Calchaquíes (ARCUC)*

Julieta Carilla, Soledad Cuello, Alfredo Grau & Stephan Halloy  
Instituto de Ecología Regional-Universidad Nacional de Tucumán

**BOLIVIA**

*Área Natural de Manejo Integrado Apolobamba (BOAPL)*

Rosa Isela Meneses, Stephan Beck, Carolina García, Alejandra Domic, Stephan Halloy & Natali Thompson Baldiviezo  
Herbario Nacional de Bolivia (LPB), Convenio Museo Nacional de Historia Natural (MNHN)-Instituto de Ecología (UMSA)

*Parque Nacional Sajama (BOSAJ)*

Stephan Beck, Carolina García, Rosa Isela Meneses, Alejandra Domic, Stephan Halloy & Natali Thompson Baldiviezo  
Herbario Nacional de Bolivia (LPB), Convenio Museo Nacional de Historia Natural (MNHN)-Instituto de Ecología (UMSA)

*Parque Nacional Tuní Condoriri (BOTUC)*

Rosa Isela Meneses, Alejandra Domic, Stephan Beck, Carolina García, Natali Thompson Baldiviezo & Stephan Halloy  
Herbario Nacional de Bolivia (LPB), Convenio Museo Nacional de Historia Natural (MNHN)-Instituto de Ecología (UMSA)

**COLOMBIA**

*Parque Nacional Natural El Cocuy (COCCY)*

Jorge Jácome & Tatiana Menjura

Pontificia Universidad Javeriana, Instituto Alexander von Humboldt (IAvH)

**ECUADOR**

*Reserva Ecológica El Ángel (ECANG)*

Segundo Chimbolema & David Suárez-Duque  
Corporación Grupo Randi Randi

*Complejo Volcánico Pichincha (ECPIC)*

Francisco Cuesta, Silvia Salgado, Francisco Prieto, Sisimac Duchicela & Priscilla Muriel  
CONDESAN & Escuela de Ciencias Biológicas, Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE)

*Parque Nacional Podocarpus (ECPNP)*

Nikolay Aguirre, Tatiana Ojeda, Paul Eguiguren, Lenin Salinas, y Zhofre Aguirre  
Herbario Loja, Universidad Nacional de Loja

**PERÚ**

*Páramos de Pacaipampa (PEPAC)*

Paul Viñas, Paolo Villegas & Erick Hoyos  
Naturaleza y Cultura Internacional (NCI)

*Cordillera de Vilcanota (PESIB)*

Karina Yager, Rosa Isela Meneses, Natali Thompson Baldiviezo, Stephan Halloy, Alfredo Tupayachi, & Stephan Beck  
Colaboración multi-institucional: NASA-GSFC (NASA, Goddard Space Flight Center), Herbario Nacional de Bolivia (Convenio Museo Nacional de Historia Natural-Instituto de Ecología), TNC (The Nature Conservancy), UNSAAC y Sociedad Botánica de Cusco, Perú



# Contenido

---

10	Agradecimientos	
11	Presentación	
12	Prólogo	
13	Foreword	
16	Introducción	
	LOS AMBIENTES TROPICALES ALTO ANDINOS .	16
	PATRONES CLIMÁTICOS EN LOS ANDES: PATRONES ACTUALES, TENDENCIAS OBSERVADAS DE CAMBIOS Y ESCENARIOS FUTUROS .	22
	EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LOS IMPACTOS EN LA FLORA ALTOANDINA .	26
	IMPORTANCIA DEL MONITOREO .	28
	ESTABLECIMIENTO DE UN SISTEMA DE INVESTIGACIÓN A LARGO PLAZO SOBRE BIODIVERSIDAD Y CAMBIOS AMBIENTALES EN LOS ANDES .	30

# 34

## Avances en el establecimiento de la Red Andina de Monitoreo en los Andes Tropicales (GLORIA-Andes)

---

INSTALACIÓN Y MONITOREO DE LOS SITIOS . 34

FORTALECIMIENTO DE LAS COLECCIONES DE REFERENCIA ASOCIADAS A LOS SITIOS DE MONITOREO . 40

INSTITUCIONALIZACIÓN DE LOS SITIOS . 41

FORTALECIMIENTO DE LAS COLECCIONES BOTÁNICAS DE LOS SITIOS DE MONITOREO Y DE SUS HERBARIOS ASOCIADOS . 41

ESTANDARIZACIÓN DE PROCEDIMIENTOS . 42

ESTANDARIZACIÓN DE LA TAXONOMÍA . 42

DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA DE LOS SITIOS PILOTO Y SU VEGETACIÓN ASOCIADA . 43

GEOPORTAL DE LA RED ANDINA DE MONITOREO . 43

METODOLOGÍA PARA LOS ANÁLISIS REGIONALES DE VEGETACIÓN . 47

PATRONES DE DIVERSIDAD REGIONALES . 48

SIMILITUD . 48

# 52

## Resultados preliminares de la línea base de los sitios de monitoreo GLORIA-Andes

---

CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL DE LA RED ANDINA DE MONITOREO GLORIA . 53

# 64

## Descripción individual y línea base de los sitios de monitoreo GLORIA

---

PARQUE NACIONAL EL COCUY, COLOMBIA (COCCY) . 66

RESERVA ECOLÓGICA EL ÁNGEL, ECUADOR (ECANG) . 70

COMPLEJO VOLCÁNICO PICHINCHA, ECUADOR (ECPIC) . 74

PARQUE NACIONAL PODOCARPUS, ECUADOR (ECPNP) . 80

PÁRAMOS DE PACAIPAMPA, PERÚ (PEPAC) . 86

SIBINACocha — CORDILLERA DE VILCANOTA, PERÚ (PESIB) . 90

ÁREA NATURAL DE MANEJO INTEGRADO APOLOBAMBA, BOLIVIA (BOAPL) . 96

PARQUE NACIONAL SAJAMA, BOLIVIA (BOSAJ) . 102

PARQUE NACIONAL TUNI CONDORIRI, BOLIVIA (BOTUC) . 108

PARQUE PROVINCIAL CUMBRES CALCHAQUÍES, ARGENTINA (ARCUC) . 114

PATRONES DE DIVERSIDAD REGIONALES . 120

ANÁLISIS ENTRE SITIOS A ESCALA DE PARCELA (1M<sup>2</sup>) . 120

PATRONES DE SIMILITUD . 122

ANÁLISIS ENTRE CIMAS A ESCALA DE PARCELA (1M<sup>2</sup>) . 125

COMPARACIÓN DE LA FLORA DE LOS SITIOS DE ESTUDIO . 128

# 134

## Conclusiones y próximos pasos

---

LITERATURA CITADA . 138

# 147

## Anexo I: Lista anotada de las especies registradas en los sitios de monitoreo de la Red GLORIA-Andes

---

PTERIDOPHYTA . 147

GYMNOSPERMAE . 148

ANGIOSPERMAE . 149

# 175

## Anexo II: Especies potencialmente presentes o por confirmar en los sitios de monitoreo de la Red GLORIA-Andes

---

PTERIDOPHYTA . 175

ANGIOSPERMAE . 176

# Agradecimientos

---

La presente publicación es posible gracias a la colaboración de las siguientes instituciones: la Secretaría General de la Comunidad Andina (SGCAN), CONDESAN, Herbario Nacional de Bolivia y la Universidad Mayor de San Andrés, Instituto de Ecología (La Paz, Bolivia), Herbario de la Pontificia Universidad Javeriana, Instituto Alexander von Humboldt, The Nature Conservancy-Programa Andes Centrales, Herbario Loja-Universidad Nacional, Naturaleza y Cultura Internacional (NCI), Corporación Grupo Randi-Randi, la Escuela de Biología de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador y la coordinación de la Red Global GLORIA (Academia Austríaca de Ciencias/Universidad de Viena), con el apoyo de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID), la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), Conservación Internacional (CI), y el Proyecto ALARM de la Unión Europea.

# Presentación

---

La generación de conocimiento de la biodiversidad y el fortalecimiento de redes temáticas de observación y monitoreo son dos de los principales ejes de trabajo estipulados en la Estrategia Regional de Biodiversidad (ERB) y la Agenda Ambiental Andina, instrumentos en las que se las considera como fundamentales para apoyar la toma de decisiones relacionadas con la gestión de la biodiversidad. Ante amenazas como el cambio climático, el conocimiento de la biodiversidad andina y los potenciales efectos de este fenómeno es cada vez más relevante. La diversidad biológica asociada a los gradientes altitudinales y latitudinales de la cordillera de los Andes estimula el desarrollo de acciones conjuntas que faciliten el entendimiento de lo que la amenaza del cambio climático implica para las especies y las comunidades que conforman a los ecosistemas andinos.

En este marco, se ha desarrollado el proyecto “Monitoreo del impacto del cambio climático en ecosistemas de alta montaña”, el cual ha permitido la armonización de una metodología de monitoreo de la biodiversidad ajustada a las condiciones ambientales e institucionales de los Andes, el desarrollo de herramientas para la gestión de información, y el fortalecimiento de una red de investigación que abarca a siete de los ocho países andinos y a través de la cual se ha promovido la instalación de 12 sitios de monitoreo (38 cumbres) a lo largo de la cordillera. En su conjunto, estos sitios abarcan una gran diversidad de ambientes que ocurren en los Andes, involucrando los ecosistemas de páramo de los andes del norte y la puna de los andes centrales, en un gradiente latitudinal que va desde los 6°N hasta los 26°S, y una variación altitudinal de 2.600 metros.

Para esta Secretaría, es un gusto presentar esta publicación, que recoge los principales resultados generados en este proceso y constituye una línea base de información sobre la composición y estructura de las comunidades de flora de alta montaña y de información climática. Esperamos que esta información permita estudiar las dinámicas naturales de estas comunidades y relacionarlas con procesos de cambio climático. Como proyecto pionero en temas de gestión de información y monitoreo a escala regional, este esfuerzo colectivo de muchas instituciones y personas constituye un ejemplo de trabajo en el fortalecimiento de las instituciones de investigación de los países andinos, para promover el monitoreo de nuestra biodiversidad como una estrategia para responder a los impactos de cambios globales, y a partir de esto contribuir a los procesos de toma de decisiones a nivel nacional y promover la cooperación regional en temas de interés común.

Santiago Cembrano  
DIRECTOR GENERAL

# Prólogo

Harald Pauli, GLORIA-Coordination,  
Academia Austríaca de Ciencias & Universidad de Viena

---

Desde que las regiones montañosas se tornaron el centro de la atención global a partir de la conferencia de La Tierra en Río de Janeiro en 1992, existe un creciente reconocimiento de la urgente demanda de contar con un sistema de observación internacional para estas regiones, debido a que contienen una biota única, generalmente con distribuciones restringidas y altamente vulnerable a los cambios ambientales globales.

Entre todos los biomas terrestres, los ecosistemas de alta montaña son excepcionales en su distribución global: este bioma ocurre realmente desde las latitudes tropicales a las polares. Sus ecosistemas están gobernados por condiciones de bajas temperaturas y, por lo tanto, se espera que sus especies respondan sensiblemente a los cambios en los regímenes climáticos térmicos. Este fue el punto de inicio de la Iniciativa Global de Observación e Investigación de los Ambientes Alpinos (GLORIA por sus siglas en inglés), que procuró establecer un sistema de monitoreo estandarizado de los impactos del calentamiento global en la vegetación de la alta montaña y su biodiversidad.

Debido al compromiso y dedicación de una comunidad global de ecólogos y a un enfoque científicamente fundado y costo-efectivo, la Red GLORIA ha crecido rápidamente hasta alcanzar 110 sitios de observación, distribuidos en seis continentes. El Capítulo Sudamericano de la Red Gloria, en particular de los Andes Tropicales, es uno de los ejemplos primarios de una manera organizada de proceder. El desarrollo de talleres internacionales de capacitación condujo a la instalación de varios sitios de observación, inclusive en áreas remotas de los Andes, y a un proceso vital de cooperación entre países y sitios. Estos esfuerzos sin precedentes, también en el desarrollo y fortalecimiento de capacidades de una joven generación de investigadores de ecosistemas de montaña, ha permitido establecer bases sólidas para evaluar el estado de la biodiversidad andina en una era de acelerado cambio climático.

# Foreword

Harald Pauli, GLORIA-Coordination,  
Academia Austríaca de Ciencias & Universidad de Viena

---

Since mountain regions had shifted into the focus of global attention through the UNCED conference in Rio de Janeiro in 1992, the urgent demand of an international observing system for their unique, often narrowly distributed and vulnerable biota has been increasingly recognized.

Among all terrestrial biomes, high mountains are exceptional in their global distribution; they actually occur from tropical to polar latitudes. Their ecosystems are governed by low-temperature conditions and, hence, their species are expected to respond sensitively to changes in the thermal climatic regime. This was the starting point of the Global Observation Research Initiative in Alpine Environments (GLORIA), attempting to establish a standardised monitoring system for the impacts of global anthropogenic climate warming on mountain vegetation and biodiversity.

Given the enduring dedication of a worldwide community of concerned ecologists and a scientifically sound as well as cost-effective approach, the GLORIA network has grown rapidly to 110 study regions, distributed over six continents. The South American chapter of GLORIA, of the tropical Andes in particular, is one of the prime examples of a well-organised way of proceeding. International training workshops led to a straightforward site setup, even including remote parts of the Andes, and to a vital network of cooperation across borders. Their unprecedented efforts, also in capacity building for a young generation of mountain researchers, have built strong foundations for assessing the state of Andean biodiversity in an era of accelerating climate change.



# Introducción

# Introducción

---

## LOS AMBIENTES TROPICALES ALTO ANDINOS

La Cordillera de los Andes representa la extensión más larga y extensa de áreas templadas en los Trópicos. Ocurren desde los 11° N en la Sierra Nevada en el norte de Colombia hasta los 55° S en el sur de Argentina y cubren una extensión próxima a los 8.000 km (Clapperton, 1993). Tomando en cuenta el período geológico de origen de la Cordillera y su complejidad tectónica, los Andes han sido divididos en tres secciones: norte, centro y sur. Los Andes Australes son los más antiguos; su levantamiento inició durante el período Terciario Temprano, hace aproximadamente 50 millones de años (Clapperton, 1993). Los Andes Centrales y los del Norte son relativamente más recientes. Los Andes Centrales tuvieron su primer levantamiento hace 20 millones de años y un segundo plegamiento hace 10 millones al final del Mioceno (Gregory-Wodzicki, 2000). En particular, los Andes del Norte tuvieron su origen principal en el Mioceno, hace 25 millones de años, con levantamientos importantes durante el Plioceno Tardío y a inicios del Pleistoceno, hace aproximadamente 5 a 1,5 millones de años (Jørgensen y León-Yáñez, 1999; Sklenář y Jørgensen, 1999; Van Der Hammen, 1974).

Desde una perspectiva orientada a definir y delimitar regiones de importancia por su diversidad biológica que guíen prioridades de conservación a escala global, los Andes del Norte y Centro son definidos como la biorregión *Andes Tropicales* (Myers *et al.*, 2000). Esta región biogeográfica representa una sub-sección de la Cordillera de los Andes, la cual se extiende desde la Sierra Nevada de Santa Marta a los 11° N en Colombia hasta alcanzar los 23° S en el norte de Argentina. Los Andes Tropicales cubren una extensión de 4.000 km y rara vez la Cordillera desciende por debajo de los 2.000 m de elevación y, cuando lo hace, normalmente



define subregiones biogeográficas en su interior (Fjeldsá, 1995; García-Moreno *et al.*, 1999).

La presente publicación se concentra en los Andes Tropicales, y dentro de esta región en los ecosistemas que ocurren sobre el límite natural de los ecosistemas arbóreos ( $\sim 3.300$  m de elevación en el norte y  $\sim 3.500$  m en el sur del área de estudio). Éstos se denominan de manera general *pastizales altoandinos*, aquí el límite de crecimiento para las plantas vasculares se sitúa generalmente entre los 4.600 a 5.000 m de elevación (Smith y Young, 1987). El límite inferior de los pastizales andinos es difuso en lugares donde la intervención antrópica ha generado un descenso de su límite inferior (i.e. paramización) o donde el ecotono transicional hacia los bosques altoandinos ha sido eliminado por actividades agrícolas. Este fenómeno también ocurre por causas naturales en áreas extremadamente secas como algunos lugares de los Andes Centrales en los que el ecotono bosque-pastizal está ausente. En estos casos la vegetación de los pastizales tropicales se fusiona gradualmente con arbustales xéricos montanos, pastizales o vegetación semidesértica (Grau *et al.*, 2003; Navarro-Sánchez, 2011).

Estos ecosistemas adquieren su nombre por la predominancia en la fisonomía de la vegetación de gramíneas amacolladas, adicionalmente también se encuentran arbustos esclerófilos, hierbas en cojín, hierbas postradas y rosetas acaulescentes (Sierra-Almeida y Cavieres, 2010; Sklenář y Balslev, 2007). La vegetación dominante en estos ambientes es una expresión del clima (e.g. precipitación y humedad), el cual regula muchos de los procesos y funciones que se desarrollan en ellos (Körner, 1998). Los Andes Tropicales evidencian un gradiente de humedad decreciente de norte a sur, a excepción de Venezuela que está expuesta a vientos convergentes del Atlántico y el Caribe generando un sistema marcadamente estacional con características pluviestacionales sub-húmedas a secas (Ataroff y Sarmiento, 2003).

Las fluctuaciones climáticas diarias en la temperatura proveen uno de los elementos más críticos de estrés ambiental que enfrentan las plantas de estos hábitats. La frecuencia de las heladas es una fuerza selectiva clave en la adaptación a los ambientes tropicales de altura. Las especies que viven en estos sitios también tienen que soportar un estrés adicional de ciclos de congelamiento-deshielo causado por los movimientos dinámicos del suelo, que actúan como un ambiente hostil para las raíces de las plantas (Cano *et al.*, 2010; Luebert y Gajardo, 2005; Smith y Young, 1987) provocando así diferencias en la fisonomía de la vegetación a lo largo de la gradiente altitudinal.

Cerca de la línea de bosque dominan los pastos amacollados en forma de penachos y arbustos erectos con hojas siempreverdes, muchos de ellos micrófilos (Luteyn, 1999). Los arbustos y las pajas amacolladas desaparecen gradualmente a lo largo del gradiente de elevación y son remplazados en importancia por los cojines, rosetas acaulescentes, arbustos postrados y hierbas de tallo corto (Cuatrecasas, 1968; Harling, 1979; Cleef, 1981; Luteyn, 1999; Ramsay y Oxley, 1997).

El ambiente de los pajonales tropicales es extremo y se agudiza conforme incrementa el gradiente de elevación. Generalmente sobre los 4.500 m de elevación se produce una combinación de mayor radiación, mayor

exposición a vientos (deseccación) y una mayor fluctuación térmica diaria. Estas condiciones climáticas infringen una presión selectiva grande en las plantas, las que tienen que resistir una gran amplitud térmica y de humedad, que en muchos casos incluye condiciones de congelamiento y descongelamiento en un mismo día (Sklenář, 2000). Por estas razones, muchas de las especies presentes en estos ambientes han desarrollado adaptaciones fisiológicas singulares. A nivel del suelo, el agua se congela durante la noche y se deshíela en la mañana debido a las pronunciadas oscilaciones diarias de temperatura. La formación de hielo en forma de agujas, el levantamiento del suelo y la subsecuente soliflucción generan disturbios naturales frecuentes en el suelo, lo que incide en la disponibilidad del agua y nutrientes, generando estrés hídrico diario en muchas de las plantas que crecen en este sistema.

Como otras montañas tropicales, los Altos Andes son florísticamente ricos y usualmente presentan valores considerables de endemismo, en particular en los ecosistemas de mayor altura (Sklenář y Balslev, 2007; Sklenář y Ramsay, 2001; Smith y Young, 1987). El término *pastizales tropicales* incluye a los pastizales mesofíticos de los Andes del Norte (páramos), los pastizales mesofíticos y xéricos de los Andes Centrales (“punas”) y las regiones transicionales entre los páramos y punas del norte del Perú, denominadas localmente como jalcas (Smith y Young, 1987).

En los Andes del Norte, el páramo es el ecosistema preponderante y se extiende desde Venezuela hasta el norte del Perú ( $6^{\circ}$ S, depresión de Huancabamba) como una suerte de islas confinadas a las cumbres de los volcanes y montañas andinas, representando un archipiélago continental rodeado generalmente de bosques montanos (Cleef, 1981; Luteyn, 1999). El páramo está caracterizado por condiciones de alta humedad relativa (con notables excepciones) y patrones de cambios estacionales altamente estables en las medias máximas y mínimas mensuales de temperatura (Buytaert *et al.*, 2006). Estos ecosistemas reportan una alta diversidad de especies (Ramsay, 1992), con un alto grado de especies de rango restringido y géneros monotípicos (Sklenář *et al.*, 2005).

Desde el valle de Girón, en la provincia del Azuay en Ecuador ( $3^{\circ}$ S), hasta el Abra de Porculla en el norte del Perú ( $6^{\circ}$ S), la Cordillera de los Andes presenta una topografía que se caracteriza por una menor elevación promedio, la presencia de valles en dirección este-oeste, y un clima que va de pluviestacional subhúmedo a seco (Josse *et al.*, 2009). Estas características fisiográficas han contribuido a crear una barrera biogeográfica entre el norte y el centro de los Andes que se expresa en diferencias de composición de la flora y la fauna de ambas regiones (Duellman, 1979; Duellman, 1999; Weigend, 2002). El área entre el Abra de Porculla (Depresión de Huancabamba) y el inicio de la Cordillera Negra en los departamentos de La Libertad y Ancash ( $8^{\circ}30'S$ ) puede ser concebida como una región de convergencia y transición entre los Andes del Norte y Centrales (Gentry, 1982; Simpson y Toddzia, 1990). Esta área de transición recibe el nombre de Jalca, de acuerdo a varios autores, quienes basados en parámetros climáticos, edáficos y fitosociológicos, la definen como una unidad biogeográfica particular que comprende la sierra alta de los Andes del Norte del Perú, distribuida al oeste del río Marañón, sobre la Cordillera Occidental (Weigend, 2002; Weigend, 2004), en los departamentos de Cajamarca, y el norte de La Libertad y Ancash.



La puna corresponde a los ecosistemas altoandinos del centro del Perú y Bolivia hasta el límite de los Andes Tropicales en el noroeste de la Argentina (Josse *et al.*, 2009; Simpson y Toddzia, 1990; Young *et al.*, 2002; Troll, 1968). Esta gran región puede ser subdividida en dos unidades, la puna mesofítica y la puna xérica (Navarro-Sánchez, 2011). La puna mesofítica se encuentra distribuida desde el centro de Perú hasta el centro de la Cordillera Oriental de Bolivia. Se extiende por las altas cordilleras tropicales de los Andes Centrales, e incluye la gran cuenca altoandina del Lago Titicaca. En conjunto, predominan los bioclimas pluviestacionales húmedos a subhúmedos. La vegetación está actualmente dominada por sistemas de pajonales y matorrales, cuya flora es notablemente diversa en especies junto con remanentes de bosques de *Polylepis* spp. Estos pajonales ocurren en condiciones estacionales, es decir, se encuentran adaptados a los meses del año (coincidiendo con la época más fría) en los cuales las lluvias son mucho más escasas, llegando a crearse condiciones de déficit hídrico en los que la evapotranspiración es mayor que el ingreso de agua por precipitación. Durante esa época, las plantas reducen mucho su producción de biomasa y crecimiento, llegando a secarse y perder parte de sus hojas (Navarro-Sánchez, 2011).

La puna xerofítica, de gran extensión en el centro de los Andes, se distribuye fundamentalmente en el centro-sur del oeste de Bolivia y en el noroeste de Argentina, con extensiones menores en zonas adyacentes del suroeste de Perú y noreste de Chile. Incluye la gran meseta del Altiplano andino, con una altitud promedio de 3.800 m, y situada en la zona más ancha de toda la cordillera de los Andes. Al estar situada latitudinalmente en el área de influencia del cinturón de altas presiones subtropicales, el clima de la puna xerofítica es marcadamente estacional, con una época seca muy intensa, que se acentúa notablemente hacia el sur y hacia el oeste. Predominan los bioclimas xéricos secos y semiáridos (Beck, 1993, 1998; Ibsch y Mérida, 2001; Josse *et al.*, 2009).

La vegetación de la puna xérica está notablemente diversificada, presentando varios ecosistemas restringidos a esta región geográfica. Entre ellos se destacan los grandes salares del Altiplano, que son probablemente los ecosistemas salinos de alta montaña más extensos de la Tierra junto con las altas cabeceras de los valles interandinos, de oeste de Bolivia y Argentina. En conjunto, la flora de la puna xerofítica tiene numerosos elementos exclusivos de ella. Sin embargo, hacia el norte comparte diversos elementos con la puna mesofítica y hacia el suroeste recibe notables influencias florísticas de la puna desértica de Atacama y de los Andes mediterráneos chilenos de alta montaña (Cavieres *et al.*, 2000; Josse *et al.*, 2009; Rundel y Palma, 2000; Ruthsatz, 1977; Ruthsatz y Movia, 1975).

## PATRONES CLIMÁTICOS EN LOS ANDES: PATRONES ACTUALES, TENDENCIAS OBSERVADAS DE CAMBIOS Y ESCENARIOS FUTUROS

El levantamiento de la Cordillera de los Andes alteró los patrones globales de circulación del aire en la Tierra, especialmente en términos de los caminos de circulación y en el transporte del vapor de agua en Sudamérica. Los Andes tienen una gran influencia en los patrones climáticos regionales, debido a que contienen a la segunda meseta más alta y extensa del mundo y constituyen la única barrera a los patrones de circulación del Hemisferio Sur (Gregory-Wodzicki, 2000).

La circulación del aire en los Altos Andes está influenciada por la interacción entre la Zona de Convergencia Inter-Tropical (ITCZ por sus siglas en inglés) y la orografía andina. Ambos factores inciden en el clima local al generar un enfriamiento adiabático de las columnas de aire caliente y los procesos de convección originados por los cambios en la temperatura diurna (Gregory-Wodzicki, 2000).

La estructura y fisonomía de la vegetación en los Altos Andes están determinadas, en gran medida, por la interacción entre los factores de temperatura y precipitación, los mismos que controlan otros factores como la humedad. La variabilidad de temperatura en los Andes Tropicales depende principalmente de dos aspectos: el gradiente altitudinal y la humedad del aire, ambos determinados por el clima local. La tasa de cambio en el promedio de temperatura con respecto a la altitud está típicamente entre 0,6 y 0,7 °C/100 m (van der Hammen y Hooghiemstra, 2000; Castaño, 2002), pero existen reportes de valores tan bajos como 0,5 °C/100 m como ocurre en los páramos húmedos del Podocarpus (Richter *et al.*, 2008) o El Cajas (Buytaert *et al.*, 2006). La humedad del aire no solo disminuye el lapso de proporción, sino que también disminuye la variación diaria de temperatura por lo que regiones más húmedas tienden a tener menor fluctuación térmica diaria y a lo largo del año.

Contrariamente a la temperatura, la precipitación en los Andes no sigue un patrón lineal sino que está determinada por la orografía andina y la influencia de los vientos prevaletentes localmente, lo que determina su alta variabilidad temporal y espacial (Buytaert *et al.*, 2010). Registros climáticos reportan valores desde áreas menores a 200 mm al año hasta los 3.000 mm (Killeen *et al.*, 2007; Luteyn, 2002), y con algunos extremos en áreas limitadas, sobre los 3.000 mm (Bendix y Rafiqpoor, 2000).

En los Andes de Colombia y Ecuador, los flancos occidentales inferiores están influidos principalmente por las masas de aire originadas en el Pacífico, mientras que la cordillera oriental está dominada por vientos húmedos del Atlántico Tropical y la cuenca amazónica (Vuille y Bradley, 2000). Los páramos localizados en las vertientes interiores de las cordilleras se encuentran expuestos a influencias variables entre las masas de aire oceánicas y continentales con dos períodos de lluvia entre

febrero–mayo y octubre–noviembre. Por el contrario, dos períodos de estiaje son claramente definibles, el primero se extiende de junio a septiembre y es mucho más pronunciado que el segundo, el cual ocurre entre diciembre–enero. Conforme las masas de aire pierden su humedad, en los flancos externos de las cordilleras se genera un efecto de sombra de lluvia que define valores de precipitación anuales relativamente bajos, que fluctúan entre 800 a 1500 mm al año en los ecosistemas altoandinos de la vertiente interior de la cordillera (Vuille y Bradley, 2000).

En el caso de los páramos, debido a su ubicación cerca del ecuador, la radiación solar diaria es casi constante a lo largo del año. Esta constancia contrasta considerablemente con el ciclo diario, que es bastante marcado. Variaciones de temperatura del aire de más de 10 °C en un mismo día son comunes (Vuille y Bradley, 2000). Estas variaciones típicas de temperatura determinan el rol de la escarcha y nieve. Debido a la falta de estacionalidad, la línea de nieve es muy abrupta y constante a lo largo del año. Entre 4.000 y 5.000 m de altitud, la escarcha frecuentemente ocurre durante la noche pero la temperatura máxima diaria es suficientemente alta para prevenir la acumulación de nieve y hielo. Debajo de los 4.000 m de altitud, la escarcha no ocurre regularmente y cuando lo hace, se restringe a unas pocas horas antes de la salida del sol.

Los Andes Centrales tienen una estacionalidad mucho más marcada, claramente sectorizada entre el régimen de humedad dominante en los Andes Orientales respecto de la aridez de la cordillera occidental a partir de los 15°S hasta los 22°S (Vuille, 1999). En esta región, los Andes alcanzan una elevación promedio de 3.500 a 4.000 m, lo que determina que actúen como una barrera que separa y define las diferencias en el clima de ambas cordilleras. Hacia el oeste, los anticiclones del Pacífico sur generan condiciones estables y secas que determinan que la humedad en las masas de aire no precipite, resultando en el clima más seco del mundo a lo largo de la puna xerofítica de Bolivia y la costa norte de Chile (Vuille, 1999). Hacia el este, en el interior del continente, las condiciones climáticas calientes del Chaco predominan durante los meses de verano (diciembre–marzo), lo que establece condiciones ambientales húmedas y calientes.

La precipitación en el Altiplano está asociada con un verano dominado por fuertes convecciones térmicas diarias y flujos de humedad provenientes de la cuenca amazónica (Garreaud, 1999; Vuille, 1999). Más del 80 por ciento de la precipitación anual (350–400 mm) ocurre durante los meses de verano, comúnmente durante la tarde y noches, por efectos de convección térmica, debido a la alta radiación solar del Altiplano (Vuille, 1999).

Estos patrones climáticos de la puna producen un balance hídrico estacional negativo, en particular al final de la época seca (septiembre–octubre), lo cual condiciona a la vegetación que se desarrolla bajo estas condiciones. La bruma y la neblina atenúan los efectos de desecación al reducir las fluctuaciones diarias de temperatura y disminuir el tiempo de exposición directa a los altos valores de radiación (Smith y Young, 1987). En estaciones con alta nubosidad, la radiación solar total al nivel del suelo es baja durante el día, mientras que la humedad relativa alta en la noche reduce significativamente las heladas, debido a la radiación de onda larga proveniente de la tierra y la vegetación. Un efecto opuesto

sucede durante los días secos sin predominancia de neblina. Si bien no existen estudios sobre el aporte de la precipitación horizontal en el balance hídrico de los ecosistemas de la Puna, es posible que su aporte sea sustantivo durante esta época del año así como el agua del deshielo glaciar (Smith y Young, 1987).

En cuanto a las *tendencias observadas de cambios* en el clima durante los últimos 60 años, la escasa evidencia meteorológica disponible reporta patrones importantes para la temperatura en los Andes Tropicales. A escala regional se registra una tendencia de incremento en la temperatura atmosférica de 0,11 °C/década para el período 1939–98 y de 0,34 °C/década para el período 1974–98, a partir de los datos colectados de la temperatura de la atmósfera a nivel del suelo para 277 estaciones ubicadas entre los paralelos 1°N y 23°S, y entre 0 y 5.000 metros de elevación (Vuille y Bradley, 2000; Vuille *et al.*, 2003).

Los datos de re-análisis globales del NCEP-NCAR muestran un incremento promedio de 73 m del nivel de altura de congelamiento para los Andes y la Cordillera Americana entre 1948 y el 2000. Si solo se consideran datos entre 1958 y 2000, un período para el cual se considera que la data es más confiable (Diaz *et al.*, 2003), el incremento es de 53 metros.

Por el contrario, los registros de precipitación para el período 1950–1994, con información de 42 estaciones de meteorológicas, no evidencian patrones regionales claros (Vuille *et al.*, 2003). No obstante, a escalas subregionales se sugiere una tendencia de incremento de la precipitación al norte de los 11°S (norte de Perú, Ecuador, Colombia); al sur de este paralelo, hasta el norte de Bolivia, la precipitación reporta una tendencia a disminuir durante la época lluviosa, así como en los totales anuales.

Estas tendencias han sido corroboradas posteriormente por otros estudios que reportan cambios hacia condiciones más húmedas en Ecuador y el norte del Perú, así como una disminución de la humedad en el sur peruano (Haylock *et al.*, 2006). También se han detectado cambios en la humedad atmosférica durante los últimos 45 años, con un aumento de hasta el 2,5% por década. Estos incrementos de humedad son más marcados en el Ecuador y el sur de Colombia, comparados con el sur del Perú, el oeste de Bolivia y el norte de Chile (0,5–1% por década) (Francou, 2007).

A escalas locales también se han detectado cambios en el clima. En los últimos 42 años en casi todo el territorio del Perú se han reportado incrementos en la temperatura máxima y mínima de entre 0,2 y 0,1 °C por década (Perú, 2010). Para los páramos colombianos (4.900 y 5.300 m de elevación) se han documentado incrementos de temperaturas mínimas y máximas de 0,6 y 1,3 °C por década, respectivamente (Ruiz *et al.*, 2008). Estos cambios en los Andes colombianos han estado acompañados por disminuciones de la humedad ambiental (entre 0,8 y 0,6% por década), nubosidad (1,9% por década) y aumentos en la frecuencia de eventos de precipitación extrema (Ruiz *et al.*, 2008). De manera similar, en el altiplano de Bolivia (>2.000 m) se han observado, y se proyectan hasta el fin de este siglo, incrementos en la frecuencia de olas de calor, en la temperatura diurna y nocturna, disminución de días con temperaturas menores a 0 °C, mayor frecuencia precipitación extrema, y mayor variación en el rango de temperatura (Thibeault *et al.*, 2010).

No obstante, los patrones y tendencias climáticas reportados a escalas locales son difíciles de discernir y constatar. Las tendencias en los registros de estaciones locales podrían no tener una significancia estadística debido a insuficiencia o vacíos en la serie de datos, a la alta variabilidad natural de la lluvia en los Andes, o a la incapacidad de modelar de manera adecuada las condiciones actuales de los patrones de precipitación, o una combinación de estos factores (Buytaert *et al.*, 2010).

En cuanto a las *proyecciones futuras*, los modelos de circulación global (GCMs por sus siglas en inglés) del CMIP3 (tercer experimento de inter-comparación de modelos acoplados) presentados en el cuarto reporte del IPCC (2007), reportan consistentemente un aumento promedio de la temperatura para el año 2.100 de 3 °C (+/- 1,5 °C) en los Andes Tropicales, dependiendo del período y escenario de emisión empleado. Estos valores son consistentes con los cambios reportados por (Buytaert y Ramírez-Villegas, 2012) quienes proyectan un incremento de la temperatura de alrededor de 1 °C para el período 2010–2039 bajo el escenario de emisión A1B, y de 3 °C para el período 2040–2079 de acuerdo al escenario A2.

Debido a que en zonas montañosas la temperatura disminuye en promedio 0,6 °C cada 100 m de altitud de acuerdo al lapso de proporción, es posible que aumentos regionales en la temperatura disminuyan la amplitud de estos rangos. En particular los ecosistemas altoandinos y los glaciares (> 4.000 m) serían afectados por temperaturas proporcionalmente más altas, comparadas con cambios a menores altitudes. Reportes recientes de los Andes peruanos muestran que las temperaturas máximas diarias entre octubre–mayo son superiores a los 0 °C aún a elevaciones tan altas como 5.680 m, valores que apoyan las tendencias reportadas por los GCMs a nivel global (Bradley *et al.*, 2006). Dichos cambios en temperatura son suficientes para causar alteraciones significativas en procesos ecosistémicos, en los rangos de distribución de especies nativas, en la composición de las comunidades y en la disponibilidad de agua (Buytaert *et al.*, 2011).

Las proyecciones de cambios en la precipitación son mucho más erráticas e inciertas entre los GCMs. La discrepancia en las proyecciones de cambio de precipitación es frecuentemente mayor al 50% de la precipitación anual. Para los Andes del Ecuador y la mayoría de Colombia se espera, en promedio, un incremento en la precipitación anual con valores tan altos como 300 mm/año. El noroeste de Colombia y los Andes de Venezuela, dominados por los vientos del Caribe, evidencian un comportamiento opuesto con reducciones en las cantidades anuales de lluvia. Para los Andes Centrales, se sugiere una mayor variabilidad en la precipitación, lo que resultaría en una mayor estacionalidad con una expansión de los períodos de estiaje (Boulanger *et al.*, 2007; Buytaert *et al.*, 2009; Giorgi y Bi, 2005).

Sin embargo, las discrepancias entre los 24 modelos del IPCC son muy altas; típicamente exceden el 50% (Buytaert *et al.*, 2010), lo que genera una gran incertidumbre en las predicciones de cambio y en la magnitud de sus posibles impactos sobre la biodiversidad andina (Buytaert y Ramírez-Villegas, en prensa).

## EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LOS IMPACTOS EN LA FLORA ALTOANDINA

**D**urante la última década, varios estudios concuerdan en el hecho de que el incremento en el calentamiento global y su correspondiente cambio climático afectan a la biodiversidad en diferentes escalas y de diversas formas (Araújo y Rahbek, 2006; Broennimann *et al.*, 2006; Buytaert *et al.*, 2011; IPCC, 2007; Pearson, 2006; Sala *et al.*, 2000; Thuiller *et al.*, 2005).

La evidencia sobre respuestas ecológicas en los Andes a los cambios recientes en el clima se basa en estudios que reportan varios impactos, entre ellos: (1) alteraciones en la fisiología de las especies y su capacidad de soportar eventos extremos como las heladas (Sierra-Almeida y Cavieres, 2010), (2) cambios en los patrones de distribución y riqueza de especies (Araújo y Rahbek, 2006; Feeley y Silman, 2010; Gottfried *et al.*, 2012; Thuiller *et al.*, 2008), (3) incrementos en las tasas de extinción locales de algunas especies o comunidades de especies (Dullinger *et al.*, 2012; Pauli *et al.*, 2007, 2012; Pounds *et al.*, 2006) y (4) alteraciones en los patrones fenológicos (Zavaleta *et al.*, 2003). Como consecuencias derivadas, también se proyectan cambios en los patrones de distribución de los ecosistemas o biomas (Cuesta *et al.*, 2009; Peñuelas y Boada, 2003; Saenz-Elorza, 2003) y posibles alteraciones en funciones ecosistémicas como el ciclo del carbono y el agua (Buytaert *et al.*, 2011).

En la escala de especies y comunidades, tres respuestas generales podrían ocurrir debido a las anomalías climáticas: desplazamiento, adaptación (ya sea en términos de cambios evolutivos como adaptaciones fisiológicas) o extinción local (Peterson *et al.*, 2001; Thuiller *et al.*, 2008).

Es posible que los efectos del cambio climático a escala local pudieran reflejar las interacciones de estos tres mecanismos y derivar en alteraciones en las composiciones y funciones de las comunidades vegetales de los ecosistemas andinos. Las alteraciones proyectadas por los ejercicios de modelación en los patrones de distribución espacial de las especies en los Andes (Feeley y Silman, 2010; Jetz *et al.*, 2007) sugieren el apareamiento de comunidades noveles, lo cual afectaría considerablemente el funcionamiento de los ecosistemas andinos (Williams *et al.*, 2007). Muchas de las especies leñosas y herbáceas en los Andes (e.g. Ericaceae, Bromeliaceae) dependen de las interacciones con animales para la dispersión de semillas y polinización; los efectos del CC en estos organismos podrían ocasionar asincronías espaciales, temporales o fisiológicas entre especies mutualistas, produciendo cambios en la composición y estructura de las comunidades (Zavaleta *et al.*, 2003).

El grado de sensibilidad y el tipo de respuesta (e.g. adaptación, desplazamiento o extinción) de las especies dependen, en gran parte, de las características fisiológicas y ecológicas de las especies en cuestión (Broennimann *et al.*, 2006). Estudios recientes sobre modelos de impactos en comunidades de especies de aves y plantas en los Andes Tropicales sugieren que las especies de rango restringido y localizadas en las partes más altas de los Andes serían las más afectadas debido a una mayor

contracción de su nicho climático, y muchas de ellas sufrirían extinciones locales (Ramírez-Villegas *et al.*, 2011). Este resultado apoya las conclusiones de otros estudios en otras regiones montañosas, que indican mayor sensibilidad de las especies con distribución restringida o altamente especializadas (Araújo *et al.*, 2004; Laurance *et al.*, 2011; Raxworthy *et al.*, 2008; Sekercioglu *et al.*, 2008; Thuiller *et al.*, 2005).

No obstante, existe una gran variedad de factores externos que tienen una incidencia directa en determinar cuáles de estas tres posibles respuestas de las especies ocurran. Por ejemplo, la literatura científica sobre los impactos en la biodiversidad de los Andes se resume en disminuciones en la densidad poblacional o en extinciones locales originadas, en la mayoría de los casos, por aumentos en las tasas de contagio de enfermedades causadas por patógenos exógenos (Báez *et al.*, 2011). No existe todavía evidencia documentada en los Andes sobre procesos locales de adaptación o desplazamientos geográficos ocasionados por las anomalías climáticas (pero ver Seimon *et al.*, 2007b), aunque desplazamientos de especies en gradientes altitudinales sí han sido registrados para otras montañas tropicales (Chen *et al.*, 2011; Deutsch *et al.*, 2008; Pauli *et al.*, 2012).

A escalas locales, los factores ambientales que controlan los patrones de diversidad y la composición de las comunidades de plantas vasculares en los pastizales alto-andinos son la temperatura del aire y del suelo, la radiación solar (disecación), la humedad del suelo y el balance de carbono (Bader *et al.*, 2007a; Cavieres y Piper, 2004; Körner, 1998; Körner y Paulsen, 2004), todos ellos susceptibles a sufrir alteraciones en escenarios de mayor temperatura, mayor concentración de CO<sub>2</sub> y mayor estacionalidad.

Sin embargo, el conocimiento sobre cómo la afección de estos procesos incidirá en la biodiversidad de los Altos Andes es todavía primordialmente conceptual y existen vacíos grandes de conocimiento a falta de datos empíricos y experimentos en condiciones controladas. Por ejemplo, las temperaturas mínimas del aire y el suelo (-10 cm) son un factor determinante en limitar el crecimiento de especies leñosas sobre el límite natural superior de los bosques (Körner y Paulsen, 2004). No obstante, no es claro los mecanismos por los cuales la temperatura limita el establecimiento y/o crecimiento de los árboles sobre estos límites naturales (Bader *et al.*, 2007b; Körner, 2012). 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 (Körner, 2005).

En este sentido, la necesidad de desarrollar estudios que caractericen a diferentes elementos de la biodiversidad respecto de su grado de susceptibilidad a los cambios ambientales permitirá identificar aquellos grupos de especies que tienen un mayor rango de tolerancia fisiológica o mayor capacidad genética de adaptarse versus aquellos grupos con un mayor grado de sensibilidad y que probablemente experimenten extinciones locales (Sierra-Almeida y Cavieres, 2010).

## IMPORTANCIA DEL MONITOREO

En el ámbito internacional, los sistemas de información y monitoreo han sido conceptualizados como herramientas importantes para el fortalecimiento de capacidades en investigación y procesos de toma de decisiones, el intercambio y difusión de información y el seguimiento en la implementación de los tratados internacionales, tales como el Convenio de las Naciones Unidas sobre Diversidad Biológica (CDB). En este marco, la generación de información espacial y temporal sobre la biodiversidad y los efectos de los cambios ambientales se considera como una herramienta base para el monitoreo de la biodiversidad a escala global, sobre una base común de tratamiento de la información y de integración a diferentes escalas (Pereira y Cooper 2006).

Sin embargo, en los Andes las bases de datos con series de tiempo largas (p. ej. > 10 años) que puedan ser utilizadas para monitorear biodiversidad y sus cambios a través del tiempo son escasas. Adicionalmente, existen limitaciones en el conocimiento del funcionamiento de los sistemas naturales, en particular de sus dinámicas de cambio y la dirección de estos cambios. Estos vacíos de información dificultan detectar o aislar la naturaleza de estos cambios, en particular respecto a si son debidos a procesos naturales o son alteraciones por efectos antrópicos.

En este contexto, llenar este gran vacío es una tarea fundamental en los países andinos, más aún para la evaluación de efectos de un fenómeno de largo plazo, como es el cambio climático. El contar con programas y redes que generen series temporales de larga duración es fundamental para mejorar nuestra comprensión de los efectos potenciales del cambio climático y de la variabilidad climática en la biodiversidad. Esta comprensión nos permitirá orientar mejor la inversión en el desarrollo de acciones que apoyen la conservación de los ecosistemas andinos.

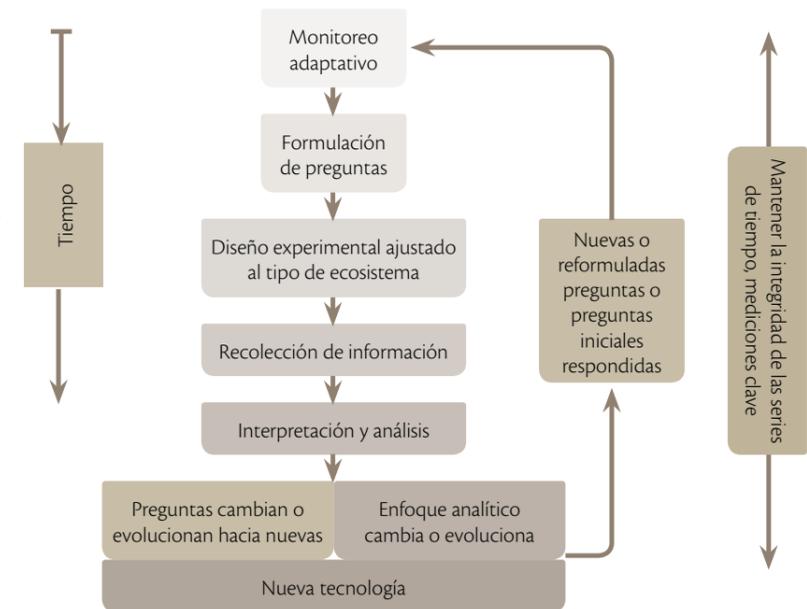
Las acciones de investigación priorizadas deben permitir cubrir los vacíos de conocimiento sobre cómo funcionan los ecosistemas y cómo responderán a los cambios ambientales. El entendimiento de estos procesos requiere de series de tiempo con datos confiables que alimenten la construcción de modelos conceptuales a través del desarrollo de programas de investigación de mediano y largo plazo, bajo una orientación de monitoreo adaptativo que permita retroalimentar y validar la efectividad de los programas de manejo orientados a incrementar la resiliencia de los ecosistemas andinos.

Los elementos claves de un sistema de monitoreo de este tipo son: el desarrollo de preguntas clave bien definidas y medibles, basado en un diseño experimental robusto que permita tener un número adecuado de replicas para observar patrones (e.g. efectos de experimentos de calentamiento en la biomasa); estar basados en un modelo conceptual de cómo el ecosistema funciona o cómo los elementos priorizados de un ecosistema funcionan; estar orientados hacia la necesidad humana de generar respuestas de manejo que promuevan el diseño de acciones de adaptación basadas en información científica.

Los programas exitosos de monitoreo comparten características importantes en común tales como: (1) Formulación de preguntas de investigación relevantes, previas al inicio del programa de monitoreo; (2) Diseño experimental estadísticamente válido, (3) Desarrollo detallado de protocolos metodológicos que permitan una buena calidad de datos colectados en campo y un adecuado manejo y almacenamiento de datos, (4) Una buena red colaborativa de investigadores, manejadores y tomadores de decisión, (5) Acceso a fuentes confiables de financiamiento, y (6) Una buena coordinación y liderazgo. Finalmente, un programa de monitoreo adaptativo requiere incorporar un elemento clave y es la generación permanente de nuevas preguntas de investigación, una vez que las iniciales han sido contestadas o cuando el conocimiento generado promueve la formulación de nuevas preguntas de investigación (Lindenmayer y Likens, 2009) (Figura 1).

FIGURA 1.

Esquema conceptual de un programa de monitoreo con enfoque adaptativo a través del cual es posible la incorporación de nuevas preguntas en un esquema de investigación a largo plazo mientras que se mantiene la integridad de las medidas clave. Adaptado de Lindenmayer y Likens (2009).



## ESTABLECIMIENTO DE UN SISTEMA DE INVESTIGACIÓN A LARGO PLAZO SOBRE BIODIVERSIDAD Y CAMBIOS AMBIENTALES EN LOS ANDES

El interés a nivel de la Comunidad Andina en el mejoramiento del conocimiento sobre los potenciales efectos del cambio climático sobre la diversidad biológica se fundamenta en la necesidad de generar respuestas y delinear acciones que permitan modificar la tendencia de pérdida de la biodiversidad documentada y proyectada, ya sea por los procesos de pérdida relacionados con la presión de las sociedades humanas sobre nuestros ecosistemas, o por los cambios globales relacionados con el calentamiento global.

En este contexto, los países andinos han desarrollado varias herramientas de política orientadas a promover la generación de conocimiento, la consolidación de redes temáticas de investigación y la promoción de innovaciones tecnológicas y sistemas de monitoreo.

Complementariamente, la Agenda Ambiental Andina 2012–2016 prioriza dos líneas de acción orientadas al fortalecimiento del conocimiento de la biodiversidad y a la construcción de un Plan de Acción Andino sobre Cambio Climático, como referente para la coordinación subregional en los temas prioritarios, e involucra acciones particulares para promover la generación e intercambio de información relacionada con el cambio climático.

En este contexto, la Secretaría General de la Comunidad Andina (SGCAN) junto con el Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN) y una red de más de 10 universidades y centros de investigación de la región han impulsado la conformación de la Red de Monitoreo GLORIA-Andes (Iniciativa Regional Monitoreo del impacto del cambio climático en la biodiversidad de alta-montaña en la Región Andina) cuya misión es monitorear los efectos del cambio climático en ecosistemas de alta montaña, como parte de la Iniciativa para la Investigación y el Seguimiento Global de los Ambientes Alpinos —GLORIA— (Pauli *et al.*, 2004). El propósito de la red andina es generar y difundir datos comparables globalmente sobre el efecto producido por las variaciones del clima en la diversidad vegetal de alta montaña. La

consolidación de esta red se sustenta en el establecimiento de sitios de monitoreo a lo largo del gradiente latitudinal de la Cordillera de los Andes bajo protocolos metodológicos comunes y la adopción de estándares de manejo y administración de la información generada. La difusión de la información se realizará a través de un portal articulado al Sistema de Información Ambiental Andino (SANIA) de la SGCAN. Se espera que el portal promueva el intercambio de la información generada entre los miembros de la Red. Adicionalmente, este sistema permitirá realizar consultas y generar reportes de los resultados alcanzados por la red de monitoreo.

Se espera que en el mediano plazo (ca. 10 años) este sistema provea de información para el desarrollo de acciones de adaptación basadas en series de observación de larga data. Así, este programa de monitoreo es concebido como un sistema modular integrado por diferentes componentes que trabajan distintos elementos de la biodiversidad a diferentes escalas espaciales y de organización de la biodiversidad (especies, comunidades, ecosistemas). Se espera que la Red GLORIA-Andes sea un ejemplo para la articulación de otros grupos temáticos que incorporen otros ecosistemas y elementos de la biodiversidad que provean, en su conjunto, información sobre estadísticas ambientales e indicadores sobre el estado del medio ambiente en los países andinos.





Establecimiento  
de la Red

# Avances en el establecimiento de la Red Andina de Monitoreo en los Andes Tropicales (GLORIA-Andes)

## INSTALACIÓN Y MONITOREO DE LOS SITIOS

La iniciativa regional *Monitoreo del impacto del cambio climático en la biodiversidad de alta-montaña en la Región Andina* basa su trabajo en una adaptación de la metodología GLORIA, desarrollada por la Iniciativa para la Investigación y el Seguimiento Global de los Ambientes Alpinos (Pauli *et al.*, 2004), para ecosistemas tropicales de alta montaña de vegetación densa (Cuesta *et al.*, 2009). Para establecer un sitio de monitoreo, se seleccionan tres o cuatro cimas representativas del gradiente de vegetación del sitio, desde el ecotono del límite superior de los árboles (donde sea aplicable) hasta los límites de la vida vegetal



FIGURA 2. Ejemplo de la ubicación y distribución de las cimas dentro de la zona piloto Pichincha (ECU-PIC), donde se observa su posición a lo largo del gradiente altitudinal.

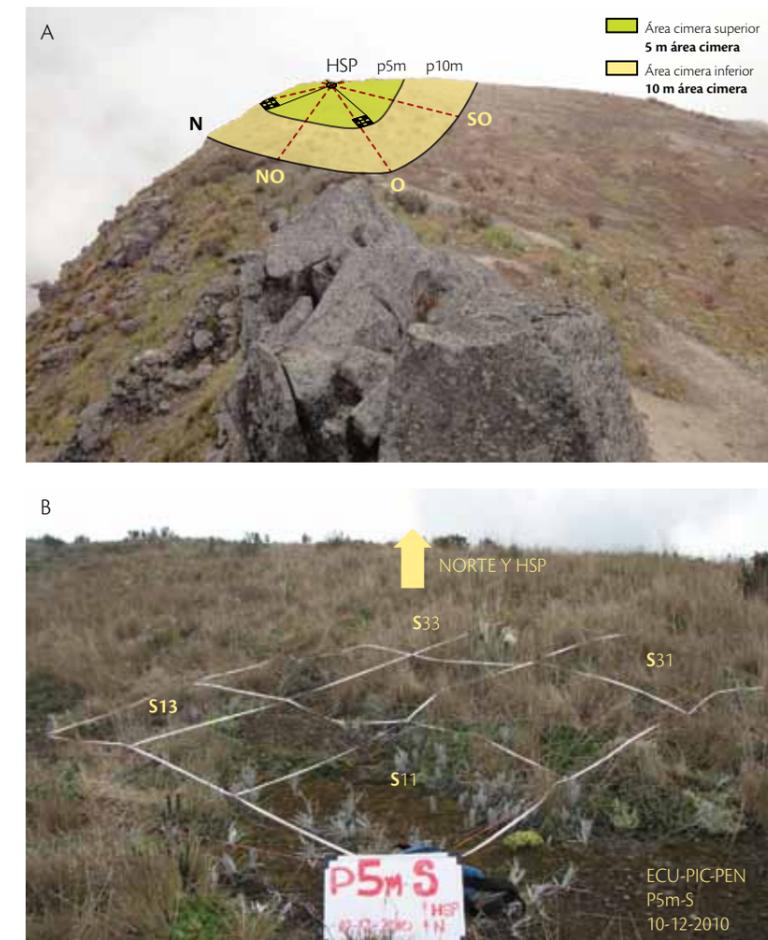
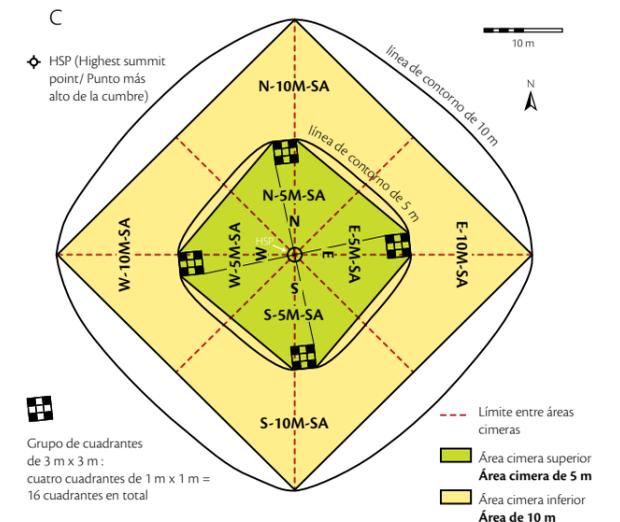


FIGURA 3. Diseño esquemático del monitoreo de las cimas en una cima modelo diferenciándose el área cimera superior e inferior. A. Vista panorámica de una cima modelo, en donde se distingue el área cimera de 5 m (verde) y el área cimera de 10 m (amarillo). B. Vista lateral de un cuadrante de 3 x 3 m, y sus subunidades de 1 x 1 m, la fotografía incluye la pizarra que documenta el código de la unidad muestreada, la flecha indica la ubicación del punto más elevado de la cima. C. Esquema de instalación de las secciones por orientación y sus respectivos cuadrantes de 3 x 3 m, con las unidades de muestreo de 1 m² (cuadrados negros), modificado de Pauli *et al.* (2004).

(Figura 2). Posteriormente se establecen en cada cima parcelas de observación permanente de 3 x 3 m, en donde se instalan sensores para monitorear la temperatura del suelo a -10 cm de profundidad en escala horaria. Finalmente, se registra información sobre la composición (riqueza de especies) y la cobertura de la vegetación (estructura de la comunidad de plantas) en las parcelas y en toda el área cimera (Figura 3). La gran ventaja de este método de monitoreo a largo plazo consiste en la selección de cimas como punto de partida. Las cimas no cambian su posición y no corren el peligro de perder las parcelas permanentes como en otras áreas de monitoreo, siempre va a ser posible ubicarlas.



En Pauli y colaboradores (Pauli *et al.*, 2004) se ofrece una guía detallada de la metodología de instalación de los sitios piloto, en donde se explica el proceso de selección de las cimas en el sitio, la instalación de las parcelas de monitoreo, el levantamiento de la información de cada cima y el manejo y análisis de la misma<sup>1</sup>. El Recuadro 1 ofrece información sobre

<sup>1</sup> [http://www.gloria.ac.at/downloads/GLORIA\\_MS4\\_Web\\_espanol.pdf](http://www.gloria.ac.at/downloads/GLORIA_MS4_Web_espanol.pdf)

las recientes modificaciones metodológicas para estudiar la diversidad de la flora y su cobertura en las secciones cimera de las cumbres. El Recuadro 2 provee información sobre posibles enfoques metodológicos para la clasificación de formas de crecimiento para las plantas altoandinas monitoreadas.

#### RECUADRO 1:

### Caracterización de la vegetación en el área cimera: Método de los puntos y áreas flexibles (PAF)

Adicionalmente a la metodología establecida en el manual de implementación de GLORIA (Pauli *et al.*, 2004), los sitios en los Andes Tropicales utilizan los **Puntos y Áreas Flexibles, -PAF-** (Halloy *et al.*, 2011) como una manera de evaluar cuantitativamente la composición florística de las áreas cimera. El uso de este método ha sido acordado por la Red Andina de Monitoreo como resultado de las discusiones metodológicas en los talleres de Perth (Escocia) en agosto de 2010, Lima (Perú) de enero 2011 (<http://secgen.comunidadandina.org/eCAN>) y Chilecito (Argentina), en abril 2011 (Juri *et al.*, 2011).

Esta metodología sustituye al registro de abundancia de especies presentes en el área cimera a partir de estimaciones de abundancia de acuerdo a los rangos de Braun-Blanquet (5, 4, 3, 2, 1, +, r), y combina dos procedimientos utilizados tradicionalmente para cuantificar la cobertura de especies vegetales: el método de intercepción de puntos (Dickinson *et al.*, 1992; Scott, 1965) con áreas de muestreo o cuadrantes (Pauli *et al.*, 1999). En los PAF se toman puntos a lo largo de una línea o transecto (método de

intercepción de puntos), a los que se incorpora un área de uno a varios metros (cuadrante flexible) a cada lado para incluir las especies más raras en forma cuantitativa. La combinación de estas dos metodologías permite incluir de manera más eficiente y cuantitativa a especies poco conspicuas o raras durante el muestreo. De esta manera, los PAF, al ser un método cuantitativo robusto, permiten realizar análisis estadísticos más avanzados (e.g. curvas especie-área, cálculo de índices de diversidad — Shannon-Weaver, equidad—, entre otros) (Halloy *et al.*, 2011).

Para instalar un PAF, se debe establecer una línea de al menos 50 m, que se marca cada 25 cm. El largo de la línea dependerá del tipo de vegetación y de la forma del terreno; igualmente, la distancia entre marcas está definida por el propósito del estudio y el tamaño potencial del área a muestrear (para secciones pequeñas de un humedal o cumbre puede ser necesario reducir las distancias, o repetir varias líneas paralelas). En cualquier caso, es importante tomar en cuenta los siguientes criterios al momento de implementar un PAF:

- Se debe contar con un número de puntos suficiente. Durante la retroalimentación metodológica realizada en el 4to y 5to taller (Muriel *et al.*, 2012) la Red Andina acordó utilizar un mínimo de 200 puntos por sección cimera, al momento de implementar los PAF en los sitios de monitoreo. Se definió que el número final de puntos a muestrearse se evaluará en el campo, luego de analizar las características de cada sitio.
- El largo total del PAF debe encontrarse dentro de una asociación vegetal relativamente continua.
- Es necesario poder replicar la línea varias veces hasta llegar a niveles de acumulación de la curva especie/área adecuados para el objetivo del estudio.

En cada punto marcado de la línea, se inserta verticalmente un puntero (varilla) hasta hacer el primer contacto con planta o suelo y se registra la información asociada a este primer punto de contacto (especie del individuo tocado o tipo de sustrato). De esta manera, en la plantilla de datos se va registrando el número de puntos u ocurrencias de una determinada especie o sustrato y, posteriormente se determina la frecuencia de los mismos en función del número de puntos totales que tiene el PAF. En el caso de vegetación arbustiva, se considera solamente lo que está al nivel del punto de intersección con la varilla (se dice que es el punto tocado por una gota de lluvia, al caer). Así, la frecuencia o proporción de cada punto representa su abundancia relativa en porcentaje, por ejemplo sp. A - 2%, arena - 4%, sp. B - 1%, materia orgánica - 2%, etc. (Halloy *et al.*, 2011).

Posteriormente, se debe recorrer nuevamente la línea para completar el registro de especies que potencialmente no fueron detectadas por el método de los puntos. Esta tarea se facilita, puesto que un paso inicial en la instalación del sitio es el recorrido del área para identificar y registrar las especies y su abundancia relativa (comunes vs. raras), y este ejercicio ayuda a predeterminar las especies que pueden escaparse al registro en los puntos. En este caso, para determinar la cobertura de estas especies existen dos métodos, que se adoptan en función del tipo de planta registrada: 1) En el caso de plantas cuya forma de crecimiento está bien definida y es relativamente regular (p. ej. cojines, rosetas, arbustos), se mide o estima el diámetro de la planta y se multiplica por el número de individuos encontrados en el PAF (esto se expresa en cm<sup>2</sup> por el número total de plantas). 2) En el caso de plantas dispersas o que presenten tamaño irregular (p. ej. algunas hierbas, anuales, plantas reptantes) se debe realizar un ejercicio mental de evaluación del área de cobertura total (en cm<sup>2</sup>) cubierta por los individuos de cada especie dentro del PAF (Halloy *et al.*, 2011).

Las ventajas de la metodología de PAF son las siguientes: se facilita la estimación de la cobertura de las especies comunes, al ser estas evaluadas mediante el método de los puntos, y se flexibiliza el área de muestreo, lo que permite muestrear de manera eficiente y rápida distintos tipos de vegetación. Así, la metodología puede aplicarse a estudios de índole diversa como el monitoreo de las cumbres montañosas de las áreas piloto GLORIA (Halloy *et al.*, 2011).

Los sitios piloto que han incorporado este cambio de metodología desde el establecimiento de su línea base son el Abra del Acay (ARANS), la Cordillera de Tunari (BOTUN), el Complejo Volcánico Pichicha (ECPIC) y la Cordillera de Vilcanota (PESIB); adicionalmente, los primeros re-muestreos en Cumbres Calchaquíes (ARCUC) y Sajama (BOSAJ) también han implementado esta metodología (Muriel *et al.*, 2012), por lo que en un futuro mediano se podrá evaluar los primeros resultados de los PAF para el monitoreo de los sitios GLORIA-Andes.

## Caracterización de las especies presentes en los sitios de monitoreo: estudios de formas de crecimiento y formas de vida

Uno de los temas más importantes discutidos durante los talleres de homologación de la taxonomía de los sitios de monitoreo (Muriel *et al.*, 2012) es la necesidad de profundizar sobre algunos aspectos relacionados con la historia natural o ecología de las especies presentes en los sitios. Se espera que esta información complementaria permita enriquecer la información de las comunidades monitoreadas para así tener un entendimiento más amplio de las dinámicas de cambio que pueden ocurrir en los ecosistemas altoandinos en el tiempo. Es necesario identificar a qué nivel se podrían manifestar estos cambios: ¿serán transformaciones relacionadas con la composición de las especies (especies que se extinguen, se adaptan o migran), ó los cambios se manifestarán a un nivel más fino, como a nivel de la morfología de individuos dentro de una especie? (Muriel *et al.*, 2012)

Estudios de las formas de crecimiento de las especies de los ecosistemas altoandinos o experimentos en condiciones ambientales controladas que emulan los efectos directos de calentamiento mediante el uso de cámaras hexagonales sin cubierta (*Open Top Chambers* –OTC– que permiten evaluar los efectos de incrementos en temperatura en la comunidad de plantas) son herramientas que contribuirían a la comprensión de los procesos de cambios a nivel de las comunidades de plantas aplicadas en el *International Tundra Experiment* – ITEX (Marion *et*

*al.*, 1997; Sierra-Almeida y Cavieres).

De esta manera, el análisis de las formas de crecimiento de algunas especies claves presentes en los sitios de monitoreo podría proporcionar información valiosa sobre las posibles respuestas diferenciadas de las especies, las cuales pueden ser explicadas por sus estrategias de crecimiento, las cuales, a su vez, representan diferentes adaptaciones evolutivas y fisiológicas (Sarmiento y Monasterio 1991).

Adicionalmente, la comparación de los resultados de las re-mediciones entre las comunidades de los sitios en los Andes muchas veces podrá ser hecha a nivel de comparación entre formas o estrategias de crecimiento y no tanto a nivel de especies, dado el elevado grado de singularidad reportado en las parcelas permanentes (ver sección de resultados).

Sin embargo, para poder llevar a cabo este estudio, es necesario estandarizar la manera en la que se registran las formas de crecimiento de las plantas en cada sitio en los Andes. La estandarización y curación de los datos levantados en la línea base de los sitios de monitoreo ha permitido constatar que el registro de características, como forma de vida, hábito y forma de crecimiento, no es consistente, inclusive a nivel de un mismo sitio. Así, durante las discusiones metodológicas de los talleres se ha propuesto dos metodologías distintas que permitirían estandarizar el registro de estas características.

La primera consiste en un método sistemático de medición de 25 características morfológicas (relacionadas con la silueta, tamaño de la hoja, forma del margen, caracteres del tallo y la raíz), para estimar de manera cuantitativa y jerárquica su forma de vida (Halloy, 1990), puesto que todos estos caracteres –hábito, forma de vida y tamaño– se verían potencialmente afectadas por cambios ambientales y serían entonces un buen indicador de respuesta a estos efectos (Muriel *et al.*, 2012). Sin embargo, este enfoque requiere de una inversión considerable de tiempo y esfuerzo adicional a la obtención de la línea base o el re-muestreo de un sitio.

La segunda metodología es una modificación a la propuesta de clasificación de modos de vida elaborada por Ramsay y Oxley (1997). Esta metodología consiste en registrar las diferentes estrategias o modos de crecimiento que presentan las plantas (p. ej. rosetas basales, penachos, cojines y tapetes, arbustos erectos, hierbas erectas) junto con otras variables de las características funcionales, como por ejemplo forma, textura y área de la hoja. Estas características permiten agrupar a las especies en categorías de grupos funcionales. Estos grupos funcionales pueden ser utilizados como un nivel de análisis complementario al de especies, y permiten una comparación más sencilla de los resultados del monitoreo entre los sitios en los Andes. Adicionalmente, estas características permiten evaluar los posibles efectos del calentamiento

global en las características funcionales de las poblaciones de las especies altoandinas. Una ventaja importante de este segundo método, con respecto al primero, es que aquí las categorías pueden ser asignadas tanto en campo como en los herbarios, con base en las notas de campo de las colecciones. Esto permitiría iniciar este tipo de estudios con datos pre-existentes en las colecciones, y en función de los resultados preliminares obtenidos, seleccionar especies prioritarias para realizar una evaluación cuantitativa en campo de las categorías de formas de crecimiento y de sus rasgos funcionales asociados. Esto permitiría estimar esfuerzos en campo y costos asociados a la implementación de este tipo de estudios, complementarios a la implementación de la línea base establecida para los sitios de monitoreo GLORIA.



A continuación se cubrirán algunas puntualizaciones metodológicas relacionadas a la estandarización de procesos que no están cubiertos por el manual referido anteriormente, como la vinculación institucional de los sitios y la curación taxonómica, la documentación fotográfica de los sitios y la vegetación, el manejo de la información más allá de la inscripción oficial de los sitios en la plataforma de GLORIA-Central ([www.gloria.ac.at](http://www.gloria.ac.at)), y las consideraciones metodológicas relacionadas con la temporalidad de los sitios y con estudios complementarios que pueden ser realizados en las regiones monitoreadas.

## FORTALECIMIENTO DE LAS COLECCIONES DE REFERENCIA ASOCIADAS A LOS SITIOS DE MONITOREO

El proceso de instalación de los sitios GLORIA genera una gran variedad de información de distinta índole (p. ej. climática y florística), utilizada para caracterizar la región y monitorear los cambios que pueda sufrir a lo largo del tiempo. Uno de los principales recursos necesarios para el análisis de la información florística son los herbarios. Un herbario es una colección de plantas preservadas, catalogadas y organizadas sistemáticamente para facilitar su revisión y estudio. Estas colecciones son una referencia de vital importancia para documentar la identidad de los nombres que se asignan a las plantas y poder identificar plantas provenientes de diversos estudios, por lo que se convierten en un apoyo importante para los proyectos relacionados con la conservación de la biodiversidad. En ningún país miembro de la CAN existe una flora completa y actualizada; en Bolivia, el país menos conocido con respecto a su flora, se trabaja desde hace varios años en la elaboración de un catálogo anotado de la flora. Desde este punto de vista, es necesario que los sitios GLORIA instalados en los Andes estén asociados a un herbario o colección institucional. Este respaldo institucional permite facilitar el trabajo de caracterización botánica del sitio y garantizar la fidelidad de las identificaciones.

Si bien la mayoría de los sitios instalados cuenta con colecciones de referencia, no todas estas se encuentran depositadas en herbarios institucionales, inclusive algunas de estas son solamente micro-herbarios (colecciones portátiles de referencia). De esta manera, la Red Andina de Monitoreo impulsa dos procesos fundamentales para fortalecer la información florística generada en los sitios, en relación a sus colecciones de referencia: la institucionalización de los sitios y el fortalecimiento de las colecciones botánicas de los sitios de monitoreo y de sus herbarios asociados. A largo plazo, se espera llegar al establecimiento de una colección de referencia regional que permita construir un archivo con la información taxonómica de las especies presentes en los sitios GLORIA (ver Recuadro 3 en la sección 4. Conclusiones y Próximos Pasos)

## INSTITUCIONALIZACIÓN DE LOS SITIOS

Como ya se mencionó anteriormente, los herbarios son de vital importancia para la caracterización botánica de los sitios, debido a que permiten contrastar los especímenes provenientes de los sitios de monitoreo con las muestras curadas por especialistas de un herbario. De esta manera se garantiza la calidad de la información florística levantada. Adicionalmente, las colecciones de un herbario para una especie dada abarcan un rango geográfico más amplio que el de los sitios de monitoreo. Esto permite observar mejor la variación morfológica de una especie a lo largo de una porción más amplia de su distribución real. Estas dos características descritas reducen la posibilidad de una identificación errónea, asociada en este caso a la falta de comprensión del rango de variación morfológica que puede presentar un taxón. Finalmente, al depositar la colección de referencia asociada al sitio en un herbario institucional, se promueve y garantiza el acceso a esta información a un mayor número de potenciales usuarios o interesados, facilitando inclusive futuras tareas de identificación de las especies en el caso de los re-muestreos en el mediano y largo plazo.

De esta manera, la Red busca promover la alianza de los sitios instalados con instituciones que alberguen colecciones botánicas. Este es el caso, por ejemplo, del sitio Complejo Volcánico Pichincha (ECPIC) instalado por CONDESAN, que ahora cuenta con el apoyo del Herbario QCA de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE) para la identificación de las especies del sitio y para albergar la colección de referencia del mismo, gracias al establecimiento de acuerdos de colaboración entre estas instituciones. Se espera que procesos similares se den entre el sitio de Pacaipampa y el Herbario de la Universidad de Loja, el del Ángel y el Herbario QCA, y los sitios de Sibinacocha y Cumbres Calchaquíes con el Herbario de La Paz.

## FORTALECIMIENTO DE LAS COLECCIONES BOTÁNICAS DE LOS SITIOS DE MONITOREO Y DE SUS HERBARIOS ASOCIADOS

Uno de los procesos más importantes que se ha identificado, relacionado con la identificación de las especies presentes en los sitios de monitoreo y el establecimiento de colecciones de referencia, es el mejoramiento de las colecciones que ya se han efectuado como parte de la línea base. Durante los talleres regionales para la homologación de la taxonomía, se han identificado los grupos de especies resumidos en la Tabla 1, para los cuales es necesario complementar las colecciones con material botánico para sus identificaciones (p. ej. flores y frutos). Por lo tanto, se ha acordado que en la planificación de la instalación y remediación de los sitios piloto se incluyan visitas para buscar y complementar el material de referencia y así poder mejorar las colecciones asociadas a los sitios.

TABLA 1. Principales géneros de plantas presentes en los sitios piloto que requieren de mejor material para la identificación de las especies (Muriel et al., 2012)

Familia o grupo	Géneros
Asteraceae	<i>Belloa, Gamochaeta, Gnaphalium, Luciolacline, Mniodes andina</i>
Brassicaceae	<i>Draba</i>
Caryophyllaceae	<i>Arenaria, Paronychia, Silene</i>
Fabaceae	<i>Astragalus</i>
Gentianaceae	<i>Gentianella</i>
Poaceae	<i>Deyeuxia, Festuca, Koeleria, Nassella, Piptochaetium, Poa, Stipa</i>
Pteridophyta	<i>Asplenium, Blechnum, Elaphoglossum, Jamesonia</i>
Asteraceae	<i>Achyrocline, Baccharis, Crepis, Gynoxys, Onoseris, Senecio</i>
Cyperaceae	<i>Carex</i>
Gentianaceae	<i>Gentianella</i>

## ESTANDARIZACIÓN DE PROCEDIMIENTOS

### ESTANDARIZACIÓN DE LA TAXONOMÍA

La información florística levantada en la instalación de los sitios de monitoreo GLORIA-Andes es muy valiosa y constituye el principal insumo para catalogar y documentar las especies presentes en los sitios de monitoreo de alta montaña en los Andes. Sin embargo, la información requiere que sea levantada bajo un mismo conjunto de estándares y metodologías, que aseguren la calidad de la información y la posibilidad de comparar y agregar los datos generados entre los sitios de estudio. La adopción de estos estándares facilita generar resultados aplicables no sólo a una escala local sino a nivel regional. Desde el punto de vista experimental, las metodologías diseñadas por la Iniciativa GLORIA y su adaptación a ecosistemas tropicales de vegetación densa (Pauli et al., 2004; Cuesta et al., 2009) garantizan la comparabilidad de los resultados. Sin embargo, en ambientes tan complejos como los que conforman los Andes Tropicales, la caracterización taxonómica de las especies es un reto particular, debido a la diversidad de estos ecosistemas y al estado todavía incipiente del conocimiento taxonómico de muchos grupos de plantas presentes en esta región.

Es por esta razón que una de las principales actividades impulsadas por la Red Andina de Monitoreo es la estandarización de los sistemas de

clasificación y las nomenclaturas para las plantas vasculares presentes en los sitios de monitoreo. Para esto se ha promovido la interacción entre los botánicos involucrados en la implementación de los sitios, mediante talleres regionales, para analizar los problemas taxonómicos encontrados en la línea base de los sitios y tomar decisiones consensuadas que permitan estandarizar los datos florísticos de los sitios bajo un mismo criterio (Muriel et al., 2012).

### DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA DE LOS SITIOS PILOTO Y SU VEGETACIÓN ASOCIADA

Uno de los aspectos cruciales para la implementación de los sitios GLORIA y para el monitoreo de las cimas a largo plazo, es mantener un completo registro fotográfico de acuerdo al sistema de codificación de la Red, tanto para documentar el establecimiento de los sitios de monitoreo, como para documentar las especies presentes en los mismos. Primeramente, este proceso es necesario para la documentación de las actividades y tareas de campo asociadas a la instalación del sitio, así como de todas las especies vegetales registradas en la cima. Adicionalmente, esta documentación es esencial para la reinstalación de los sitios durante los remuestreos (redefinición de las áreas cimeras y delimitación de las parcelas permanentes de 3 x 3 m).

Por otra parte, la documentación fotográfica de las especies presentes en las cumbres de los sitios de monitoreo es una herramienta de apoyo fundamental para la identificación de las especies y el establecimiento de la línea base. Estos recursos fotográficos permiten documentar características que potencialmente se pierden al procesar las colecciones en el momento de la preservación (color de las flores, hojas, etc.), pero adicionalmente son de vital importancia en el registro de especies raras en las cimas, puesto que la metodología aplicada en los sitios no permite la colección de material de referencia dentro de las áreas cimeras. Actualmente, se está elaborando un catálogo de la flora presente en cada una de las cimas de los sitios piloto, la misma que estará disponible en el portal de información de la Red Andina de Monitoreo (<http://www.condesan.org/ gloria>).

### GEOPORTAL DE LA RED ANDINA DE MONITOREO

#### Base de datos de los sitios de monitoreo GLORIA-Andes

La iniciativa GLORIA cuenta con una detallada metodología y protocolos preestablecidos para la instalación de los sitios de monitoreo. Sin embargo, en el caso de los sitios instalados en los Andes, no se cuenta con protocolos de manejo de datos que permitan que la información generada pueda ser curada, ordenada, facilite análisis posteriores y permita el registro oficial del sitio en el portal de GLORIA Central (Pauli et al., 2004). Este portal provee de una plataforma (data input tool-GDIT, ver <http://www.gloria.ac.at/?a=10>) para la organización de los datos levantados durante la instalación de un sitio. Sin embargo, para utilizar esta herramienta es indispensable contar con la información limpia y con una lista completa de especies para cada sitio. Este es un proceso

complejo que requiere de mucho trabajo, tanto taxonómico como de validación de la información generada durante la instalación del sitio y la generación de la línea base de flora.

En consecuencia, dentro de sus lineamientos y procesos de trabajo, la Red Andina de Monitoreo ha impulsando el diseño e implementación de un sistema de manejo de la información para los sitios GLORIA en los Andes que:

- Integre en una sola infraestructura centralizada los datos levantados en cada uno de los sitios de monitoreo.
- Simplifique y automatice el ingreso de la información, minimizando la ocurrencia de posibles errores al manejar volúmenes considerables de información.
- Maneje conceptos de especies y sinonimias estandarizados, para que la información sea comparable entre los distintos sitios piloto.
- Se integre de manera automática con el portal de investigación y monitoreo, para que este brinde acceso de manera dinámica a la información generada.

Así, hemos diseñado y desarrollado una base de datos que responda a las necesidades de los distintos miembros de la Red y brinde acceso a toda la información generada en cada uno de los sitios instalados. Al momento, esta plataforma constituye una herramienta esencial para el trabajo de curación nomenclatural de las especies presentes en los sitios piloto, el manejo de metadatos y el análisis de los datos florísticos expuestos en el presente libro.

La base de datos, por el diseño y estructura que tiene al momento, maneja información procesada, a partir de los datos crudos de cobertura levantados en las unidades de 1 m<sup>2</sup> y en los PAF. Sin embargo, el plan de expansión a futuro de la base contempla el desarrollo de una nueva versión que pueda manejar directamente los datos crudos levantados en campo. De esta manera, la plataforma se convertirá en una herramienta de trabajo diario de los miembros de la red, permitiendo: (1) la organización y manejo de la información de una manera más eficiente y controlada; y (2) la extracción de los datos ya procesados y curados para que estos puedan ser subidos directamente a la infraestructura establecida por GLORIA-central, o puedan ser analizados, utilizando otros aplicativos (p. ej. paquetes estadísticos).

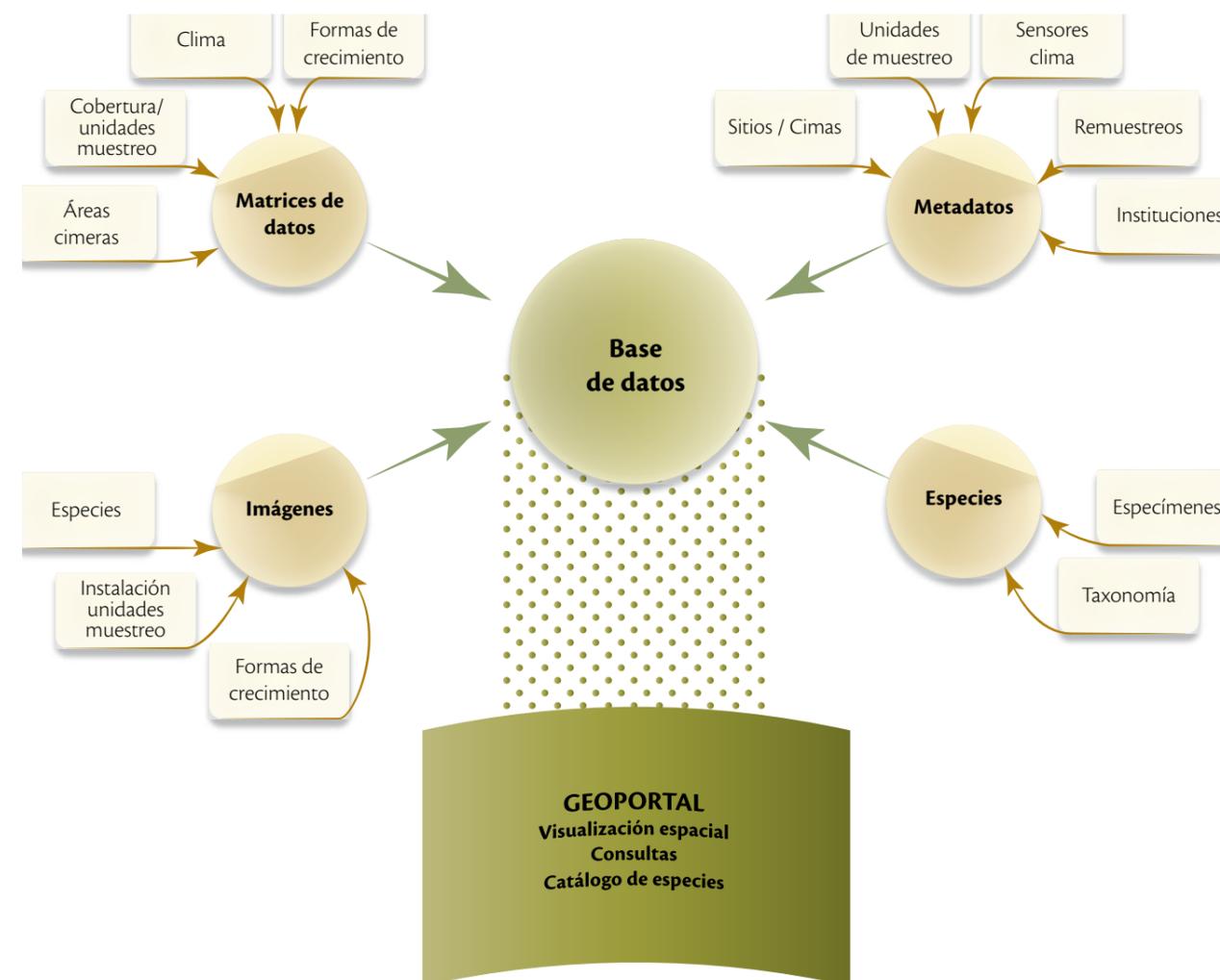
La plataforma diseñada para el manejo de la información generada consiste en una base de datos relacional, compuesta de cinco módulos (Figura 4). Cada uno de los módulos está destinado a manejar información de distinta índole (p. ej. metadatos, variables biofísicas), como se explica a continuación:

- Módulo de metadatos:** está compuesto por cinco tablas distintas (MD\_Cumbres, MD\_unidadesAnálisis, MD\_Clima, MD\_remuestreos, MD\_Instituciones) en donde se registran los datos relacionados con la implementación de los sitios, las instituciones que

conforman la Red Andina y mantienen los sitios de monitoreo, los equipos instalados para el monitoreo del clima y las visitas que se hacen a los sitios con distintos propósitos (p. ej. levantamiento de la línea base, descarga de los sensores de clima).

- Módulo de datos:** Compuesto por las matrices de datos que genera la Red. La tabla “MatrizDatos” registra los datos de cobertura vegetal levantados en cada una de las unidades de análisis (cuadrantes de 1 m<sup>2</sup> o PAF). La tabla “MatrizClima” contiene todos los levantamientos climáticos de cada uno de los cuatro sensores (uno por orientación) instalados en cada una de las cimas que conforman un sitio de monitoreo GLORIA. A futuro, se añadirá una tabla adicional, “MatrizHábito” que servirá para registrar los datos morfológicos levantados durante el estudio de formas de crecimiento, descrito en el Recuadro 2.

FIGURA 4. Estructura de la base de datos de la Red Andina de Monitoreo. En este esquema los círculos representan los cinco módulos principales de la base de datos y los rectángulos constituyen cada una de las tablas de información organizadas en la base de datos. Adicionalmente se muestra el enlace de la plataforma con el Geoport, que se encarga de desplegar toda esta información en el Internet.



3. **Módulo taxonómico:** Almacena la información taxonómica relacionada con las especies botánicas registradas en los sitios piloto y sus colecciones de referencia (vouchers) asociadas. En este módulo, la información está dividida en dos tablas, la primera, "Curación\_Taxonómica" contiene la totalidad de nombres científicos provenientes de la línea base de los sitios de monitoreo, independientemente de que ocurran en uno o más sitios. El propósito de esta tabla es registrar toda la información asociada a los levantamientos de cobertura vegetal de las cimas, la cual debe ser curada por botánicos especialistas para mantener la homogeneidad taxonómica entre todos los sitios (ver punto 2.3.1 Estandarización de la taxonomía), y así poder realizar los análisis regionales que presentamos en esta publicación. La segunda tabla "Catálogo\_Taxa", contiene la información taxonómica ya revisada y condensada, y constituye la base taxonómica de la información que se despliega en el portal de la red (<http://www.condesan.org/gloria/>).
4. **Módulo de imágenes:** En este módulo se organiza la información asociada a la documentación fotográfica de la implementación de los sitios y de las especies botánicas registradas en el campo (p. ej. fotografías de campo de las especies vivas y fotografías de los especímenes de respaldo).

#### *Geportal de los sitios de monitoreo GLORIA-Andes*

La Red Andina de Monitoreo viene impulsando, paralelamente al fortalecimiento e implementación de los sitios piloto, la construcción de un portal de investigación y monitoreo, que permita poner a disposición de sus miembros y del público en general la información generada. El portal es manejado por la Secretaría Técnica de la Red en CONDESAN, está vinculado al sistema de información ambiental de la SGCAN y se encuentra disponible en el siguiente enlace: <http://geogloria.condesan.org/>

Este consiste en una interfaz de Internet, desarrollada en PostgreSQL, que integra toda la información contenida en la base de datos de los sitios con la información espacial asociada a los mismos a través de PostGIS. De esta manera, el GEOPORTAL permite visualizar, de manera espacial toda la información de un sitio de monitoreo de manera dinámica en el Internet. Adicionalmente, se está trabajando conjuntamente con la SGCAN para desarrollar una nueva versión que permita realizar consultas y generar reportes que provean de indicadores sintéticos a los usuarios del portal.



## METODOLOGÍA PARA LOS ANÁLISIS REGIONALES DE VEGETACIÓN

Como ya se detalló en la sección 2.3.1, los datos de la línea base de vegetación de los sitios de monitoreo pasaron por un proceso de estandarización de su taxonomía. Este comprendió la revisión y curación de los nombres registrados en la base de datos y el trabajo de revisión de las especies o grupos problema identificados en dos talleres regionales con los taxónomos de los sitios, para homologar la taxonomía de la flora de los sitios. Este trabajo permitió estandarizar la información de los sitios bajo un solo criterio de clasificación, para así poder contar con información consistente y comparable, organizada bajo un mismo criterio.

Para los análisis regionales presentados en esta publicación y para la caracterización de cada uno de los sitios de monitoreo, se extrajeron los datos de la línea base de vegetación y de clima (temperatura) de la información de cobertura vegetal de las parcelas permanentes de 1m<sup>2</sup>, se realizaron los análisis regionales de riqueza y diversidad a escala de sitios y cimas. Los datos de vegetación fueron analizados en el programa JPM 8.0 (Sall *et al.*, 2005).

## PATRONES DE DIVERSIDAD REGIONALES

---

Analizamos la riqueza, diversidad y cobertura de las comunidades de plantas vasculares en cada sitio GLORIA estudiado. Para cada unidad de muestreo (16 parcelas de 1 m<sup>2</sup> de cada cima) de los sitios inventariados se calculó el número de taxa presentes (riqueza), la diversidad alfa a través de los índices de Shannon y de equidad, y la cobertura a partir de la estimación de la superficie cubierta por cada especie para cada unidad de m<sup>2</sup>. Para extrapolar los datos de parcelas a la escala de cima o sitio, estimamos la media y la desviación estándar de las métricas de riqueza, diversidad y cobertura de plantas vasculares. Las tabulaciones realizadas nos permitieron obtener los valores de diversidad y estructura de las comunidades de plantas para cada sitio de monitoreo en los Andes.

El índice de Shannon se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i \quad \text{Ecuación 1.}$$

Donde, S es el número total de especies y  $p_i$  es la frecuencia de *i*th especies (la probabilidad de que cualquier individuo pertenezca a esa especie, por lo tanto p).

El índice de equidad se obtiene de la siguiente manera:

$$\text{Equidad} = e^{\hat{H}/S} \quad \text{Ecuación 2.}$$

Donde, la equidad es igual al logaritmo del índice de Shannon dividido para la riqueza máxima de especies registradas en cada localidad.

## SIMILITUD

---

Realizamos un análisis de agrupamiento de dos vías (Two-way cluster), utilizando el programa estadístico PAST (Hammer *et al.*, 2001), para agrupar las unidades de muestreo en base a un índice de similitud y posteriormente organizar las especies e identificar los diferentes clados. Adicionalmente, este análisis permite evaluar visualmente, cuáles son las especies características de cada agrupación. Para los análisis que se presentan en este reporte, se utilizó el índice de Bray-Curtis, que es un índice asimétrico, por lo cual no cuenta la ausencia de una especie como una similitud entre sitios de muestreo, además de que trata de manera adecuada las diferencias en riqueza de especies entre las áreas a ser comparadas. El índice de Bray-Curtis es equivalente al número total de especies que son únicas para cualquiera de los dos sitios analizados dividido para el número total de especies para los dos sitios. En otras palabras, es la proporción entre el recambio de especies entre dos sitios y la riqueza total de especies para los dos sitios, y se calcula de la siguiente manera:

$$BC_{ij} = \frac{S_i + S_j - 2C_{ij}}{S_i + S_j} \quad \text{Ecuación 3.}$$

Donde,

$C_{ij}$  = suma de los valores mínimos de la abundancia de las especies compartidas entre los dos sitios (valores de abundancia en el sitio donde la especie es más rara).

$S_i$  y  $S_j$  = número total de individuos registrados de cada especie en ambos sitios.



Resultados  
preliminares

# Resultados preliminares de la línea base de los sitios de monitoreo GLORIA-Andes

La Red Andina de monitoreo ha apoyado directa o indirectamente la instalación de 15 sitios de monitoreo en los Andes. De estos, nueve sitios han finalizado su proceso de instalación y los seis restantes se encuentran en proceso de consolidación de la información recopilada. Estos sitios han sido implementados desde enero de 2008 a agosto de 2011<sup>2</sup>.

En esta primera publicación se presentan los resultados preliminares de establecimiento de una línea base de flora y clima (temperatura) para nueve sitios que al momento han finalizado su instalación (Tabla 2).

<sup>2</sup> Es importante anotar que la instalación de algunos sitios inició antes de contar con el apoyo de la SGCAN: el sitio de Sajama (BOSAJ) es el más antiguo de todos y su instalación inició en 2006, Apolobamba (BOAPL) y Cumbres Calchaquíes (ARCUC) se instalaron en 2007.

## CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL DE LA RED ANDINA DE MONITOREO GLORIA

La selección de los sitios instalados ha procurado establecer un gradiente latitudinal y altitudinal a lo largo de la Cordillera, para así tener una representación de sus diferentes ambientes en los sitios de monitoreo. El propósito de este diseño es lograr construir una lectura regional que permita delinear recomendaciones de manejo y conservación de los ecosistemas altoandinos en el marco de la integración andina.

Los diez sitios cubren un gradiente latitudinal que va desde los 6°N (Parque Nacional Cocuy, Colombia) hasta los 26°S (Cumbres Calchaquíes, Argentina), y en un gradiente altitudinal de 2.600 m. La cumbre IMG (3.076 m) del sitio Pacaipampa (Perú) corresponde a su límite inferior y la cumbre Yurak (5.498 m) en Sibinacocha (Perú) a su límite superior. Los nueve sitios instalados y para los que se reporta los resultados de flora en esta publicación son, de norte a sur: Cocuy (COCCY), El Ángel (ECANG), Pichincha (ECPIC), Podocarpus (ECPNP), Pacaipampa (PEPAC), Apolobamba (BOAPL), Tuni-Condoriri (BOTUC), Sajama (BOSAJ) y Cumbres Calchaquíes (ARCUC) (Tablas 2 y 3).

Los sitios cubren una gran diversidad de hábitats, desde los páramos arbustivos muy húmedos de la Cordillera Oriental de Colombia (Cocuy), pasando por los páramos pluviales y pluviestacionales dominados por herbáceas del Ecuador y el norte de Perú, los ecosistemas pluviestacionales de la puna húmeda de la cordillera oriental de Perú y Bolivia, hasta la puna xerofítica del ramal occidental de los Andes en Bolivia y el límite de los Andes Tropicales en el noroccidente de Argentina (Figura 5).

Los promedios de la temperatura máxima, mínima y media mensual de cada cima de monitoreo muestran una clara diferencia entre los sitios de páramo y puna. Los sitios de páramo muestran que las temperaturas mínimas nunca son inferiores a 4 °C y las máximas nunca superan los 15 °C a lo largo del año. Adicionalmente, se observa que la amplitud térmica en ninguno de los meses del año supera los 10 °C, confirmando lo documentado previamente en estudios para los pastizales tropicales de altamontaña: aquí la estacionalidad térmica es baja y la temperatura del suelo es mucho más constante que la temperatura del aire (Bader *et al.*, 2007; Körner y Paulsen, 2004).

Sin embargo, estas temperaturas se vuelven mucho más extremas en los suelos más secos y expuestos como los suelos arenosos y graníticos de la puna. No obstante, los sitios de la puna evidencian diferencias climáticas importantes en función de su altitud y su ubicación geográfica y latitudinal.

Las 19 cimas de los sitios de puna muestran una relación inversa entre las temperaturas y la altitud: las cimas más altas reportan los valores mínimos más extremos y las cimas de menor elevación los valores mayores para las temperaturas máxima y media mensual. Por otra parte, el sitio de Argentina (ARCUC), ubicado a 26 °S, evidencia que pese a que las cumbres no superan los 4.500 m de elevación, a excepción de Isabel (4.742

TABLA 2. Características generales de los sitios de la Red Andina de Monitoreo GLORIA que se reportan en esta publicación.

País	Código del sitio	Nombre completo del sitio	Nombre corto	Bioma	Código de la cima	Nombre de la cima	Altitud de la cima (m)	Coordenadas geográficas
ECUADOR	ECANG	Reserva Ecológica El Ángel	EL ÁNGEL	Páramos arbustivos	CC	Monte Crespo	4.059	0° 42' 30" N; 77° 77' 55" W
					CH	Chaquita-loma	4.104	0° 43' 42" N; 77° 57' 14" W
					CN	Cerro Negro	4.263	0° 45' 11" N; 77° 58' 28" W
					CP	Cerro Pelado	4.166	0° 43' 30" N; 77° 55' 35" W
	ECPIC	Complejo Volcánico Pichincha	PICHINCHA	Páramo de pajonal	CHU	Cerro Chuquirahua	4.394	0° 10' 37,9" S; 78° 34' 48,8" W
					ING	Cerro Ingapirca	4.424	0° 8' 22,9" S; 78° 34' 30,4" W
					LDP	La Despensa	4.044	0° 8' 8,4" S; 78° 34' 47,2" W
					PEN	Padre Encantado	4.584	0° 10' 15,5" S; 78° 34' 33,4" W
	ECPNP	Parque Nacional Podocarpus	PODOCARPUS	Páramos arbustivos	CIA	Cima A	3.270	4° 6' 31" S; 79° 9' 43,9" W
					CIB	Cima B	3.320	4° 6' 22,6" S; 79° 9' 43" W
					CIC	Cima C	3.400	4° 5' 40,8" S; 79° 9' 40,2" W
	PERÚ	PEPAC	Páramos de Pacaipampa	PACAI PAMPA	Páramos arbustivos	EHG	EHG	3.519
HPV						HPV	3.570	4° 57' 4,15" S; 79° 28' 19,29" W
IMC						IMC	3.076	4° 56' 38,6" S; 79° 29' 32,39" W
PVO						PVO	3.275	4° 56' 18,3" S; 79° 29' 11,46" W
PESIB		Cordillera de Vilcanota	SIBINACOCCHA	Puna húmeda	ORQ	Orqo Q'ocha	5.320	13° 45' 39,6" S; 71° 4' 58,8" W
					PUM	Pumachunta	4.960	13° 50' 6" S; 71° 4' 4,8" W
					RIT	Rititica	5.250	13° 45' 57,6" S; 71° 4' 51,6" W
YUR	Yurak	5.498	13° 46' 1,2" S; 71° 5' 16,8" W					

TABLA 2. Características generales de los sitios de la Red Andina de Monitoreo GLORIA que se reportan en esta publicación.

País	Código del sitio	Nombre completo del sitio	Nombre corto	Bioma	Código de la cima	Nombre de la cima	Altitud de la cima (m)	Coordenadas geográficas
ARGENTINA	ARCUC	Parque Provincial Cumbres Cachaquíes	CUMBRES CACHALQUÍES	Puna xerofítica	ALZ	Alazán	4.040	26° 38' 6,72" S; 65° 43' 37,56" W
					HUA	Piedra Blanca	4.280	26° 39' 40,68" S; 65° 44' 30,84" W
					ISA	Cerro Isabel	4.742	26° 37' 54,48" S; 65° 43' 37,2" W
					SIN	Sinuosa	4.450	26° 38' 10,32" S; 65° 44' 0,24" W
BOLIVIA	BOAPL	Área Natural de Manejo Integrado Apolobamba	APOLOBAMBA	Puna húmeda	MIT	Pelechuco Mita	5.050	15° 1' 13,3" S; 69° 8' 48,7" W
					MOR	Moraroni	5.195	15° 1' 47,7" S; 69° 13' 0,25" W
					PUN	Puntani	4.760	15° 1' 30,48" S; 69° 11' 58,56" W
					SOC	Socondori	4.500	15° 0' 31,44" S; 69° 13' 31,84" W
	BOSAJ	Parque Nacional Sajama	SAJAMA	Puna xerofítica	HUI	Huincurata	4.567	18° 7' 5,3" S; 68° 57' 43,8" W
					JAS	Jasasuni	4.931	18° 9' 18,9" S; 68° 51' 44,64" W
					PAC	Pacollo	4.192	18° 12' 37,24" S; 68° 58' 5,01" W
					SUM	Sumac	4.759	18° 7' 38" S; 68° 56' 8,2" W
BOTUC	Parque Nacional Tuni Condoriri	TUNI CONDORIRI	Puna húmeda	COP	Condor Pusthaña	4.862	16° 13' 27,7" S; 68° 16' 3,4" W	
				PAT	Paco Thojo	5.058	16° 12' 31,3" S; 68° 16' 12,3" W	
				SAL	Saltuni	5.325	16° 14' 14,208" S; 68° 10' 53,04" W	
				WAT	Waña Tuxu	4.650	16° 13' 50,9" S; 68° 15' 29,3" W	
COLOMBIA	COCCY	Parque Nacional El Cocuy	COCUY	Páramos arbustivos	CAC	Camino Alto del Conejo	4.209	6° 23' 3,2" N; 72° 21' 5,5" W
					CLG	Cerro Lagunillas	4.331	6° 22' 33,1" N; 72° 21' 10,1" W
					LGB	Lagunillas Bajo	4.056	6° 22' 48,3" N; 72° 20' 9,0" W
					MOL	Cerro El Molino	4.411	6° 22' 2,0" N; 72° 20' 50,7" W

TABLA 3. Tenencia y uso de la tierra en las áreas asociadas a los sitios de monitoreo de la Red Andina. El grado de disturbio se clasificó de la siguiente manera: 0: no disturbado, 10: suelo desnudo.

País	Sitio	Código cima	Nombre de la cima	Grado de disturbio	Causas del disturbio	Tenencia o manejo de la zona	Uso de la tierra
ARGENTINA	CUMBRES CACHALQUÍES	ALZ	Alazán	2	Andinismo, pastoreo por guanacos principalmente, también vacunos y equinos	Parque Provincial Cumbres Calchaquíes	Pastoreo guanacos, andinismo
		HUA	Piedra Blanca	1	Andinismo, pastoreo por guanacos		
		ISA	Cerro Isabel	1	Andinismo		
		SIN	Sinuosa	0	-		
BOLIVIA	APOLOBAMBA	MIT	Pelechuco Mita	2	Pastoreo por camélidos	Área Natural de Manejo Integrado	
		MOR	Moraroni	1	Sitio ceremonial eventual		
		PUN	Puntani	3	Pastoreo por camélidos		
		SOC	Socondori	3	Pastoreo por camélidos		
BOLIVIA	SAJAMA	HUI	Huincurata	3	Algo de pisoteo por humanos	Parque Nacional	
		JAS	Jasasuni	0			
		PAC	Pacollo	4	Algo de pisoteo por humanos		
		SUM	Sumac	1	Algo de pisoteo por humanos, pastoreo de camélidos		
BOLIVIA	TUNI CONDORIRI	COP	Condor Pusthaña	2	Pastoreo por camélidos	Parque Nacional (sin gestión)	
		PAT	Paco Thojo	1	Descargas eléctricas		
		SAL	Saltuni	0			
		WAT	Waña Tuxu	4	Pastoreo por camélidos y ocasionalmente por ganado vacuno		
COLOMBIA	COCUY	CAC	Camino Alto del Conejo	3	-	Parque Nacional	Históricamente pastoreado
		CLG	Cerro Lagunillas	1	-		
		LGB	Lagunillas Bajo	7	-		
		MOL	Cerro El Molino	0	-		

TABLA 3. Tenencia y uso de la tierra en las áreas asociadas a los sitios de monitoreo de la Red Andina. El grado de disturbio se clasificó de la siguiente manera: 0: no disturbado, 10: suelo desnudo.

País	Sitio	Código cima	Nombre de la cima	Grado de disturbio	Causas del disturbio	Tenencia o manejo de la zona	Uso de la tierra
ECUADOR	EL ÁNGEL	CC	Monte Crespo	1	Pisoteo humano (investigadores)	Área protegida	
		CH	Chaquitaloma	1	Pisoteo humano (investigadores)		
		CN	Cerro Negro	5	Pisoteo humano (investigadores) Presencia de llamingos		
		CP	Cerro Pelado	1	Pisoteo humano (investigadores)		
	PICHINCHA	CHU	Cerro Chuquirahua	0	La cumbre del Cerro no evidencia impactos humanos pero sus faldas han sido regularmente sometidas a quemas	Bosque Protector Pichincha	
		PEN	Padre Encantado	2	Pisoteo humano		
		ING	Cerro Ingapirca	0	La cumbre del Cerro no evidencia impactos humanos pero sus faldas han sido regularmente sometidas a quemas		
		LDP	La Despensa	5	Fuego (15 a 20 años atrás)		
PODOCARPUS	CIA	Cima A	1	Pisoteo humano (turistas, investigadores)	Área protegida		
	CIB	Cima B	1	Pisoteo humano (turistas, investigadores)			
	CIC	Cima C	1	Pisoteo humano (turistas, investigadores)			
PERÚ	PACAIPAMPA	EHG	EHG	0	Ninguno	Área comunal	
		HPV	HPV	0	Ninguno		
		IMC	IMC	0	Ninguno		
		PVO	PVO	0	Ninguno		
SIBINACCOCHA	ORQ	Orqo Q'ocha	0	-	Zona reservada con propósito de crear Área Protegida	Manejo de zona pastoril es combinación de privada y comunal	
	PUM	Pumachunta	3	Andinismo, pastoreo regular de alpacas			
	RIT	Rititica	1	Andinismo, evidencia de pastoreo por vacas, viscachas y vicuñas			
	YUR	Yurak	0	-			



FIGURA 5.  
Mapa de ubicación de los sitios piloto instalados en Sudamérica.

m), los meses de invierno reportan incluso valores promedio inferiores a  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , valores muy por debajo de los valores promedio de la época de crecimiento reportados por Körner y Paulsen (2004) en su revisión global de la temperatura en los ecosistemas de altamontaña. Estos patrones confirman el hecho de que el sitio en Argentina tiene un comportamiento característico de un sitio temperado antes que el de un sitio tropical.

Las ocho cumbres localizadas en la cordillera occidental (Sajama y Cumbres Calchaquíes) muestran una marcada estacionalidad térmica, expresada en la reducción considerable de los tres indicadores de temperatura en los meses de mayo a agosto. La temperatura mínima llega a valores de  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  en julio y agosto en las cimas Sumac (4.759 m) y Jasasuni (4.931 m) en Sajama (BOSAJ); en las cuatros cimas del sitio Cumbres Calchaquíes el promedio de la temperatura mínima llega a valores tan bajos como  $-11\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante los meses de invierno del hemisferio sur (Figuras 19, 24, 32, 36, 41, 46 y 51).

Por otro lado, los sitios ubicados en la cordillera oriental muestran una estacionalidad térmica menos marcada. Las cumbres inferiores a los 5.000 metros de elevación de los sitios de Bolivia (Tuni-Condoriri y Apolobamba) y Perú (Sibinacocha) muestran una ligera disminución en las temperaturas mínimas durante junio-agosto, llegando a oscilar entre  $2\text{ y }3\text{ }^{\circ}\text{C}$ , y las máximas entre  $10\text{ y }15\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Las cimas con elevaciones sobre los 5.000 metros, a excepción de Paco Thoyo (Tuni Condoriri) y Rititica (Sibinacocha), reportan temperaturas entre  $-1\text{ y }-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ . El patrón más conspicuo de esta disminución es la cima de Saltuni, ubicada a 5.325 m, la cual reporta valores negativos en los promedios de su temperatura mínima para todos los meses del año, con los valores más bajos ( $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) en junio, julio y agosto.

Las diferencias climáticas descritas entre los sitios de páramo y puna se expresan también en diferencias en la estructura y composición de las comunidades de plantas vasculares. En general los sitios de páramo presentan comunidades compuestas por una alta diversidad de especies y estructuralmente dominadas por varias de ellas. En estos sitios muchas de estas especies presentan coberturas superiores al 10%, a excepción del sitio en Cocuy. Por el contrario, las comunidades de flora de los sitios de puna están dominadas solo por dos o tres especies que superan el 10% de cobertura (Figuras 6a y 6b).

FIGURA 6A.

Comparación de las diez (10) especies con mayor porcentaje de cobertura entre los sitios de páramo.  
**A. Cocuy,**  
**B. El Ángel,**  
**C. Pichincha,**  
**D. Podocarpus,**  
**E. Pacaipampa.**

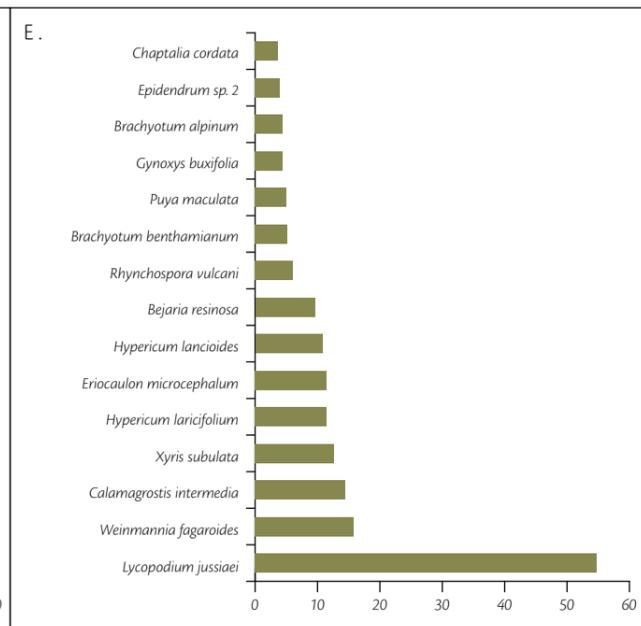
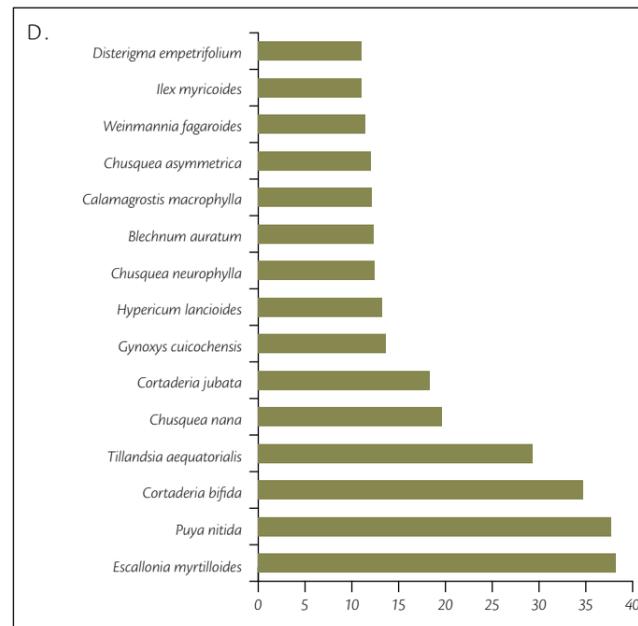
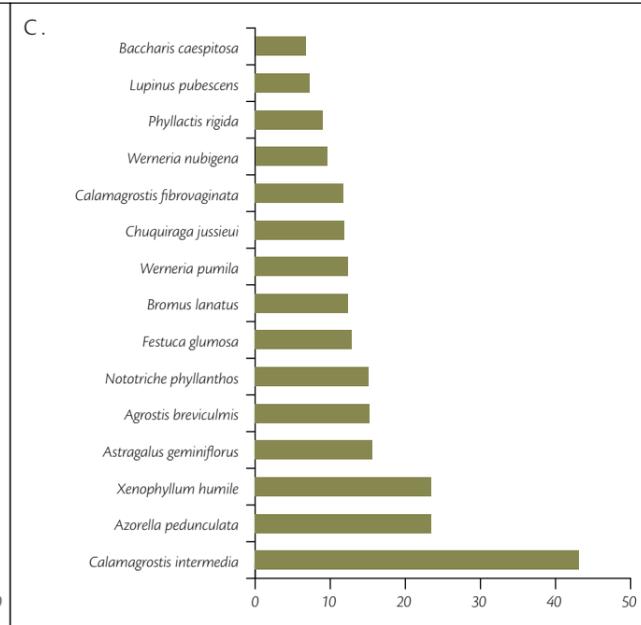
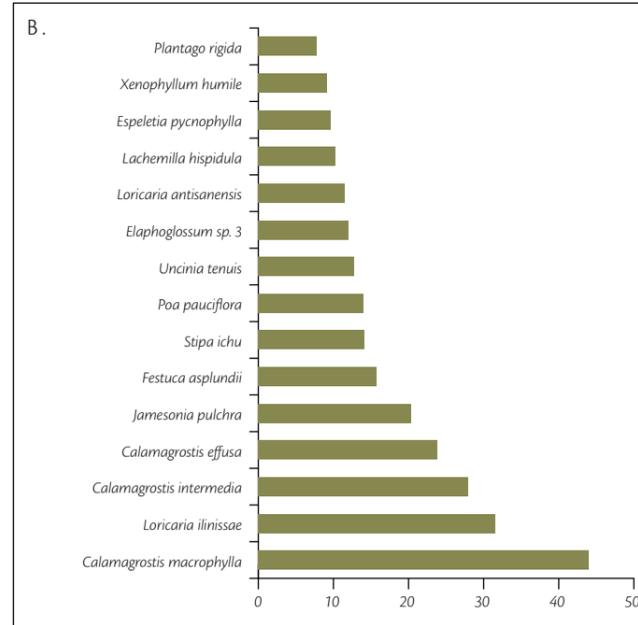
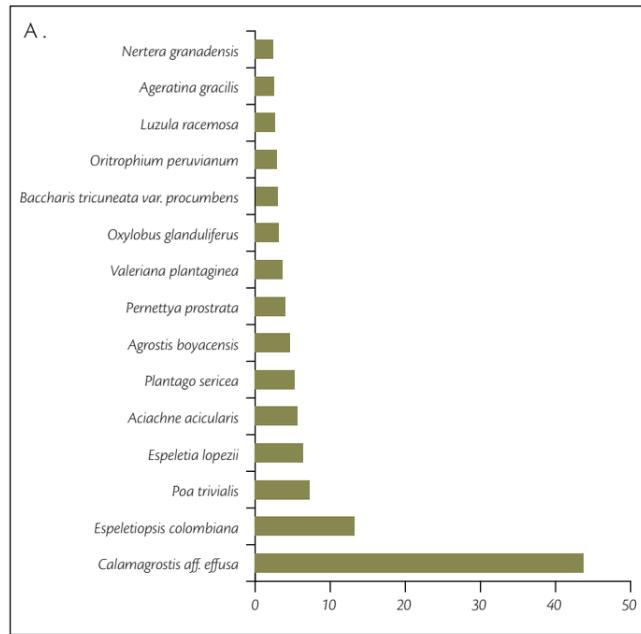
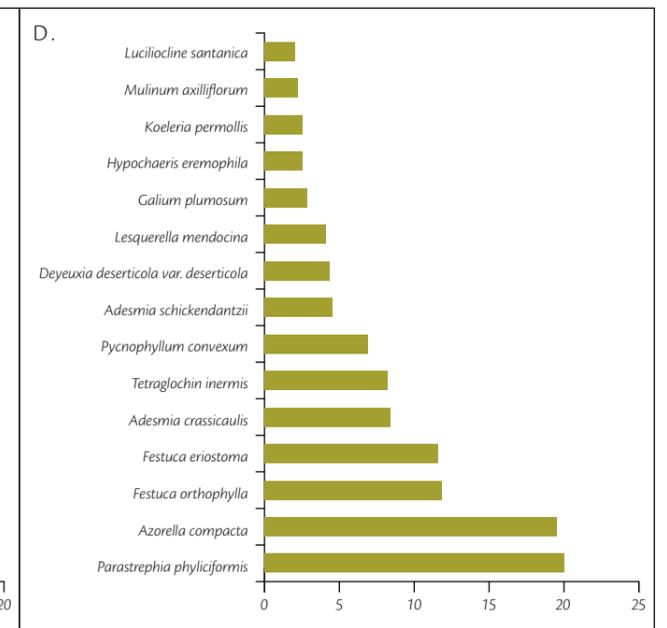
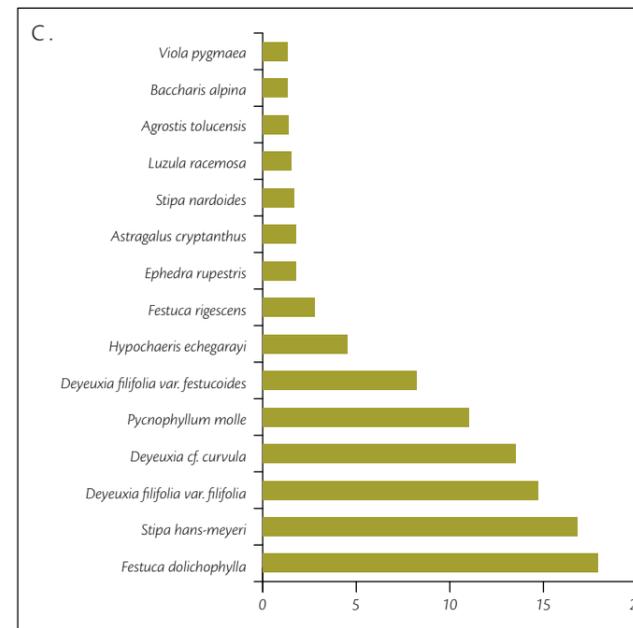
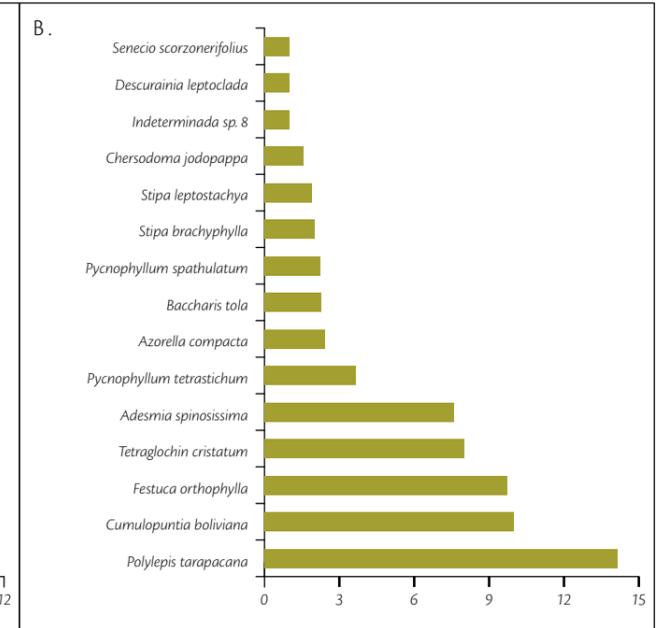
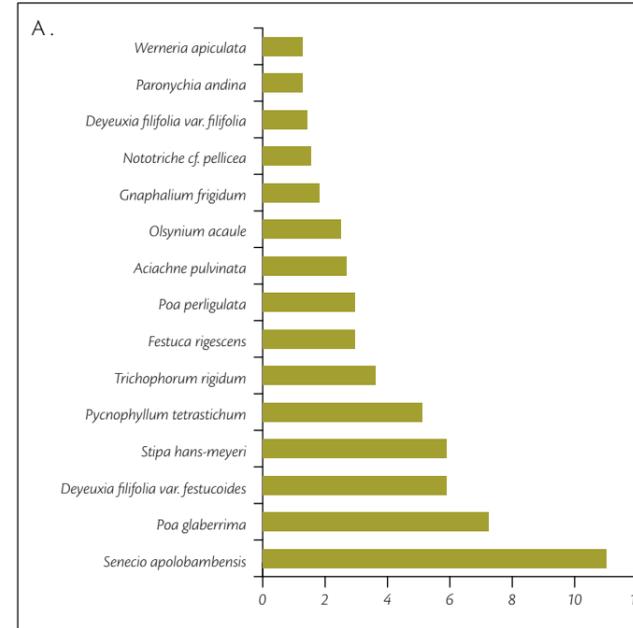


FIGURA 6B.

Comparación de las diez (10) especies con mayor porcentaje de cobertura entre los sitios de puna.  
**A. Apolobamba,**  
**B. Sajama,**  
**C. Tuni Condoriri,**  
**D. Cumbres Calchaquíes.**



En el caso de los sitios de páramo, la comunidad de plantas evidencia al menos dos grupos muy diferentes. El primero, representado por los sitios del Ángel, Pichincha y Cocuy, está compuesto por los páramos dominados por “pajonales” de los géneros *Calamagrostis*, *Agrostis* y *Festuca*. El segundo grupo, compuesto por los páramos arbustivos del sur de Ecuador y norte del Perú, se caracteriza por tener muchas especies arbustivas propias del ecotono entre el bosque montano y los páramos. Adicionalmente, estos dos sitios representan los sitios de monitoreo más bajos de todos los Andes. Quizá esta particularidad explica la alta singularidad de la flora y sus altos valores de diversidad (ver sección 3.3).

Las comunidades de los sitios de puna muestran también diferencias entre los sitios de la puna húmeda (Tuni Condoriri y Apolobamba) y los de la puna xerofítica (Sajama y Cumbres Calchaquíes) en los que los de la puna húmeda, en especial Tuni Condoriri, tienen una alta diversidad y muchas especies abundantes compartidas. Un patrón similar se observa entre Sajama y Cumbres Calchaquíes, que, pese a encontrarse a más de 8 grados de separación latitudinal (ca. 950 km), comparten muchas especies abundantes (Figura 54).

TABLA 4. Número de especies únicas y especies amenazadas en cada uno de los sitios de la Red Andina de Monitoreo.

Sitio	Total especies	Especies únicas	Porcentaje del total (%)	Especies amenazadas	Porcentaje del total (%)
CUC	125	77	61,6	no evaluado	n/a
PNP	110	71	64,5	21	19,1
ANG	121	61	50,4	4	3,3
PAC	116	51	44,0	12	10,3
CCY	118	40	33,9	no evaluado	n/a
SAJ	85	38	44,7	1	1,2
PIC	72	31	43,1	11	15,3
APL	137	21	15,3	no evaluado	n/a
TUC	99	20	20,2	no evaluado	n/a

TABLA 5. Síntesis de la composición florística de cada uno de los sitios de monitoreo. Se detalla adicionalmente el estado de la identificación taxonómicas de las especies presentes en los sitios.

Sitio reporte	No. total especies	No. familias	No. géneros	Familias más diversas	Géneros más diversos	Estado determinaciones
CCY	118	33	66	Asteraceae (28), Poaceae (17), Rosaceae (7), Ericaceae (5), Orobanchaceae (5)	<i>Bartsia</i> (5), <i>Diplostegium</i> (5), <i>Lachemilla</i> (5), <i>Agrostis</i> (4), <i>Hypericum</i> (4)	65 Identificadas 2 Determinaciones por confirmar 22 Determinadas como afines 16 Determinadas hasta género 7 Determinadas hasta familia 6 Indeterminadas
ANG	121	36	72	Asteraceae (24), Poaceae (16), Cyperaceae (8), Rosaceae (6), Apiaceae (5), Gentianaceae (5)	<i>Calamagrostis</i> (6), <i>Lachemilla</i> (6), <i>Azorella</i> (4), <i>Bartsia</i> (4), <i>Melpomene</i> (4)	109 Identificadas 1 Determinación por confirmar 1 Determinada como afines 10 Determinadas hasta género
PIC	72	30	54	Asteraceae (16), Poaceae (8), Caryophyllaceae (4), Rosaceae (4), Apiaceae (3)	<i>Cerastium</i> (4), <i>Lachemilla</i> (4), <i>Agrostis</i> (3), <i>Geranium</i> (3), <i>Plantago</i> (3)	63 Identificadas 5 Determinaciones por confirmar 2 Determinadas como afines 2 Determinadas hasta género
PNP	110	38	69	Asteraceae (13), Ericaceae (10), Orchidaceae (10), Bromeliaceae (7), Melastomataceae (7)	<i>Epidendrum</i> (6), <i>Miconia</i> (5), <i>Puya</i> (5), <i>Bomarea</i> (4), <i>Blechnum</i> (3)	107 Identificadas 1 Determinación por confirmar 2 Determinadas como afines
PAC	116	39	79	Asteraceae (28), Ericaceae (9), Orchidaceae (7), Apiaceae (4), Lycopodiaceae (4)	<i>Baccharis</i> (4), <i>Arcytophyllum</i> (3), <i>Calceolaria</i> (3), <i>Diplostegium</i> (3), <i>Gaultheria</i> (3)	100 Identificadas 6 Determinaciones por confirmar 10 Determinadas hasta género
APL	137	26	63	Asteraceae (39), Poaceae (30), Caryophyllaceae (14), Brassicaceae (9), Malvaceae (9)	<i>Deyeuxia</i> (12), <i>Senecio</i> (9), <i>Nototriche</i> (8), <i>Paronychia</i> (6), <i>Werneria</i> (6)	82 Identificadas 11 Determinación por confirmar 1 Determinada como afines 35 Determinadas hasta género 3 Determinadas hasta familia 5 Indeterminadas
SAJ	85	18	47	Asteraceae (29), Poaceae (18), Brassicaceae (5), Caryophyllaceae (5), Malvaceae (5)	<i>Senecio</i> (8), <i>Deyeuxia</i> (7), <i>Nototriche</i> (4), <i>Parastrephia</i> (4), <i>Belloa</i> (3)	78 Identificadas 1 Determinación por confirmar 2 Determinadas como afines 1 Determinada hasta familia 3 Indeterminadas
TUC	99	21	49	Asteraceae (29), Poaceae (24), Brassicaceae (6), Caryophyllaceae (6), Apiaceae (4)	<i>Deyeuxia</i> (8), <i>Senecio</i> (5), <i>Belloa</i> (4), <i>Gamochoeta</i> (4), <i>Werneria</i> (4)	73 Identificadas 3 Determinaciones por confirmar 17 Determinadas hasta género 5 Determinadas hasta familia 1 Indeterminadas
CUC	125	32	79	Asteraceae (30), Poaceae (24), Brassicaceae (12), Caryophyllaceae (9), Fabaceae (7)	<i>Senecio</i> (8), <i>Deyeuxia</i> (7), <i>Festuca</i> (5), <i>Poa</i> (5), <i>Astragalus</i> (4)	117 Identificadas 7 Determinadas hasta género 1 Determinada hasta familia



Descripción individual  
y línea base de los

Sitios de monitoreo GLORIA

## PARQUE NACIONAL EL COCUY, COLOMBIA (COCCY)

El sitio se ubica sobre la Cordillera Oriental entre los departamentos de Boyacá, Arauca y Casanare, aproximadamente a los 06°26'N y 72°17'O. Está conformado por cuatro cimas localizadas en el Valle del Río Lagunillas (Figura 7): Lagunillas bajo (LGB), Camino Alto del Conejo (CAC), Cerro Lagunillas (CLG) y Cerros del Molino (MOL) que alcanzan los 4.056, 4.209, 4.331 y 4.411 m de elevación, respectivamente (Figura 8). Para Cocuy no presentamos una caracterización climática, puesto que el sitio no cuenta todavía con datos de temperatura o precipitación.

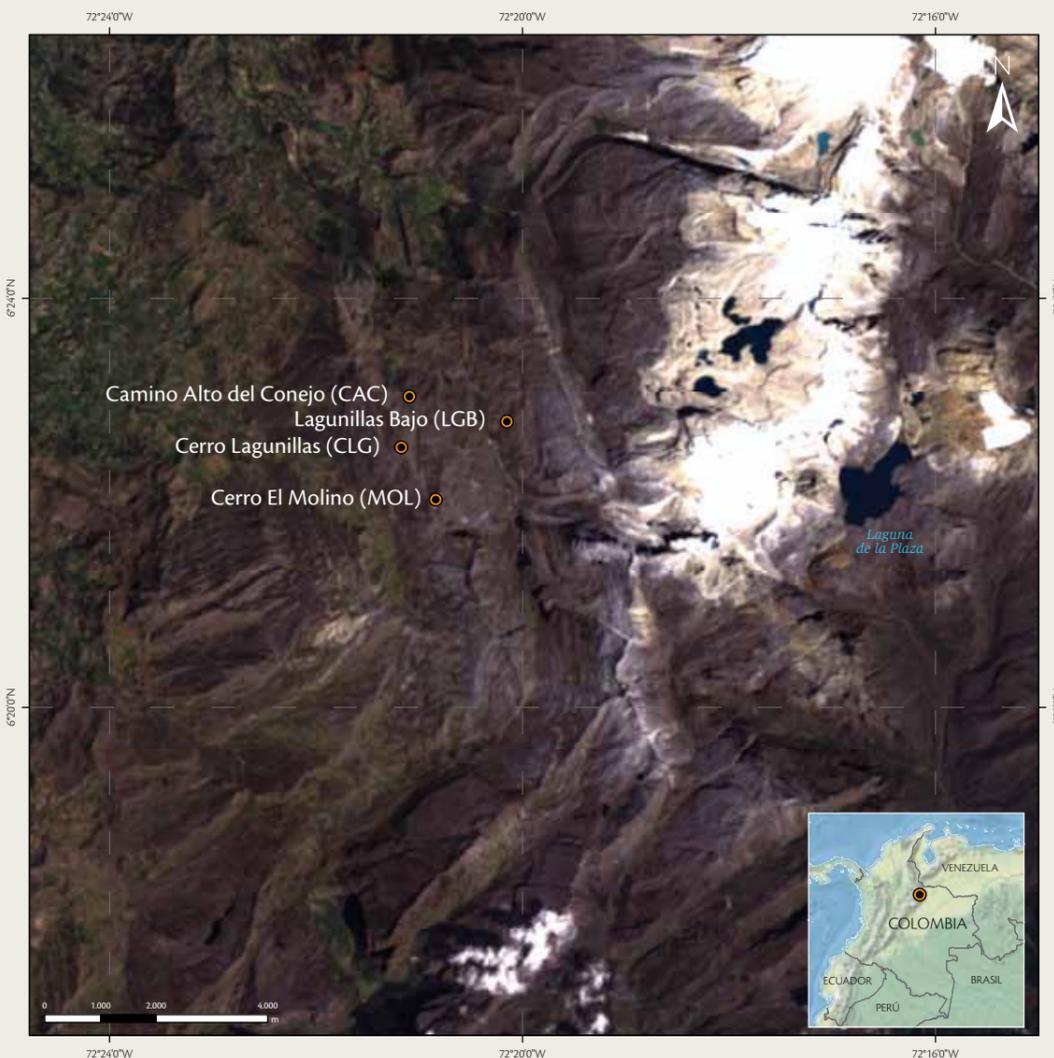
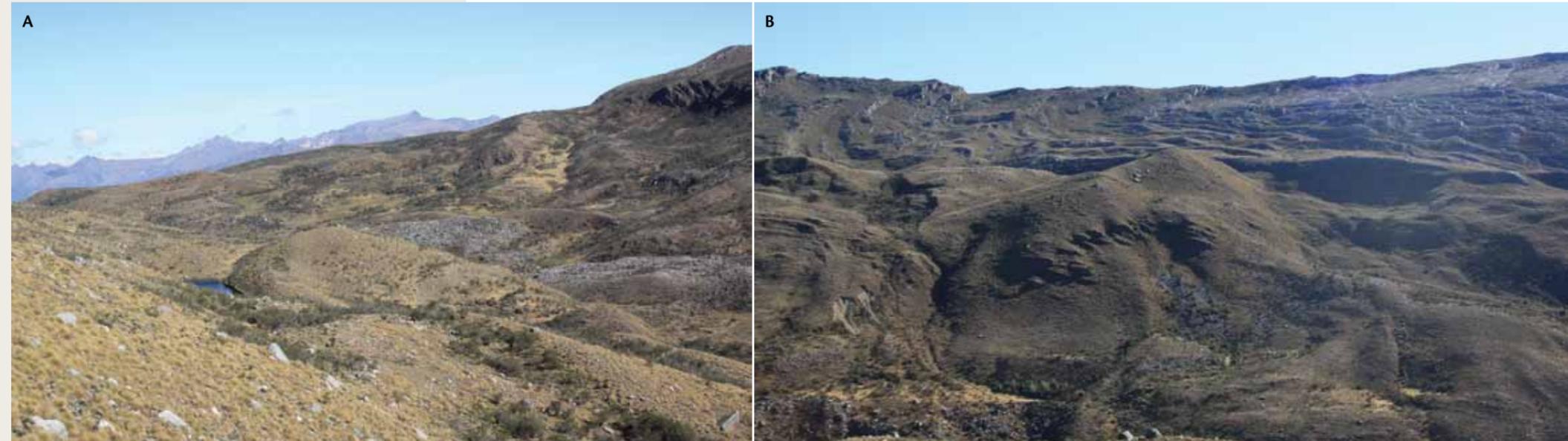


FIGURA 7. Ubicación del sitio GLORIA del Parque Nacional El Cocuy (COCCY), y sus cuatro cimas. Fuente: Google Earth (imagen Quik Bird de Digital Globe).

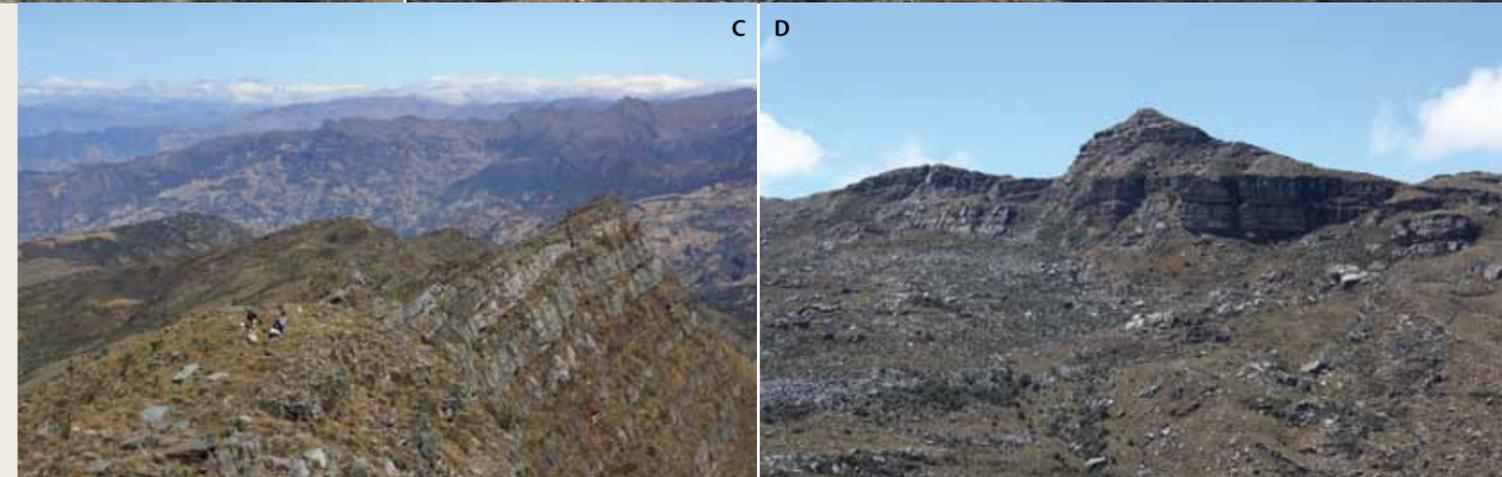


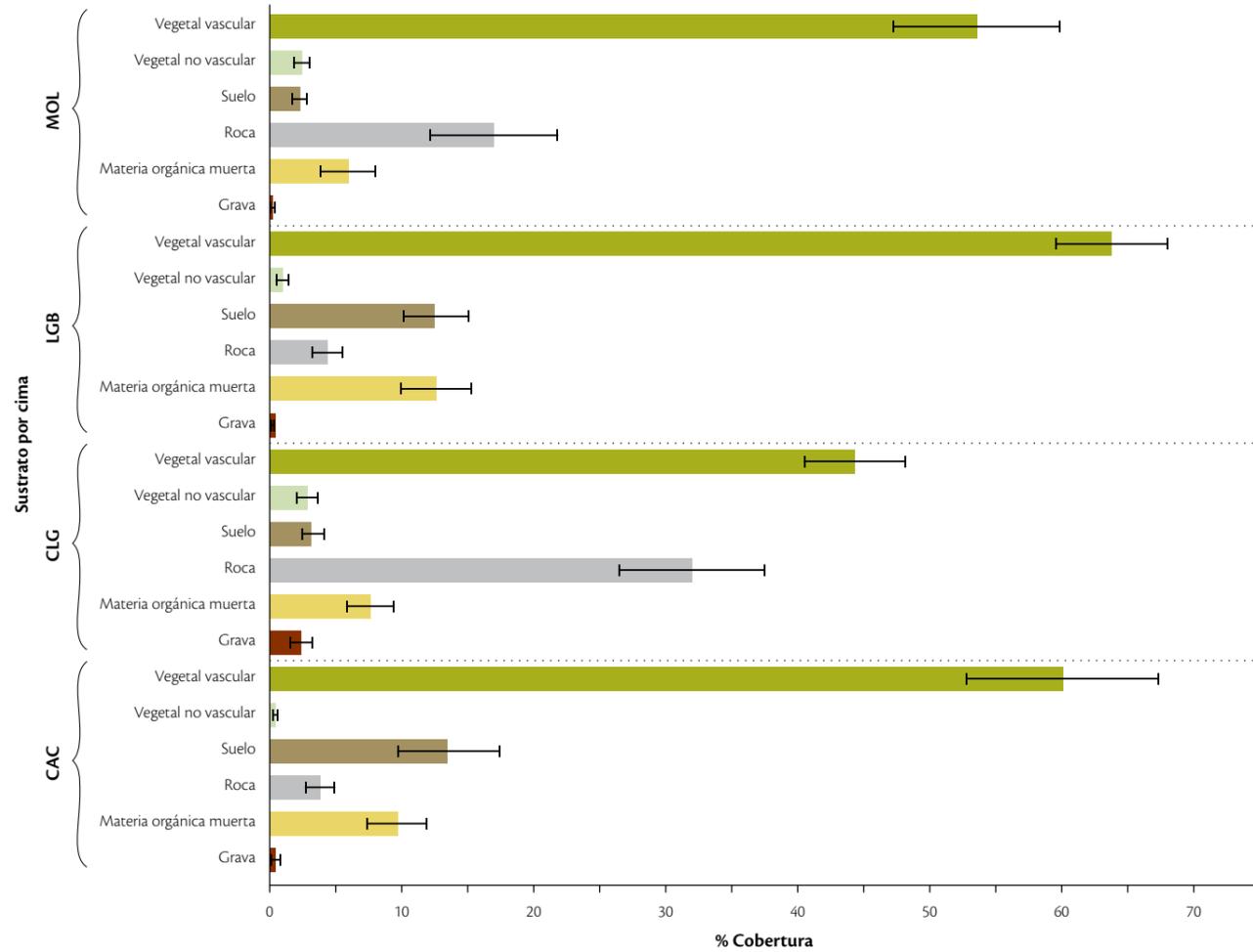
FIGURA 8. Cimas del sitio GLORIA Parque Nacional El Cocuy (COCCY). A. Lagunillas Bajo (LGB, 4.056 m), B. Camino Alto del Conejo (CAC, 4.209 m), C. Cerro Lagunillas (CLG, 4.331 m), D. Cerro El Molino (MOL, 4.411 m).

En las cuatro cimas se contabilizaron 118 taxa, de los cuales 40 son únicos para este sitio (Tabla 5). Estos 118 taxa están incluidos dentro de 66 géneros y 33 familias botánicas. La cima con mayor riqueza es Cerros del Molino con 53 taxa. Las familias con mayor número de especies son Asteraceae, Poaceae, Rosaceae, Ericaceae y Orobanchaceae (Tabla 5).

En las cuatro cimas evaluadas se encontraron distintos sustratos como zonas pedregosas, rocas, suelo desnudo, hojarasca, plantas no vasculares como líquenes y musgos, además de plantas vasculares (Figura 9). Dentro de estas últimas, las especies que presentan mayor cobertura en las cuatro cimas son: *Calamagrostis* aff. *effusa*, *Espeletiopsis colombiana*, *Poa trivialis*, *Espeletia lopezii* y *Aciachne acicularis*. La Figura 10 ilustra las especies más características del sitio.

FIGURA 9.

Porcentaje de cobertura de cada uno de los sustratos identificados en los cuadrantes de 1 m<sup>2</sup> presentes en el sitio El Cocuy (COCCY).



A nivel de cimas, las especies con mayor porcentaje de cobertura son:

- ☛ Camino Alto del Conejo (CAC): *Calamagrostis* aff. *effusa*, *Espeletiopsis colombiana*, *Hypericum* aff. *mexicanum*.
- ☛ Cerro Lagunillas (CLG): *Calamagrostis* aff. *effusa*, *Espeletiopsis colombiana*, *Pernettya prostrata*.
- ☛ Lagunillas Bajo (LGB): *Calamagrostis* aff. *effusa*, *Espeletiopsis colombiana*, *Espeletia lopezii*.
- ☛ Cerro El Molino (MOL): *Calamagrostis* aff. *effusa*, *Poa trivialis*, *Oxylobus glanduliferus*.

FIGURA 10. Especies que presentaron mayor cobertura en el sitio El Cocuy (COCCY):

- A. *Espeletiopsis colombiana*;
- B. *Calamagrostis* aff. *effusa*;
- C. *Poa trivialis*;
- D. *Aciachne acicularis*;
- E. *Espeletia lopezii*.



## RESERVA ECOLÓGICA EL ÁNGEL, ECUADOR (ECANG)

El sitio se encuentra dentro de la Reserva Ecológica El Ángel, en la provincia del Carchi, esta área protegida tiene una superficie de 15.715 ha. (Figura 11). El sitio está conformado por cuatro cimas (Figura 12): Cerro Crespo (4.059 m de elevación), Cerro Pelado (4.166 m), Chaquitaloma (4.104 m) y Cerro Negro (4.263 m). Un aspecto importante de este sitio es que la vegetación característica es el páramo de frailejones y el herbáceo.

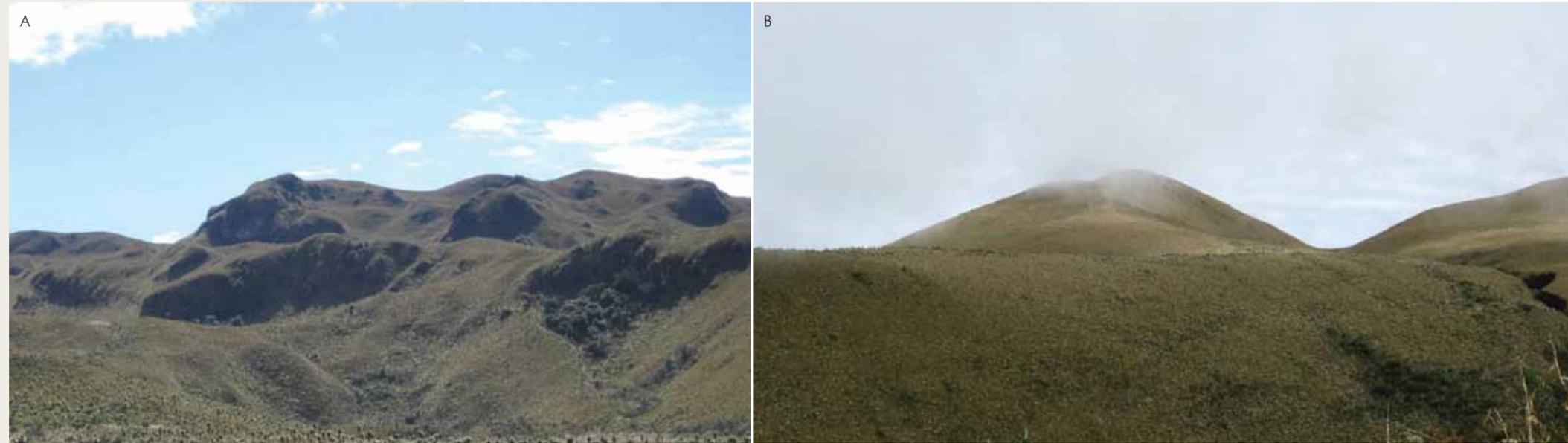


FIGURA 11. Ubicación de las cimas del sitio GLORIA en la Reserva Ecológica El Ángel (ECANG). Fuente (imagen Landsat): U.S. Geological Survey URL: <http://glovis.usgs.gov>.



En las cuatro cumbres se contabilizaron 121 taxa agrupados en 32 familias y 72 géneros (Tabla 5). Las familias con mayor número de especies en el sitio son: Asteraceae, Poaceae, Cyperaceae, Rosaceae, Apiaceae y Gentianaceae (Tabla 5). La cima con mayor número de taxa es el Cerro Pelado (ANGCP) con 50 entidades identificadas. Del total de taxa presentes, el 50,1% (61) son únicos para este sitio, Cerro Crespo y Cerro Pelado cuentan ambas con 21 especies únicas para cada cima.

En las cuatro cimas evaluadas se encontraron distintos sustratos como roca, suelo, briófitos, líquenes y plantas vasculares (Figura 13). Las plantas vasculares dominan la vegetación presente de las cuatro cimas de este sitio, llegando a superar el 97% en dos de las cimas (Cerro Negro y Cerro Pelado).

FIGURA 12. Cimas del sitio GLORIA de la Reserva Ecológica El Ángel (ECANG) A. Monte Crespo (CC, 4.059 m), B. Chaquitaloma (CH, 4.104 m), C. Cerro Pelado (CP, 4.166 m), D. Cerro Negro (CN, 4.263 m).

Porcentaje de cobertura de cada uno de los sustratos identificados en los cuadrantes de 1 m<sup>2</sup> presentes en el sitio El Ángel (ECANG).

Con respecto a las plantas vasculares, las especies más representativas son: *Calamagrostis macrophylla*, *Loricaria ilinissae*, *Calamagrostis intermedia*, *C. effusa*, *Jamesonia pulchra* y en menor cobertura *Festuca asplundii*, *Stipa ichu* (identidad por confirmar), *Poa pauciflora*, y *Uncinia tenuis* (Figura 14).

A nivel de cima, las especies con mayor porcentaje de cobertura son:

- ☛ **Monte Crespo (CC):** *Calamagrostis intermedia*, *Carex pichinchensis*, *Espeletia pycnophylla*, *Festuca asplundii* y *Xenophyllum humile*.
- ☛ **Chaquitaloma (CH):** *Calamagrostis intermedia*, *Disterigma empetrifolium*, *Espeletia pycnophylla*, *Stipa ichu* (identidad por confirmar), *Xenophyllum humile*.
- ☛ **Cerro Negro (CN):** *Calamagrostis intermedia*, *Azorella aretioides*, *Disterigma empetrifolium*, *Jamesonia goudotii*, *Xenophyllum humile*.
- ☛ **Cerro Pelado (CP):** *Calamagrostis intermedia*, *Calamagrostis effusa*, *Diplostephium rhododendroides*, *Huperzia crassa*, *Loricaria ilinissae*.

FIGURA 13.

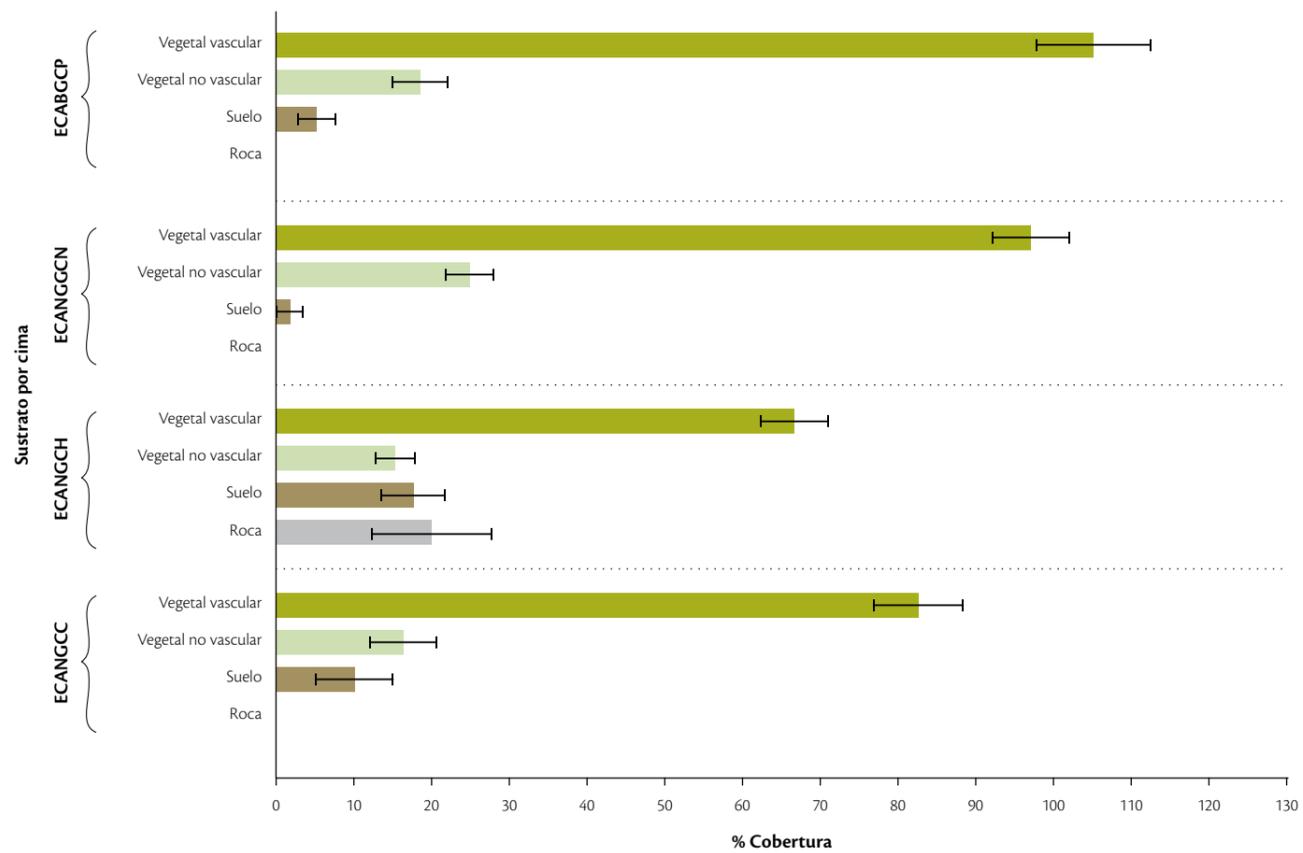


FIGURA 14. Especies características del sitio El Ángel (ECANG): A. *Calamagrostis macrophylla*,

B. *Loricaria ilinissae*, C. *Calamagrostis intermedia*, E. *Jamesonia pulchra*. No consta en la figura *Calamagrostis effusa*.



## COMPLEJO VOLCÁNICO PICHINCHA, ECUADOR (ECPIC)

El Complejo Volcánico Pichincha está ubicado en la Cordillera Occidental de los Andes Ecuatorianos, inmediatamente al oeste de la ciudad de Quito (Figura 15). Este complejo consiste de varios edificios volcánicos sucesivos, construidos sobre las series volcánicas de edad Pliocénica de esta parte de la Cordillera occidental (Monzier *et al.*, 2002). De forma elongada y asimétrica, este complejo mide 20 km de este a oeste, 13 a 20 km de norte a sur, y posee una variación altitudinal en su base de 2.500 a 3.000 m de este a oeste.

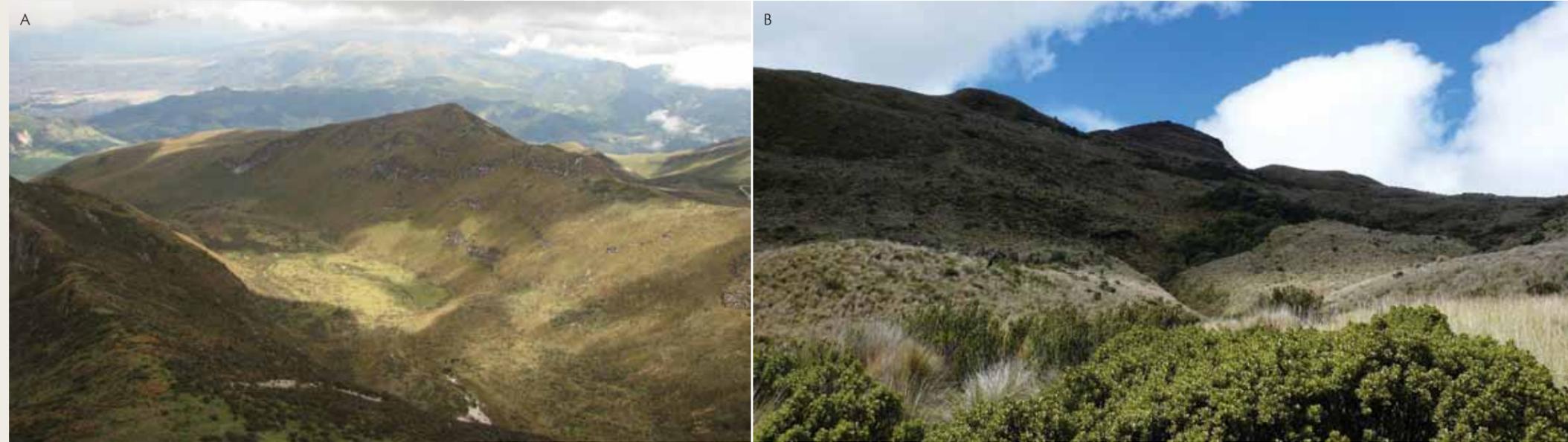
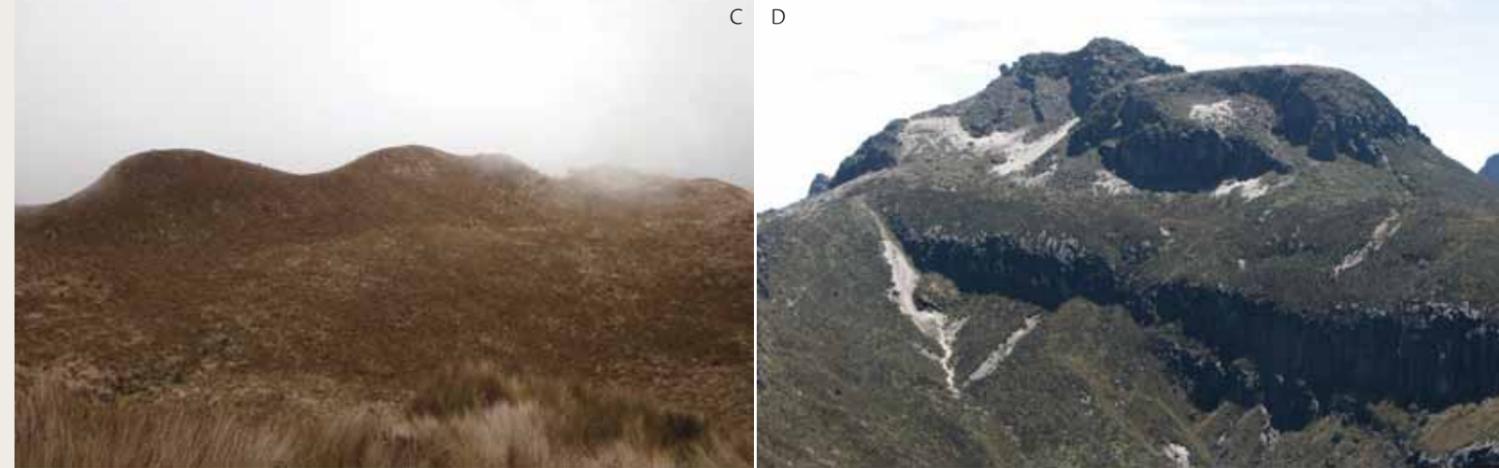
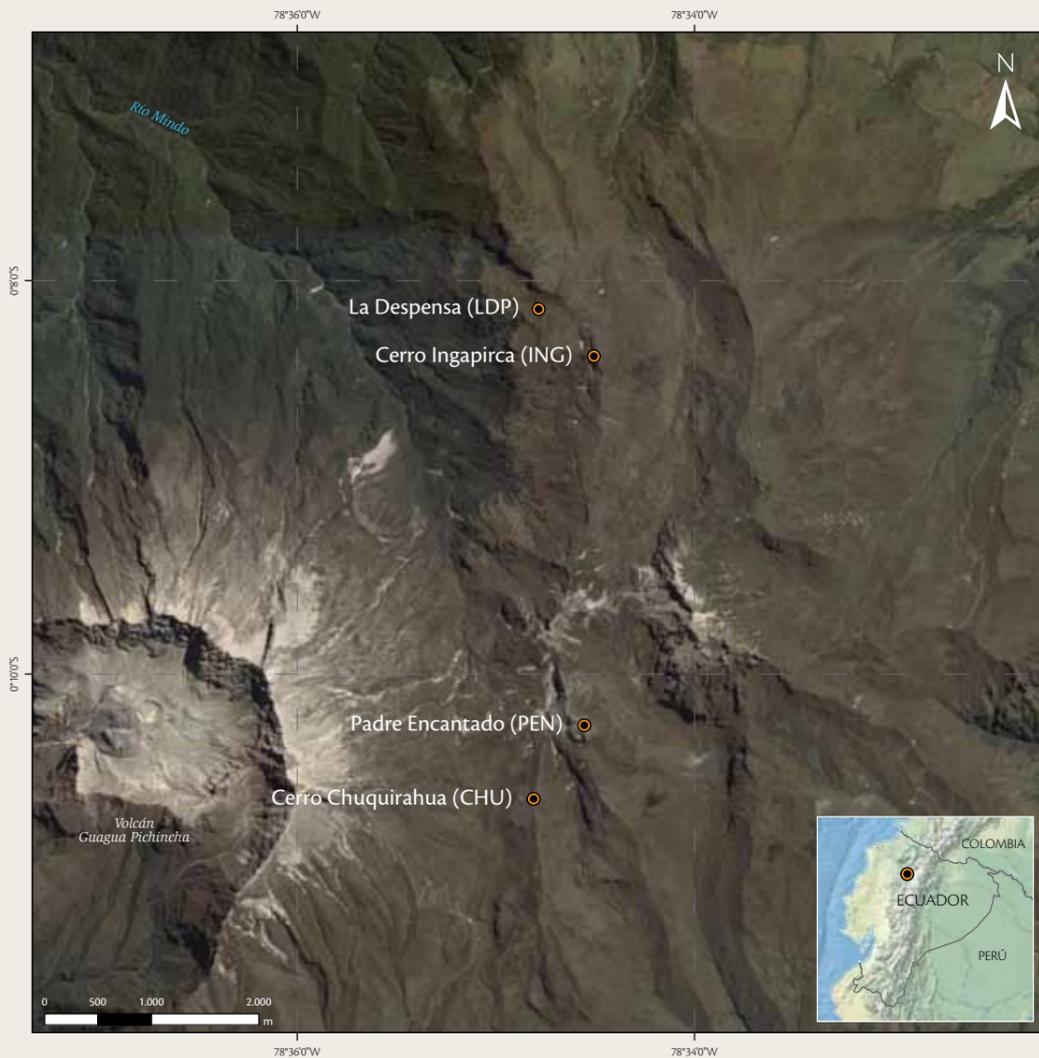


FIGURA 15. Ubicación y distribución de las cimas del Complejo Volcánico Pichincha (ECPIC). Fuente: Google Earth (Imagen Quik Bird de Digital Glove).



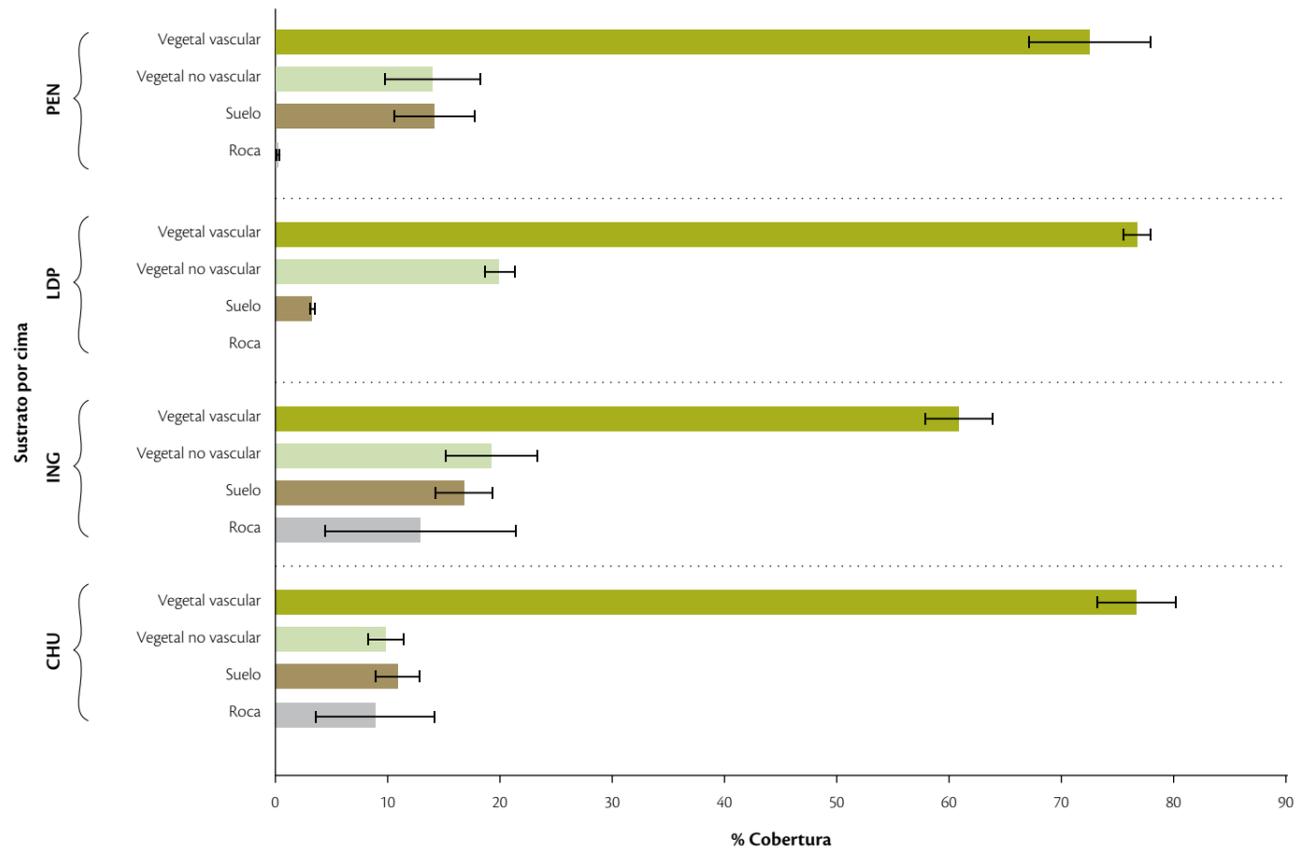
Las cuatro cimas que conforman este sitio fueron seleccionadas entre noviembre del 2010 y junio del 2011 (Figura 16). La Despensa (LDP, 4.044 m) es cercana al límite superior de los bosques de *Polylepis* del río Mindo; el Cerro Chuquiragua (CHU, 4.394 m) separa el valle del glaciar (Guagua Pichincha) y las quebradas que originan al río El Cinto; el Cerro Ingapirca (ING, 4.424 m) está ubicado al noroccidente del edificio principal del Rucu Pichincha; y el Padre Encantado (PEN, 4.584 m) es una de las principales cumbres del complejo volcánico. Respecto al nivel de protección del sitio, aunque todo el complejo volcánico se encuentra inmerso en el Bosque Protector Flanco Oriental de Pichincha y Cinturón Verde de Quito, únicamente las cimas LDP y ING presentan un nivel adecuado de protección, ya que éstas se encuentran en la reserva privada Yanacocha, propiedad de la Fundación Jocotoco.

FIGURA 16. Cimas del sitio GLORIA del Complejo Volcánico Pichincha (ECPIC) A. Cerro Chuquiragua (CHU, 4.394 m), B. Cerro Ingapirca (ING, 4.424 m), C. La Despensa (LDP, 4.044 m), D. Padre Encantado (PEN, 4.584 m).

Este sitio presenta especies características propias del superpáramo (p. ej. *Xenophyllum humile*, *Azorella pedunculata*, *Werneria nubigena*) y una importante superficie dominada por suelo y rocas expuestas (Figura 17).

El total de especies registradas en las cuatro cimas asciende a 72 plantas vasculares, agrupadas en 54 géneros y 30 familias (Tabla 5). De las 72 especies, el 43 % (31 taxa) ocurren sólo en este sitio, la cima con el mayor número de taxa es Chuquiragua (37). Con respecto a las plantas no vasculares, al momento se han identificado 22 briófitos, cinco están a nivel de especie y 17 constan como morfo-especies. Las familias más diversas del sitio son: Asteraceae, Poaceae, Caryophyllaceae, Rosaceae y Apiaceae (Tabla 5).

FIGURA 17. Porcentaje de cobertura de cada uno de los sustratos identificados en los cuadrantes de 1 m<sup>2</sup> presentes en el sitio Pichincha (ECPIC).



En las cuatro cimas evaluadas se identificaron los siguientes sustratos: suelo, roca, briófitos, líquenes y plantas vasculares (Figura 17). Al momento, la cobertura de líquenes ha sido registrada como parte de los metadatos de las unidades de análisis.

Las especies con mayor cobertura en la totalidad del sitio son: *Calamagrostis intermedia*, *Azorella pedunculata*, *Xenophyllum humile*, *Astragalus geminiflorus* y *Agrostis breviculmis* (Figura 18).

FIGURA 18. Especies que presentaron mayor cobertura en el sitio Pichincha (ECPIC). A. *Calamagrostis intermedia*, B. *Azorella pedunculata*.





C. *Xenophyllum humile*,  
D. *Astragalus geminiflorus*.

No consta en la figura  
*Agrostis breviculmis*.

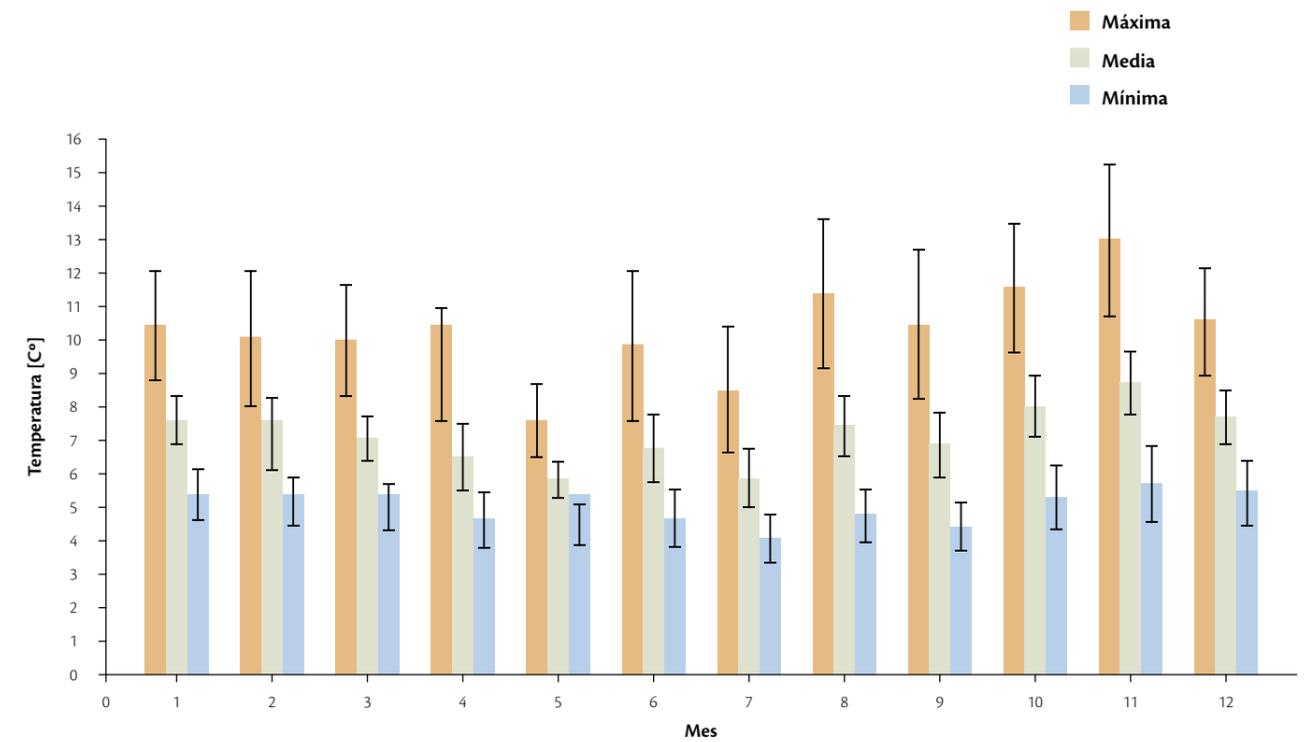


A nivel de cima, las especies con mayor cobertura son:

- ☛ **Cerro Chuquiragua (CHU):** *Azorella pedunculata*, *Calamagrostis* cf. *intermedia*, *Werneria nubigena*, *Agrostis breviculmis*, *Nototriche phyllanthos*.
- ☛ **Cerro Ingapirca (ING):** *Calamagrostis* cf. *intermedia*, *Leptodontium* sp. 3, *Azorella pedunculata*, *Poaceae* sp. 8, *Baccharis caespitosa*.
- ☛ **La Despensa (LDP):** *Calamagrostis* cf. *intermedia*, *Leptodontium* sp. 3, *Lachemilla vulcanica*, *Hypochaeris sessiliflora*, *Pernettya prostrata*.
- ☛ **Padre Encantado (PEN):** cf. *Festuca*, *Astragalus geminiflorus*, *Nototriche phyllanthos*, *Chuquiraga jussieui*, *Werneria pumila*.

Debido al corto tiempo transcurrido desde la instalación del sitio, la única cima que tiene una línea temporal de datos climáticos de más de un año es Ingapirca (Figura 19).

FIGURA 19.  
Promedio de la temperatura mensual máxima, mínima y media mensual del suelo (-10 cm de profundidad), registradas en la cima Ingapirca (ING) del sitio Pichincha (ECPIC), desde su instalación hasta el momento.



PARQUE NACIONAL  
PODOCARPUS,  
ECUADOR (ECPNP)

Este sitio se ubica en los páramos de la porción sur de la Cordillera Oriental de los Andes ecuatorianos, sector de Cajanuma del Parque Nacional Podocarpus (Figura 20). En este sitio se encontraron únicamente tres cimas que cumplieron con los requerimientos del Proyecto GLORIA (A, B y C) localizadas a 3.270, 3.320 y 3.400 m de elevación, respectivamente (Figura 21). La fisonomía, formas del terreno y pendientes son muy parecidas. La superficie total es de 6.136 m<sup>2</sup> con baja intervención antrópica.

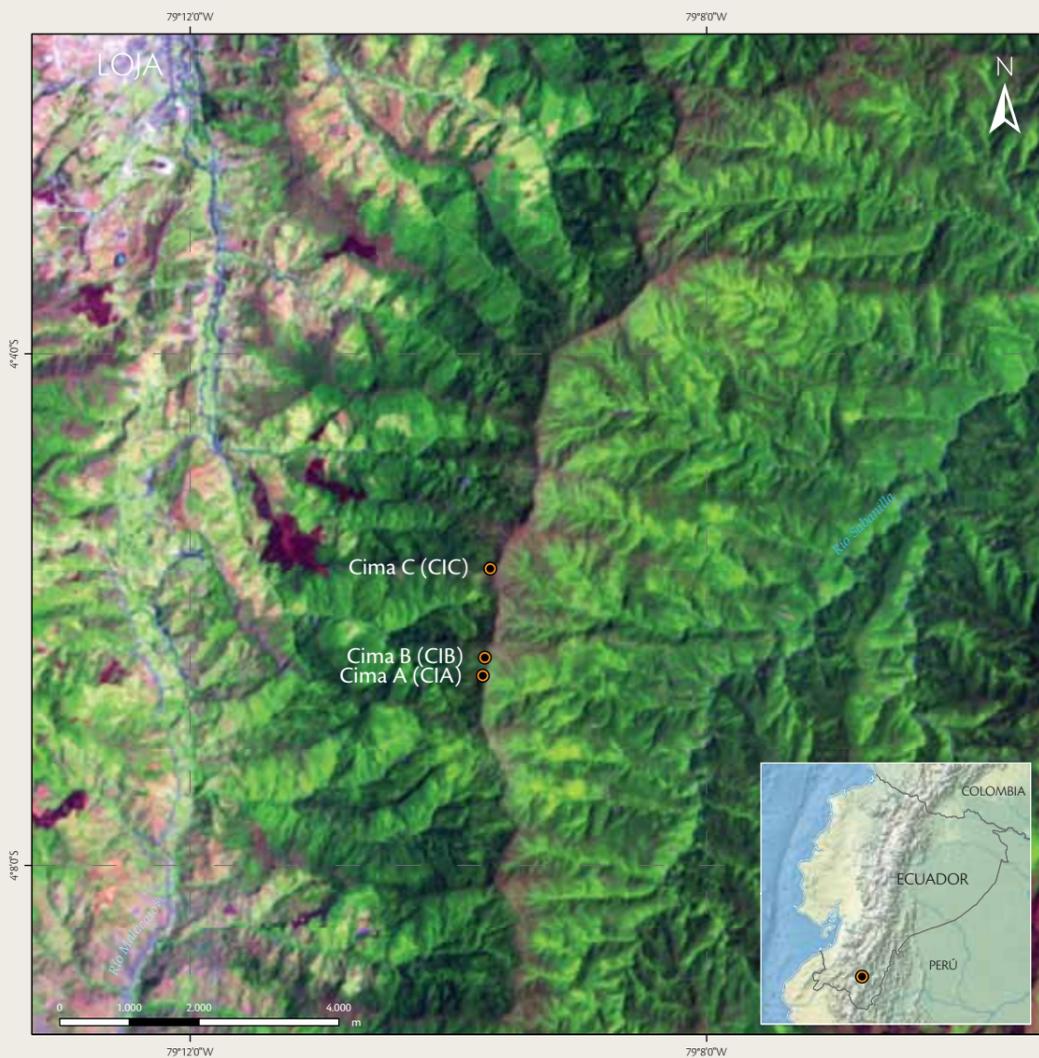
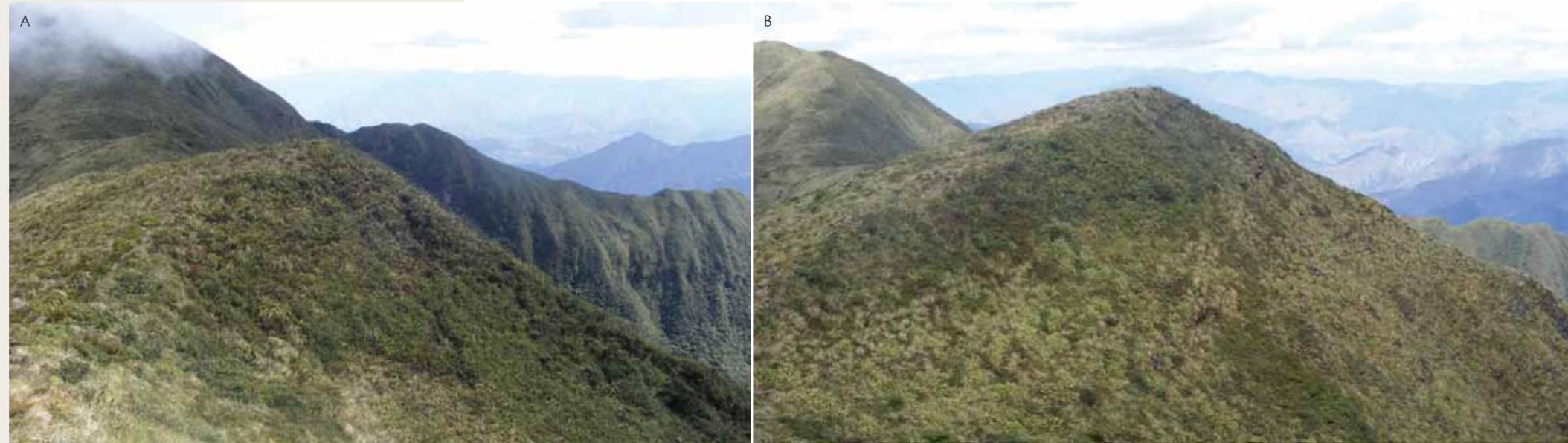


FIGURA 20.  
Ubicación de las cimas dentro de la zona piloto del Parque Nacional Podocarpus (ECPNP).  
Fuente (imagen Landsat): U.S. Geological Survey URL: <http://glovis.usgs.gov>.



Las cimas están conformadas por varios sustratos como: suelo desnudo, hojarasca, briófitos, líquenes y plantas vasculares (Figura 22). Alrededor del 80% de las tres cimas están cubiertas por plantas vasculares típicas de páramos húmedos y poco intervenidos, entre ellas están: *Tillandsia aequatorialis*, *Puya nitida*, *Neurolepis asymmetrica* y *Chusquea neurophylla*. La Figura 23 ilustra las especies más características (de mayor cobertura) para el sitio: *Escallonia myrtilloides*, *Puya nitida*, *Cortaderia bifida*, *Tillandsia aequatorialis* y *Chusquea nana*.

FIGURA 21.  
Cimas del sitio GLORIA del Parque Nacional Podocarpus (ECPNP)  
A. Cima A (CIA, 3.270 m),  
B. Cima B (CIB, 3.320 m),  
C. Cima C (CIC, 3.400 m).

A nivel de cima, las especies que presentan mayor cobertura son las siguientes:

- ☛ **Cima A (CIA):** *Tillandsia aequatorialis*, *Puya nitida*, *Hypericum lancioides*, *Arcytophyllum setosum*, *Blechnum auratum*.
- ☛ **Cima B (CIB):** *Tillandsia aequatorialis*, *Disterigma empetrifolium*, *Calamagrostis macrophylla*, *Neurolepis asymmetrica*, *Arcytophyllum setosum*.
- ☛ **Cima C (CIC):** *Escallonia myrtilloides*, *Chusquea neurophylla*, *Calamagrostis macrophylla*, *Cortaderia bifida*, *Tillandsia aequatorialis*.

FIGURA 22.  
Porcentaje de cobertura de cada uno de los sustratos identificados en los cuadrantes de 1 m<sup>2</sup> presentes en el sitio Podocarpus (ECPNP).

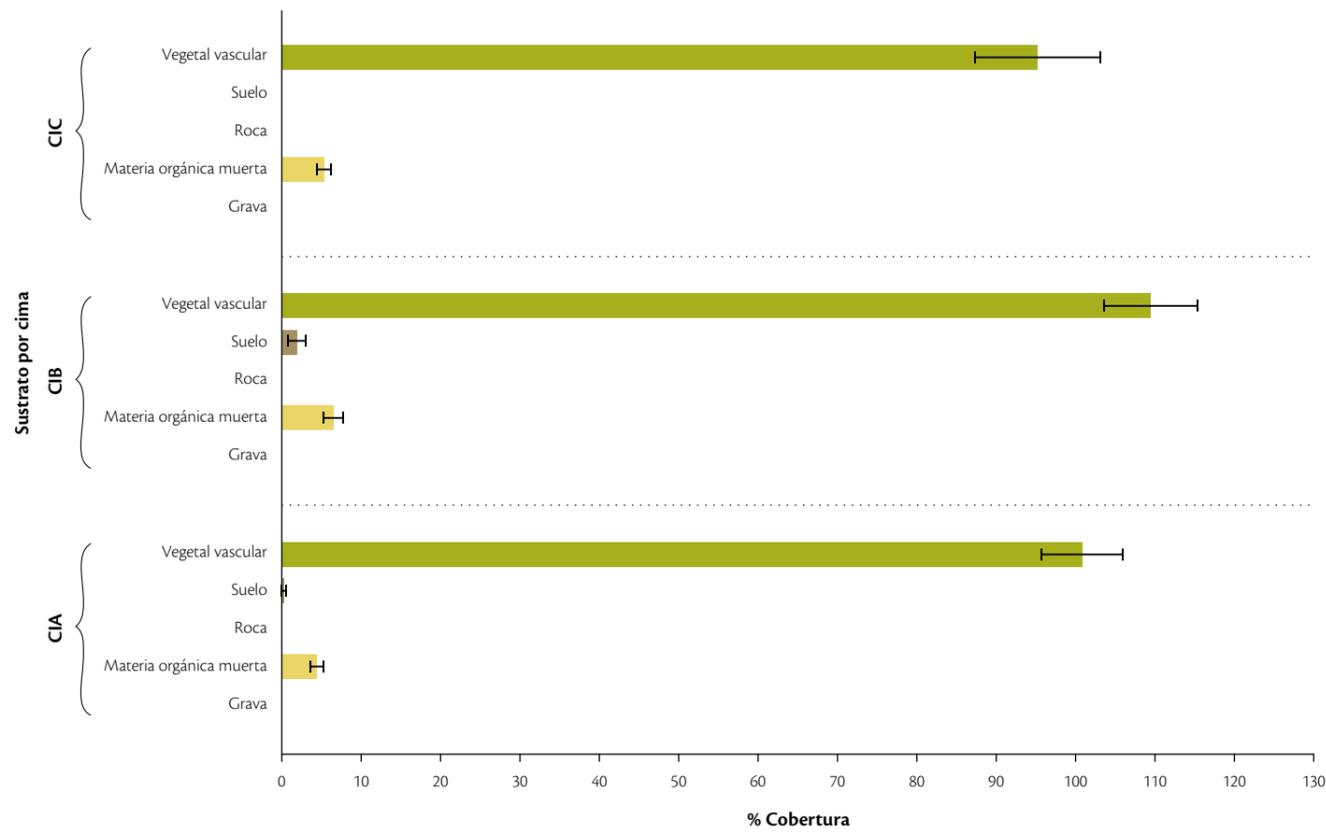


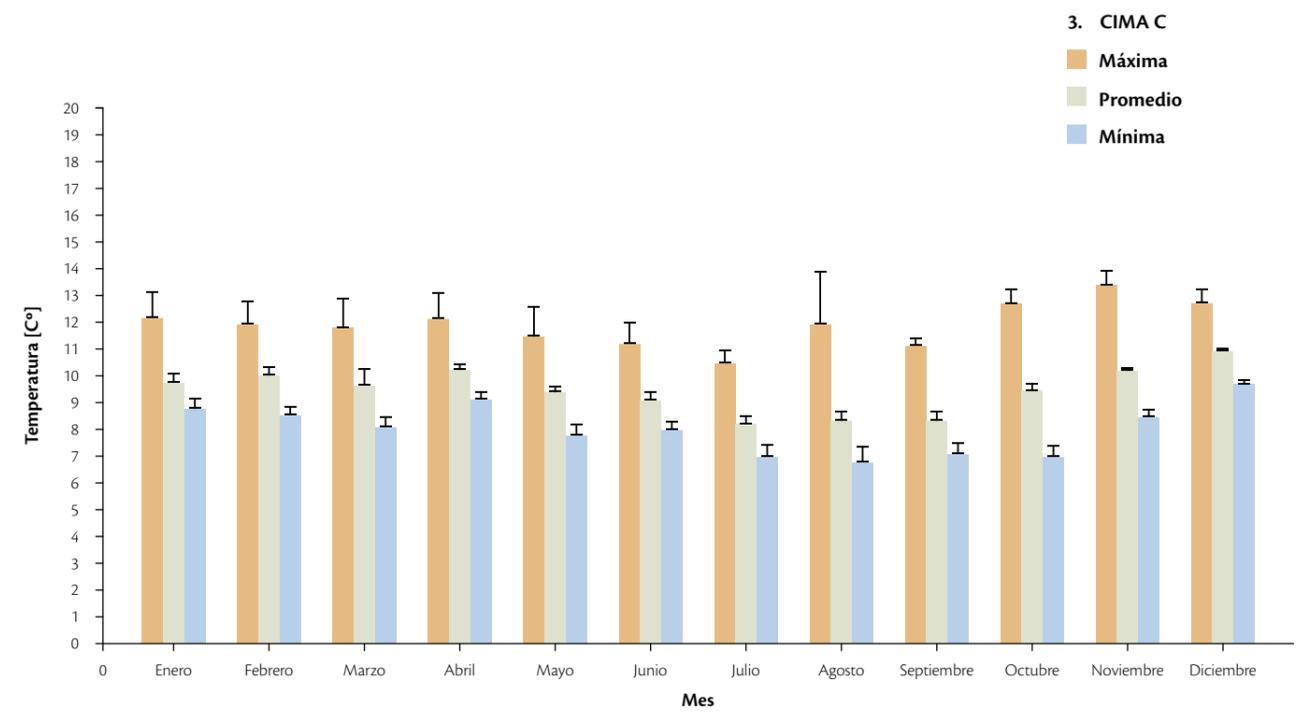
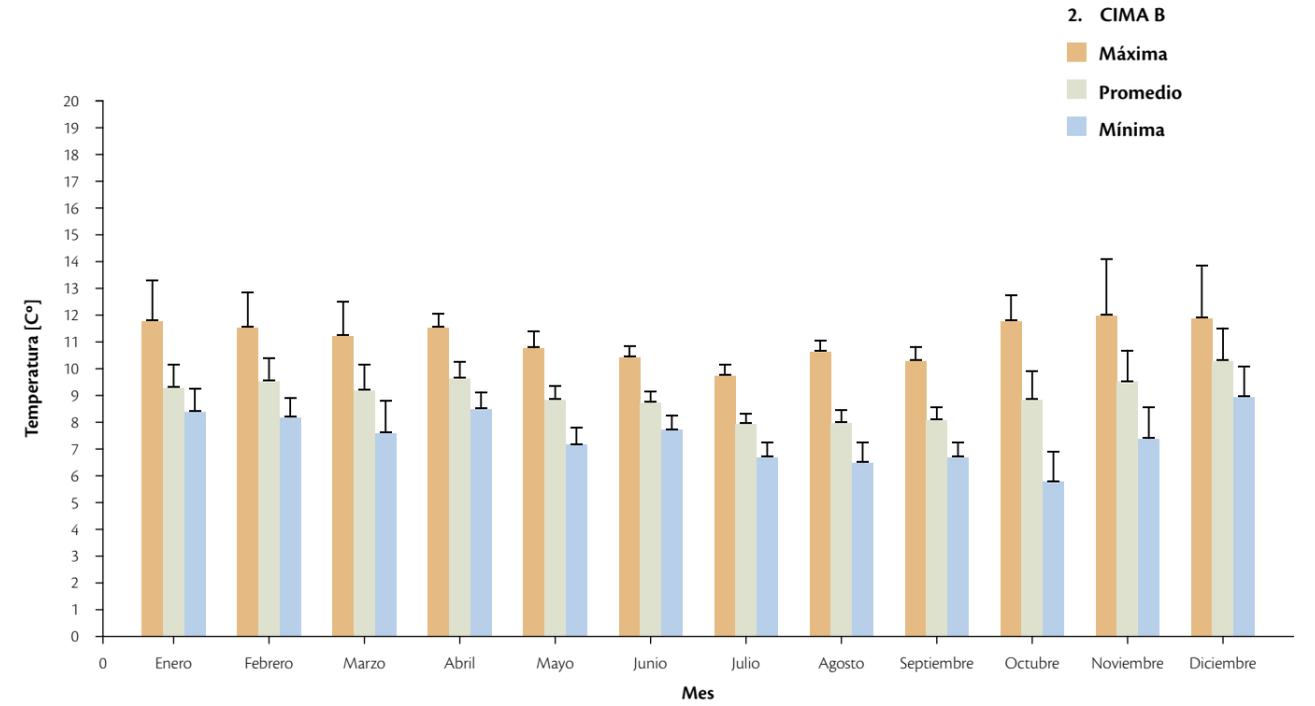
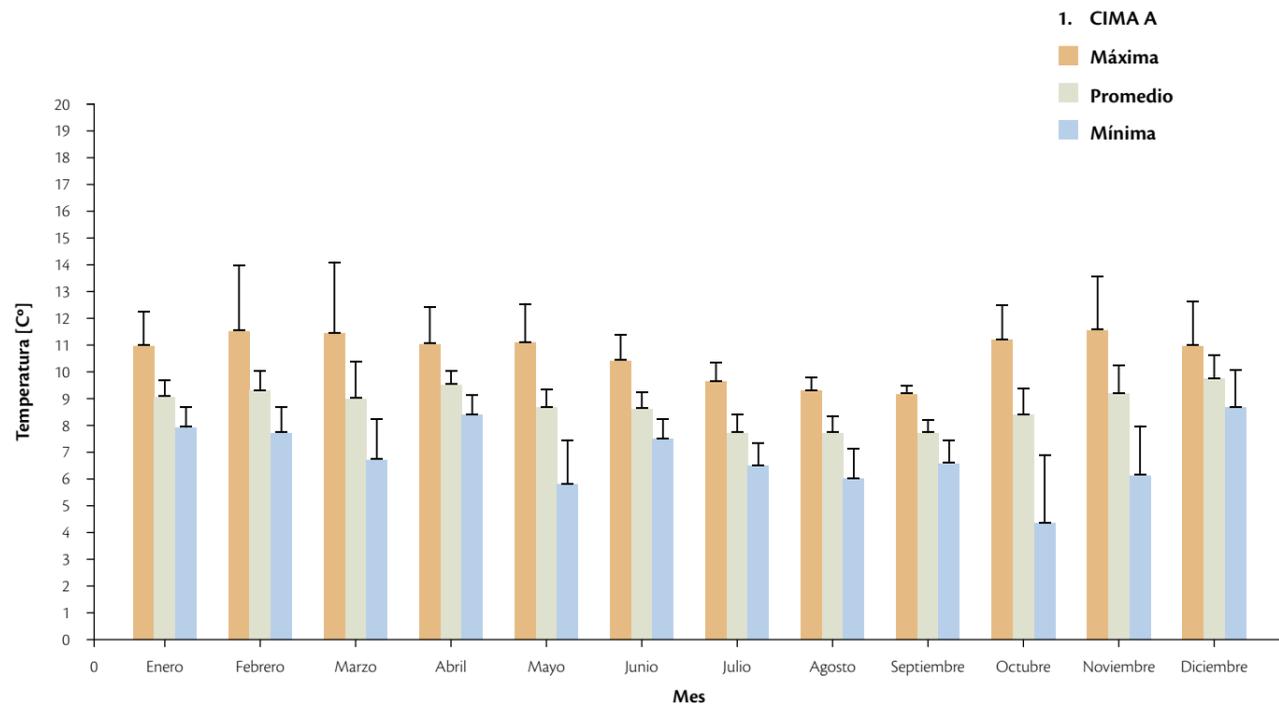
FIGURA 23.  
Especies que presentaron mayor cobertura dentro del sitio Podocarpus (ECPNP):  
A. *Escallonia myrtilloides*,  
B. *Puya nitida*,  
C. *Tillandsia aequatorialis*,  
D. *Cortaderia bifida*.  
No consta en la figura *Chusquea nana*.



FIGURA 24.

Promedio de la temperatura mensual máxima, mínima y media mensual del suelo (-10 cm de profundidad), registradas en cada cumbre del sitio Podocarpus (ECPNP), desde su instalación hasta diciembre de 2011.

La Figura 24 presenta una síntesis climática para el sitio (temperaturas mensuales mínima, promedio y máxima del suelo, a 10 cm de profundidad), a partir del momento de instalación del sitio hasta diciembre del 2011.



## PÁRAMOS DE PACAIPAMPA, PERÚ (PEPAC)

Este sitio se localiza en los pajonales al este del Complejo de lagunas de Chames (Negra o Chames, Tigre, Gateada, Amor) y Lagunas Nacientes (Figura 25). El sitio está conformado por cuatro cimas (Figura 26): IMC (3.076 m de elevación), cubierta mayormente por herbáceas donde predomina el “ichu”; PVO (3.275 m), que es la cima más rocosa. Ambas cumbres se encuentran al norte del canal que viene del Complejo de Lagunas de Chames.

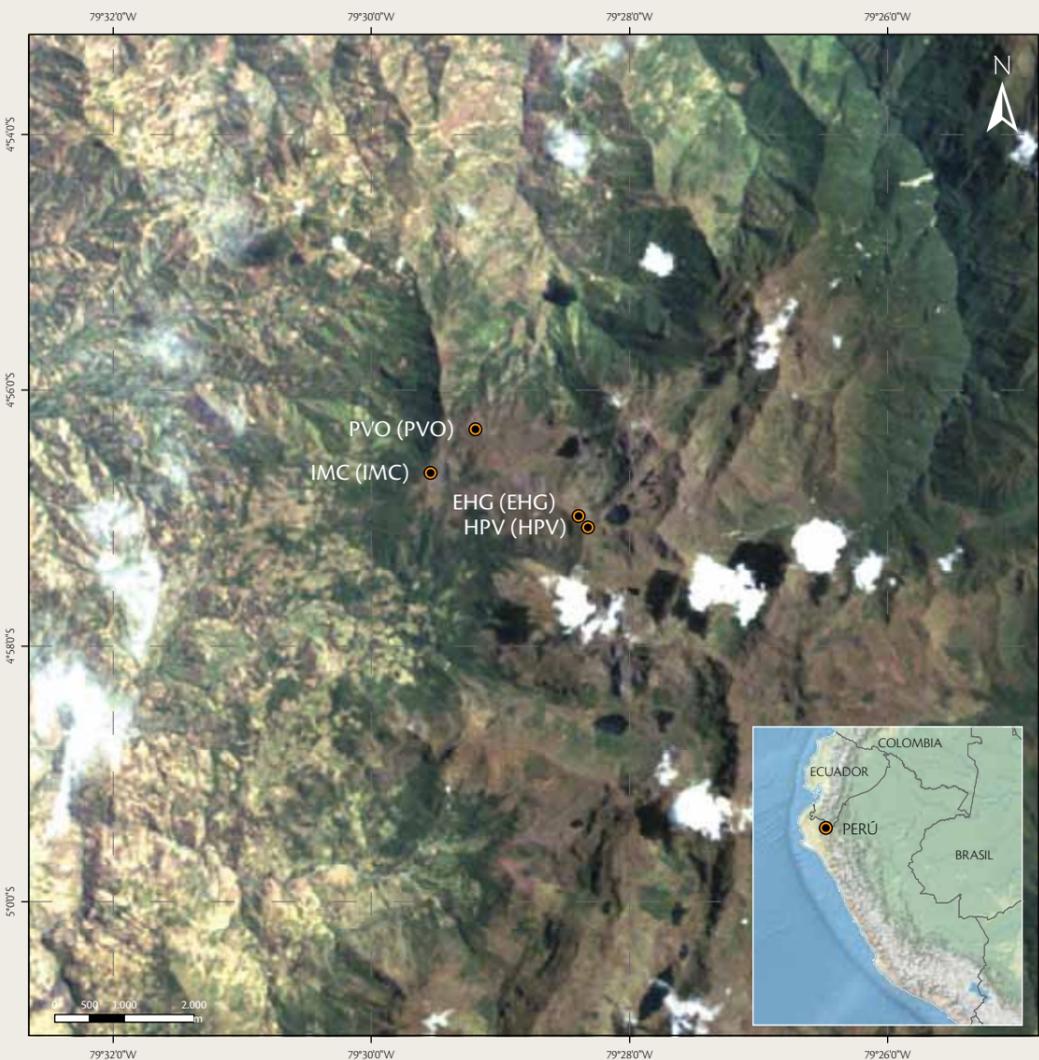


FIGURA 25. Ubicación de las cimas dentro de la zona piloto de los Páramos de Pacaipampa (PEPAC).

Fuente (imagen Landsat): U.S. Geological Survey URL: <http://glovis.usgs.gov>.

En el sector de las Lagunas Nacientes, hacia el lado sur de la laguna Negra o Chames, se encuentran las cimas EHG (3.519 m) y HPV (3.570 m). Debido a su lejanía, difícil acceso y condiciones climáticas, el sitio casi no presenta influencia antrópica (Tabla 3). Para este sitio no se cuenta con una caracterización climática, puesto que los sensores de temperatura del suelo se instalarán a partir de julio del 2012.

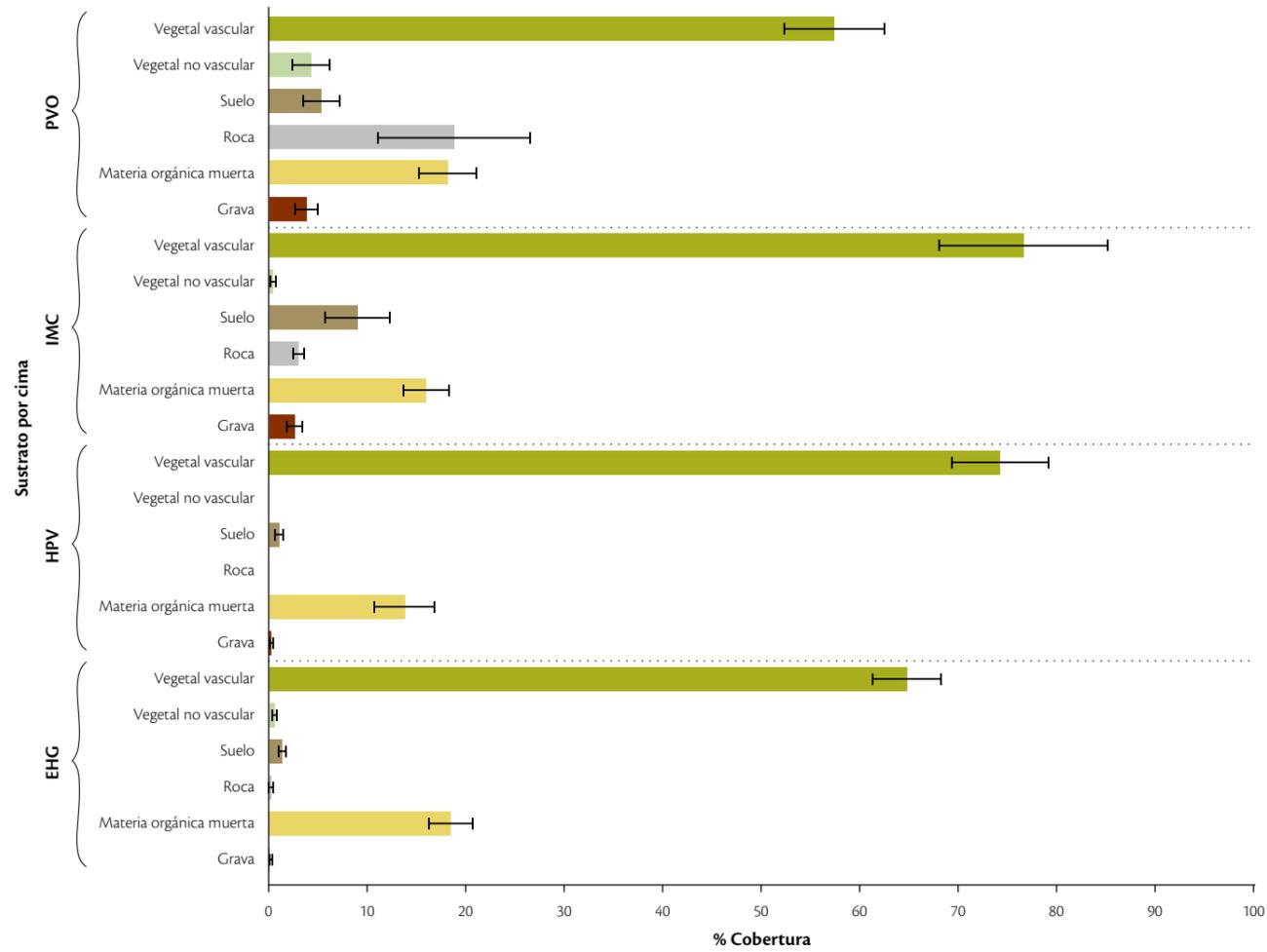
En las cuatro cimas se contabilizaron 116 taxa, pertenecientes a 79 géneros y 39 familias botánicas (Tabla 5). La riqueza es mayor en bajas altitudes que sobre los 3.500 m de altitud. El 45% (51 especies) de las especies encontradas en el estudio son únicas de este lugar (Tabla 4). Las familias más diversas del sitio son: Asteraceae, Ericaceae, Orchidaceae, Apiaceae y Lycopodiaceae (Tabla 5). Las especies vasculares más representativas de las cuatro cimas son: *Calamagrostis intermedia*, *Hypericum lancinoides*, *Rhynchospora vulcani* y *Oreobolus obtusangulus*. La cima PACIMC es la más diversa, e incluye 46 taxa.



Las cimas están conformadas por varios sustratos como: suelo desnudo, roca, grava, hojarasca y plantas vasculares (Figura 27). Las especies con mayor cobertura para la totalidad del sitio son: *Lycopodium jussiaei*, *Weinmannia fagaroides*, *Calamagrostis intermedia*, *Oreobolus obtusangulus* e *Hypericum laricifolium* (Figura 28).

FIGURA 26. Cimas del sitio GLORIA de los Páramos de Pacaipampa (PEPAC) A. IMC (3.220 m); B. PVO (3.275 m); C. EHG (3.689 m); D. HPV (3.732 m).

FIGURA 27.  
Porcentaje de cobertura de cada uno de los sustratos identificados en los cuadrantes de 1 m<sup>2</sup> presentes en el sitio Pacaipampa (PEPAC).

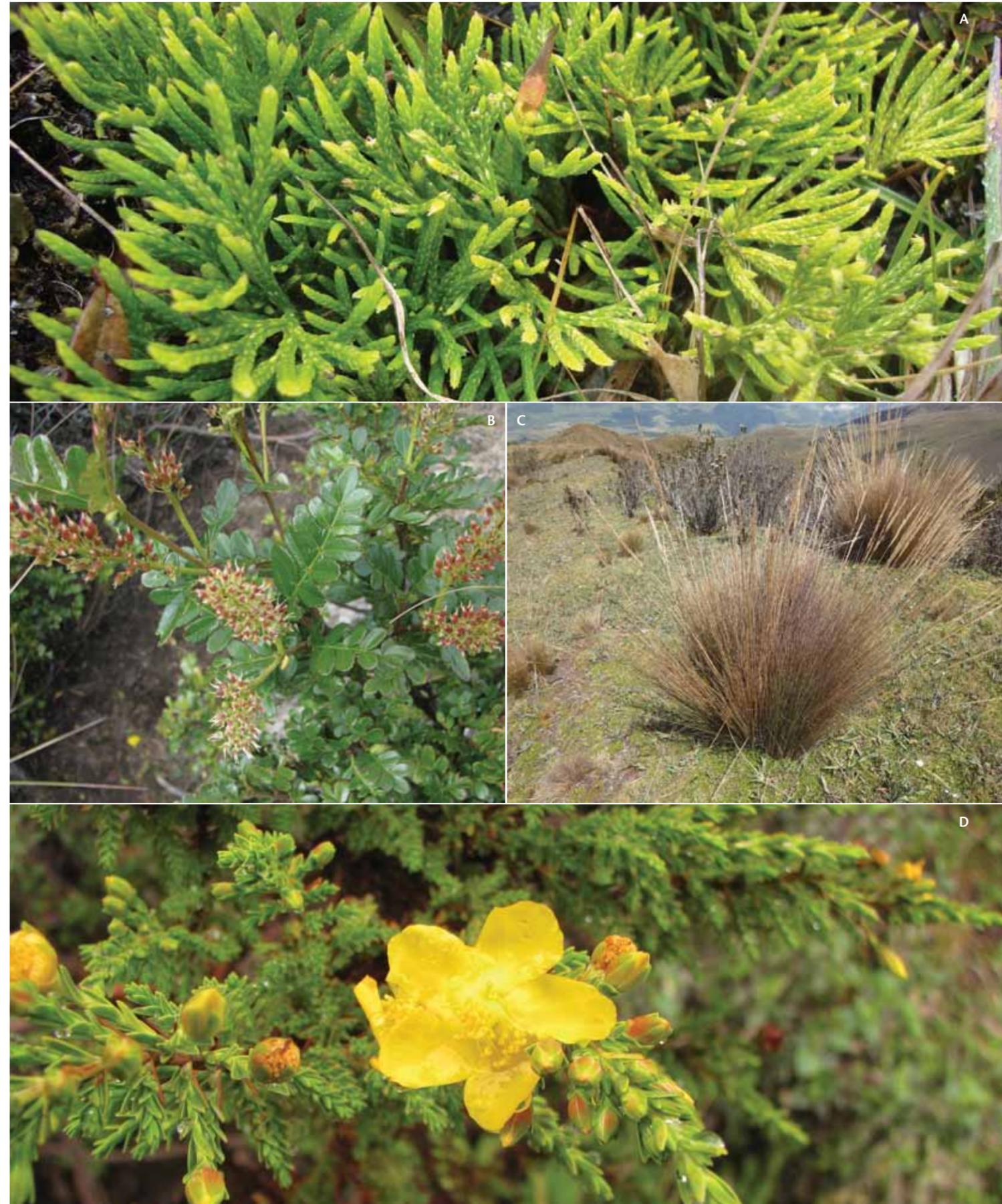


A nivel de las cimas, las especies que presentan mayor cobertura son:

- ☛ **EHG:** *Calamagrostis* cf. *intermedia*, *Oreobolus obtusangulus*, *Loricaria thuyoides*, *Hypericum lanciodes*, *Rhynchosphora vulcani*.
- ☛ **HPV:** *Calamagrostis* cf. *intermedia*, *Rhynchosphora vulcani*, *Oreobolus obtusangulus*, *Gentianella androsacea*, *Hypericum lanciodes*.
- ☛ **IMC:** *Calamagrostis* cf. *intermedia*, *Hypericum lanciodes*, *Vaccinium floribundum*, *Rhynchosphora vulcani*, *Paspalum bonplandianum*.
- ☛ **PVO:** *Calamagrostis* cf. *intermedia*, *Hypericum laricifolium*, *Vaccinium floribundum*, *Rhynchosphora vulcani*, *Oritrophium peruvianum*.

FIGURA 28.  
Especies vasculares más representativas de las cuatro cimas en el sitio Pacaipampa (PEPAC):

- A. *Lycopodium jussiaei*,
  - B. *Weinmannia fagaroides*,
  - C. *Calamagrostis intermedia*,
  - D. *Hypericum laricifolium*.
- No consta en la figura *Oreobolus obtusangulus*.



## SIBINACOCHA — CORDILLERA DE VILCANOTA, PERÚ (PESIB)

El sitio se localiza en la Cordillera Vilcanota (13°46'S, 71°05'W), en los Andes del sur de Perú, Departamento de Cusco, alrededor de la Laguna Sibinacocha (4.900 m) y cerca de la zona de glaciación (Figura 29). Este sitio está formado por las siguientes cimas: Pumachunta (PUM), Rititica (RIT), Orqo Q'ocha (ORQ), y Yurak (YUR), ubicadas a 4.960 m, 5.250 m, 5.320 m y 5.498 m de altitud respectivamente (Figura 30). Esta región se considera una eco-región alto-andina compuesta por numerosos nevados y glaciares de más de 6.000 m de elevación, y limita hacia abajo con la puna húmeda.

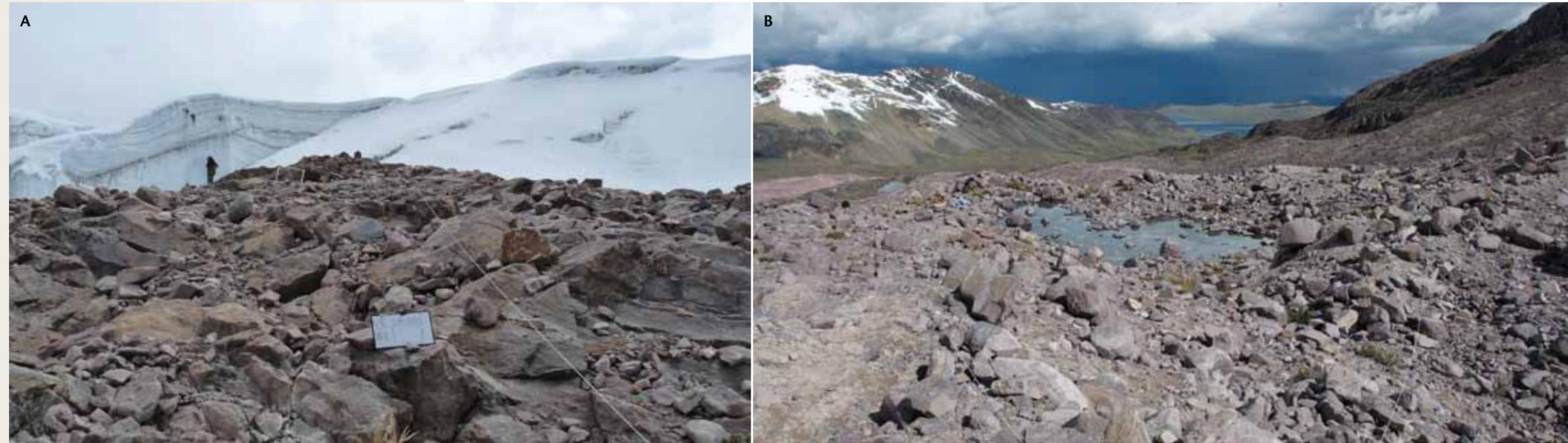


FIGURA 29.  
Ubicación de las cimas  
dentro de la zona piloto de  
la Cordillera de Vilcanota  
(PESIB).

Fuente: Google Earth (Imagen Quik  
Bird de Digital Glove ).

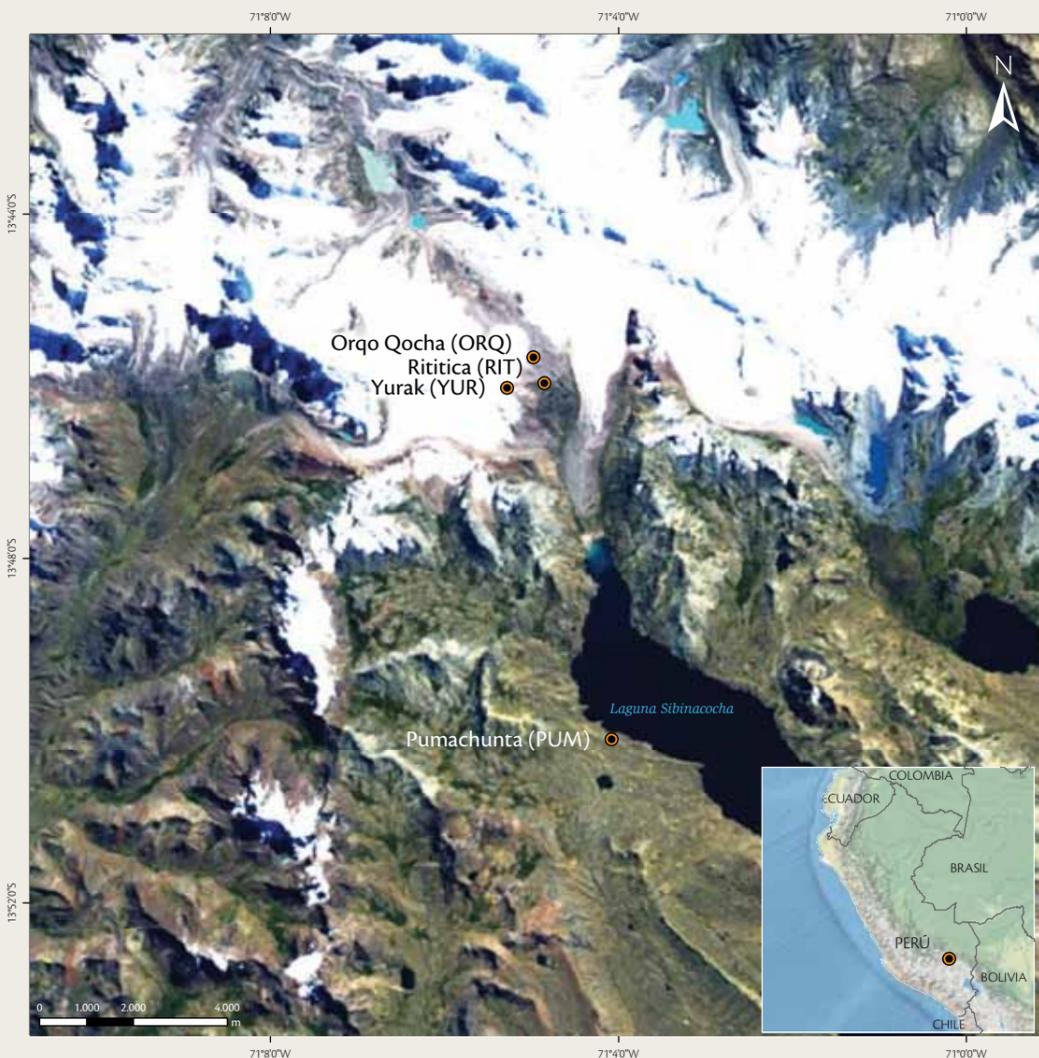


FIGURA 30.  
Cimas del sitio GLORIA  
Cordillera de Vilcanota  
(PESIB)  
A. Yurak (YUR, 5.498 m);  
B. Orqo Q'ocha  
(ORQ, 5.320 m);  
C. Rititica (RIT, 5.250 m);  
D. Pumachunta  
(PUM, 4.960 m).



Hay evidencia del impacto del cambio climático debido al incremento de temperatura, retroceso de los glaciares, y efectos en la biodiversidad (Seimon *et al.*, 2007b). El sitio Yurak se encuentra al borde de glaciar, mientras que Orqo Q'ocha está aproximadamente a 200 metros verticales por debajo del límite superior de plantas vasculares en la región. Según análisis de fotografías aéreas e imágenes satelitales, se estima que en los últimos 50 años, la cima de Orqo Q'ocha ha perdido su cobertura de hielo. Yurak quedó libre de hielo en la última década. A nivel de paisaje, el retroceso glaciar está resultando en la apertura de nuevos corredores terrestres, influyendo en la migración de la vegetación y fauna hacia elevaciones superiores, incluyendo especies nativas y exóticas (Nemergut *et al.*, 2007; Seimon *et al.*, 2007a; Seimon *et al.*, 2007b).

El sitio se comenzó a instalar en julio de 2002, siendo Rititica la primera cima evaluada. Sin embargo, debido a dificultades logísticas de acceso a esta región, recién en abril de 2012 se terminaron de instalar todas las cimas. Por ello, la información presentada a continuación es preliminar.

En la región de Sibinacocha se registraron 24 familias de plantas vasculares que incluyen 64 géneros y 148 taxa. Las cimas con mayor riqueza son Pumachunta y Rititica (47 y 27 especies, respectivamente, registradas solamente en cuadrantes). Rititica presenta además alta cobertura de líquenes y briófitos, dado que no fue cubierta con hielo durante la última glaciación (Pequeña Edad de Hielo, ~ 1550-1850 D.C.). Orqo Q'ocha y Yurak tienen menor cobertura que las otras cimas. Si bien en cuadrantes se registraron pocas especies para Orqo Q'ocha y Yurak (4 y 2 especies respectivamente), la riqueza de plantas vasculares es elevada, considerando la elevación en la que se encuentran estas cimas (34 y 17 especies, respectivamente).

Las cimas están conformadas por varios sustratos como: rocas, piedras, arena, materia orgánica, nieve y suelo desnudo (Figura 30), tanto a los 5 como a los 10 m. Las especies vasculares que presentaron mayor

FIGURA 31.  
Especies vasculares más representativas de las cuatro cimas en el sitio Cordillera de Vilcanota (PESIB):

- A. *Deyeuxia nitidula*,
- B. *Geranium sessiliflorum*,
- C. *Ephedra rupestris*,
- D. *Xenophyllum rosenii*
- E. *Senecio adenophyllus*.



cobertura en las cuatro cimas y las más representativas son: *Deyeuxia nitidula*, *Geranium sessiliflorum*, *Ephedra rupestris*, *Xenophyllum rosenii* y *Senecio adenophyllus* (ver Figura 31).

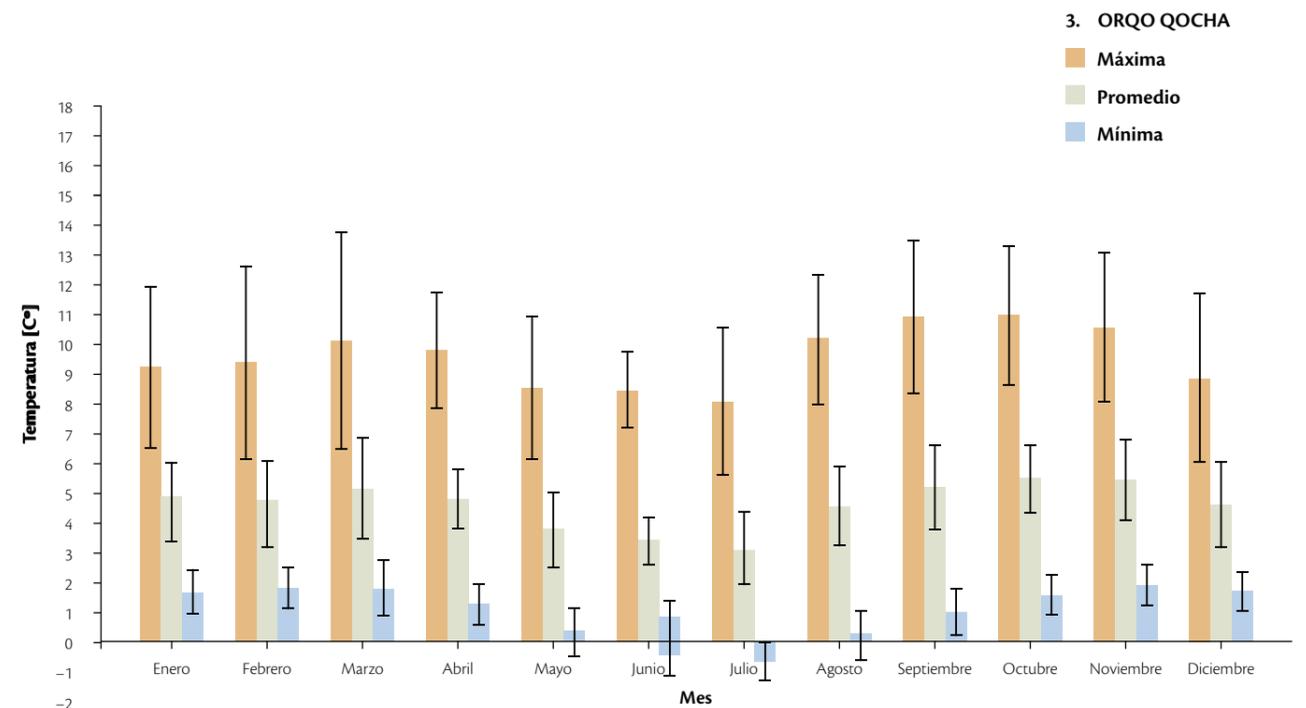
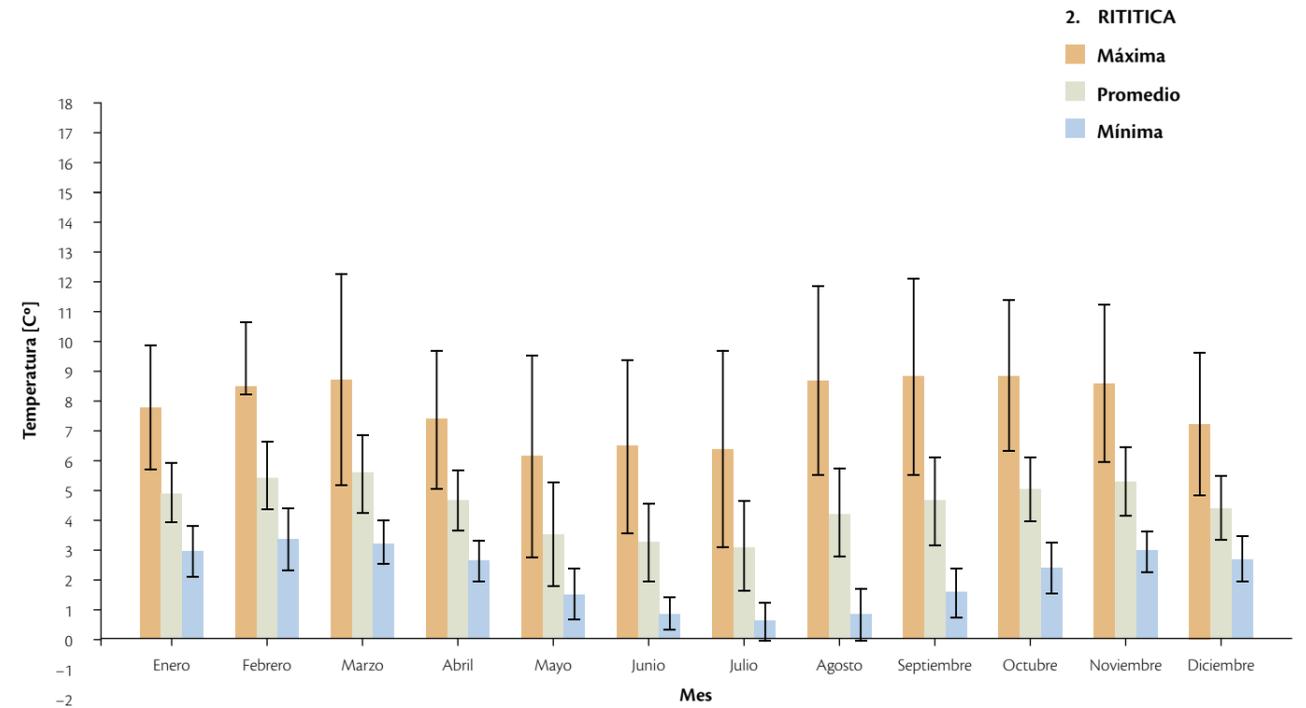
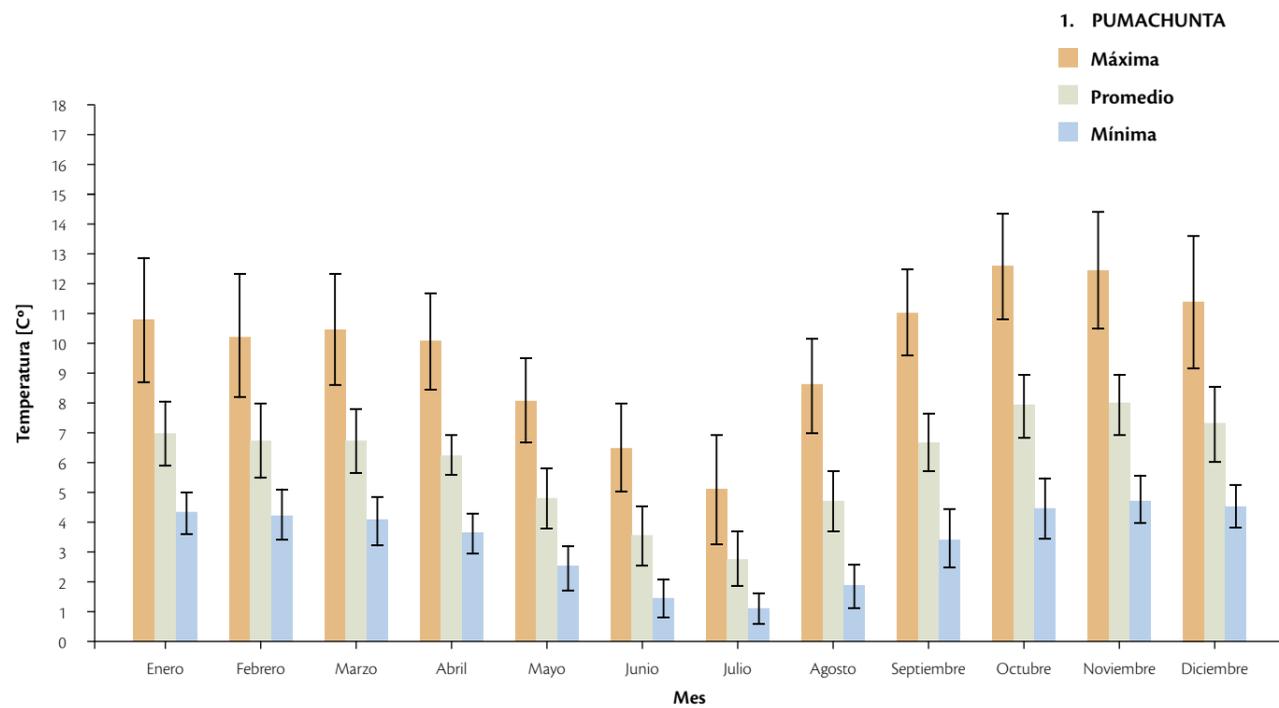
En detalle, para cada cima, las especies más representativas son:

- ☛ **Pumachunta (PUM):** *Azorella biloba*, *Novenia acaulis*, *Pycnophyllum tetrastichum*, *Lachemilla pinnata*, *Trichophorum rigidum*.
- ☛ **Orqo Q'ocha (ORQ):** *Deyeuxia nitidula*, *Ephedra rupestris*, *Senecio adenophyllus*, *Leuceria daucifolia*, *Senecio serratifolius*.
- ☛ **Rititica (RIT):** *Pycnophyllum molle*, *Azorella diapensoides*, *Deyeuxia nitidula*, *Stipa hans-meyeri*, *Lachemilla pinnata*.
- ☛ **Yurak (YUR):** *Senecio adenophyllus*, *Deyeuxia nitidula*, *Deyeuxia ovata*, *Saxifraga magellanica*, *Valeriana pycnantha*.

La Figura 32 presenta una síntesis climática para tres de las cuatro cimas instaladas en Sibinacocha (temperaturas mensuales mínima, promedio y máxima del suelo, a 10 cm de profundidad), a partir del momento de instalación del sitio hasta abril del 2012. En todas las cimas las temperaturas más bajas se registran durante la época seca, entre mayo y agosto. Sólo en Orqo Q'ocha, se registraron temperaturas mínimas promedio inferiores a 0 °C. Las temperaturas más elevadas se presentan durante la época húmeda, particularmente. Aunque las tres cimas presentan este patrón, en la cima más baja, Pumachunta, las diferencias de temperatura entre épocas seca y húmeda son más pronunciadas.

FIGURA 32.

Promedio de la temperatura mensual máxima, mínima y media mensual del suelo (-10 cm de profundidad), registradas en tres cumbres del sitio Cordillera de Vilcanota (PESIB), desde su instalación hasta diciembre de 2011.



## ÁREA NATURAL DE MANEJO INTEGRADO APOLOBAMBA, BOLIVIA (BOAPL)

Este sitio está ubicado en la Cordillera de Apolobamba dentro del Área Natural de Manejo Integrado (ANMI) Apolobamba, Bolivia ( $15^{\circ}0,1'47,4''-15^{\circ}0,5'20''$  S y  $69^{\circ}08'48,7''-69^{\circ}13'51,8''$  W). Esta cordillera forma parte de la Cordillera Oriental de los Andes; se origina al noreste del lago Titicaca, en la frontera entre Perú y Bolivia, y se conecta con la Cordillera Real de Bolivia (Figura 33). El área limita con la cuenca endorreica del Altiplano. Al pie de las serranías, a 4.450 m, las precipitaciones anuales promedio son de 480 mm aproximadamente, y la temperatura promedio anual es de  $4,2^{\circ}\text{C}$ .

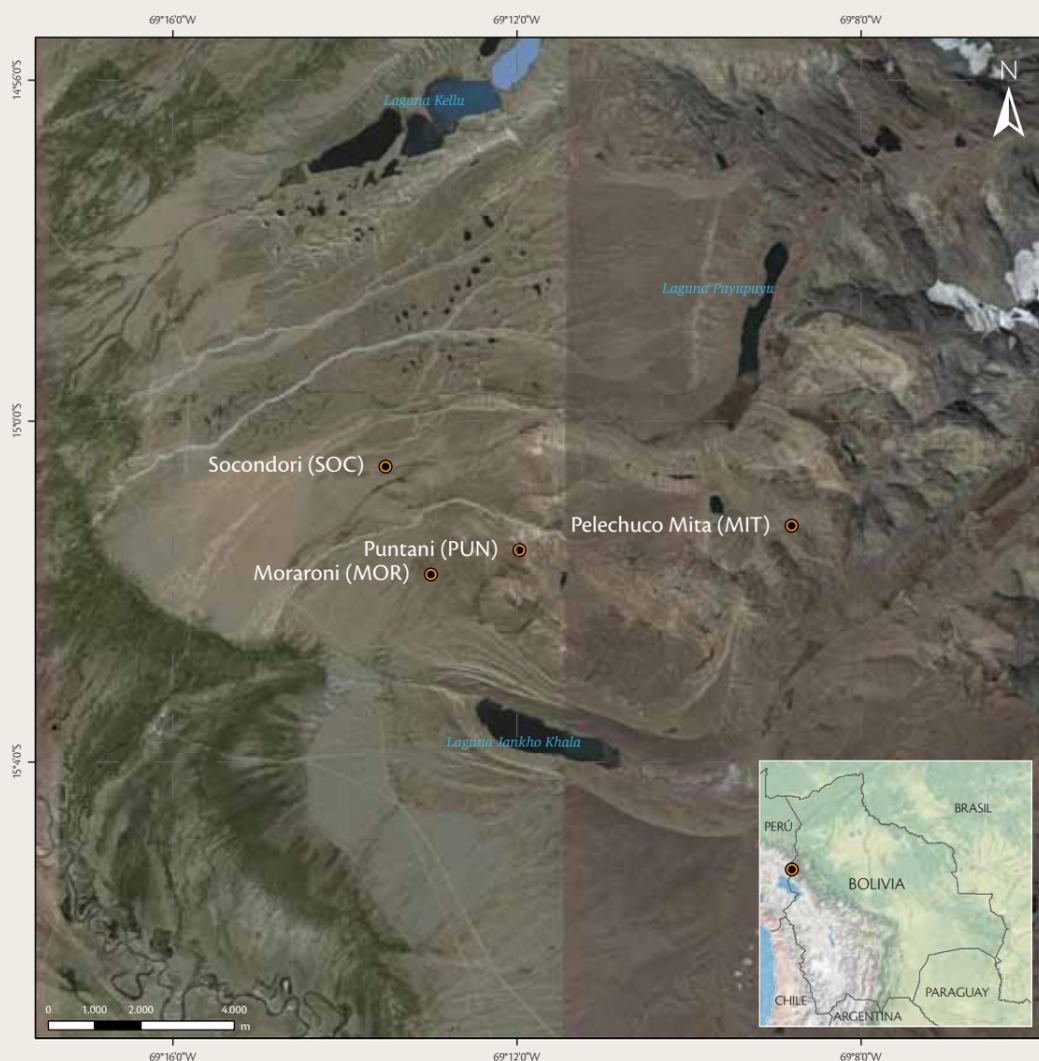


FIGURA 33. Ubicación de las cimas dentro de la zona piloto del Área Natural de Manejo Integrado Apolobamba (BOAPL). Fuente: Google Earth (Imagen Quik Bird de Digital Glove).



La mayor parte del año se registran heladas (320 días). En la región, dominan los sedimentos pleistocénicos y los afloramientos rocosos del paleozoico (Seibert, 1993). El sitio está conformado por cuatro cimas: Socondori (SOC), Puntani (PUN), Pelechuco Mita (MIT) y Moraroni (MOR), a 4.500, 4.760, 5.050 y 5.195 m de elevación, respectivamente (Figura 34). Su instalación comenzó en diciembre del 2007 y concluyó en abril del 2008.

En las cuatro cimas se registraron en total 137 taxa, correspondientes a 63 géneros y 26 familias de plantas vasculares (Tabla 5). En cuanto a la singularidad de especies, 21 (15,3%) están presentes solamente en este sitio en comparación con los demás sitios (Tabla 4). Las familias más diversas del sitio son: Asteraceae, Poaceae, Caryophyllaceae, Brassicaceae y Malvaceae (Tabla 5).

FIGURA 34. Cimas del sitio GLORIA del Área Natural de Manejo Integrado Apolobamba (BOAPL). A. Moraroni (MOR, 5.195 m); B. Pelechuco Mita (MIT, 5.050 m); C. Puntani (PUN, 4.760 m); D. Socondori (SOC, 4.500 m).

Las cimas con mayor riqueza de plantas vasculares fueron Socondori y Puntani, con 46 y 33 especies registradas en cuadrantes, ambas cimas ubicadas a menor elevación que Pelechuco Mita y Moraroni. El sitio Apolobamba posee la mayor riqueza de líquenes en comparación a los otros sitios GLORIA en Bolivia. A diferencia de las plantas vasculares, la riqueza de líquenes no disminuye significativamente con la elevación. Puntani sobresale como la cima con mayor riqueza de morfoespecies de líquenes (87 morfoespecies). Es posible que la elevada riqueza se encuentre relacionada con la alta proporción de rocas en todas las cimas, especialmente en Moraroni y Puntani.

Una gran proporción de la superficie está conformada por roca (33%) y grava (31%). Moraroni presenta alta cobertura de grava (70%), mientras que Socondori y Puntani son cimas con alta proporción de suelo desnudo (24% y 21%, respectivamente, Figura 35). Las especies con mayor cobertura en el sitio son: *Senecio apolobambensis*, *Poa glaberrima*, *Deyeuxia filifolia* var. *festucoides*, *Stipa hans-meyeri* y *Pycnophyllum tetrastichum* (Figura 36).

FIGURA 35. Porcentaje de cobertura de cada uno de los sustratos identificados en los cuadrantes de 1 m<sup>2</sup> presentes en el sitio Apolobamba (BOAPL).

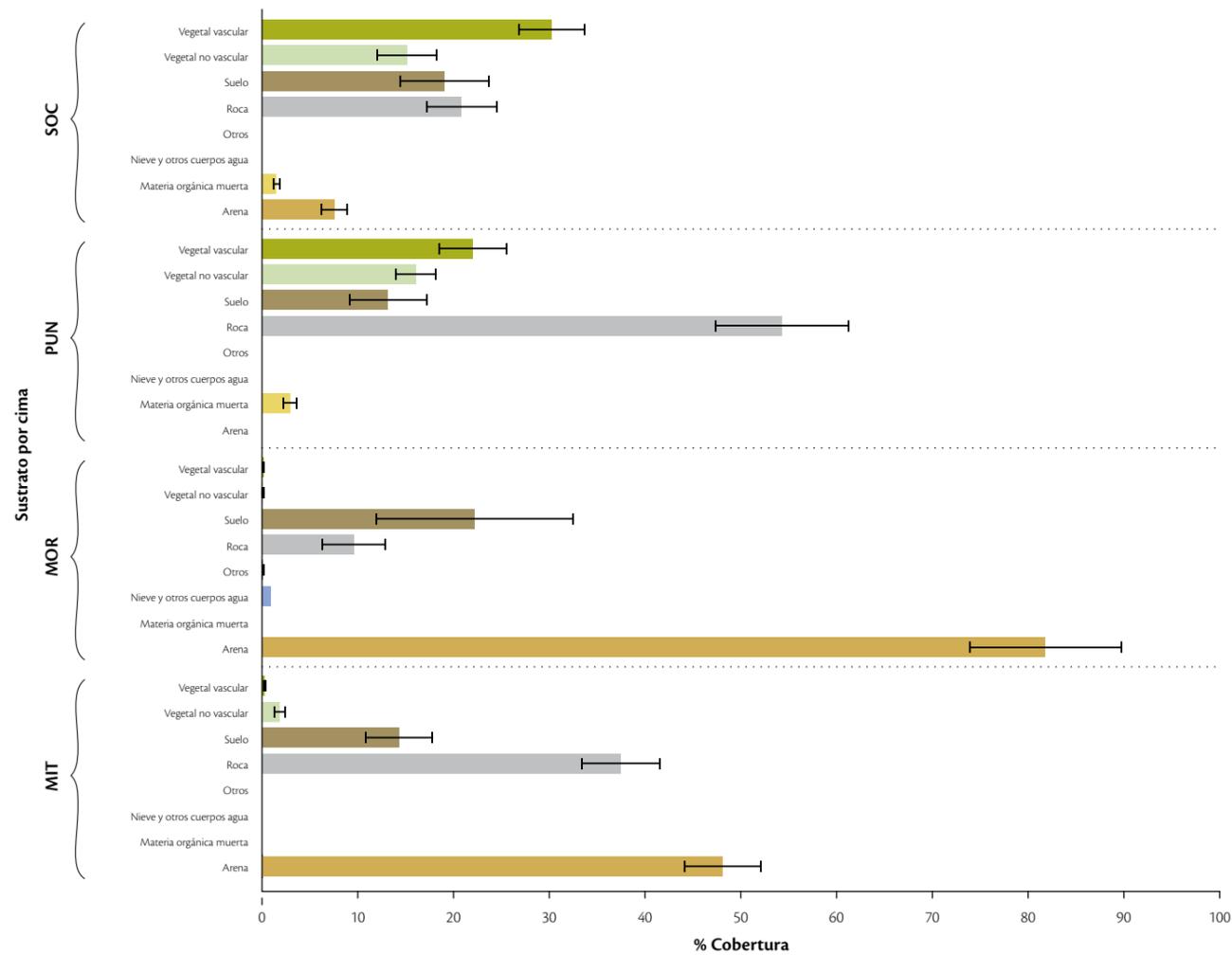


FIGURA 36. Especies que presentaron mayor cobertura en el sitio Apolobamba (BOAPL): B. *Poa glaberrima*, C. *Deyeuxia filifolia*

var. *festucoides*, D. *Stipa hans-meyeri*, E. *Pycnophyllum tetrastichum*. No consta en la figura *Senecio apolobambensis*.



A nivel de cima, las especies con mayor cobertura son:

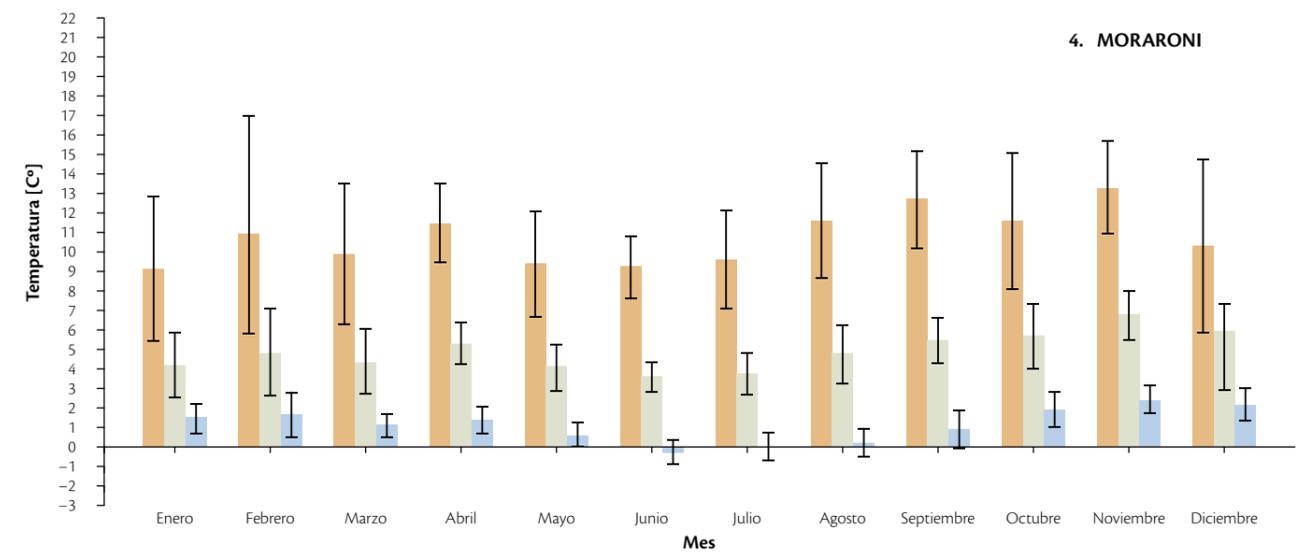
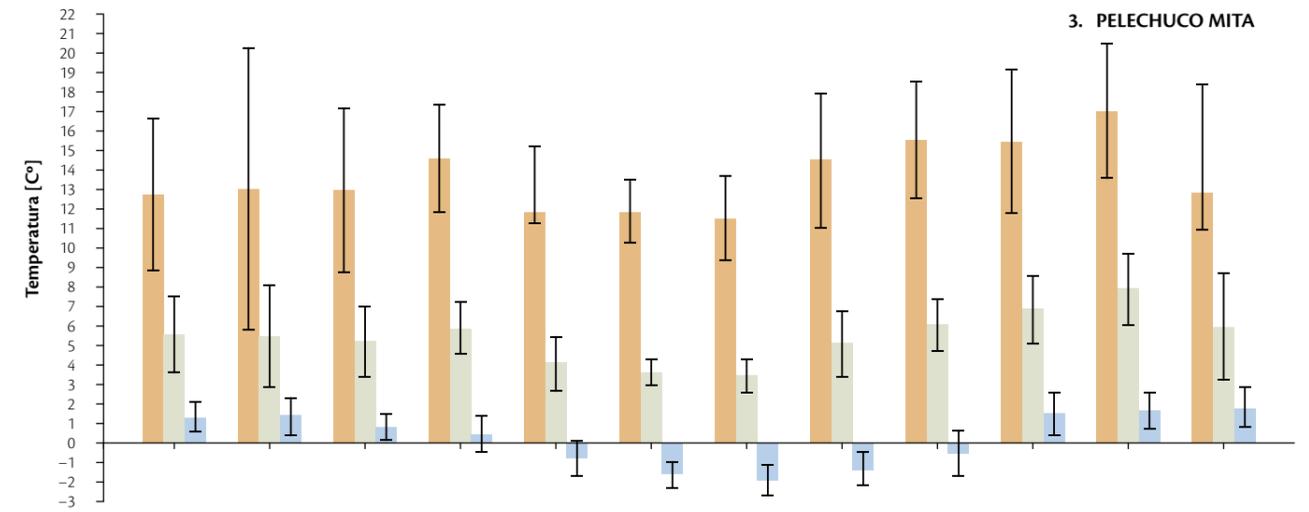
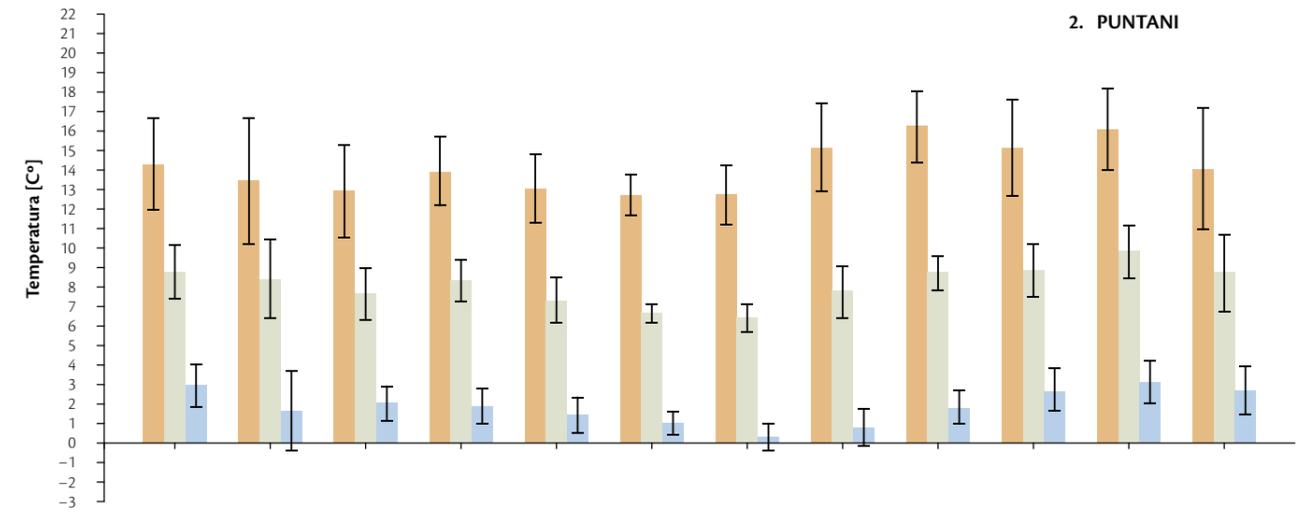
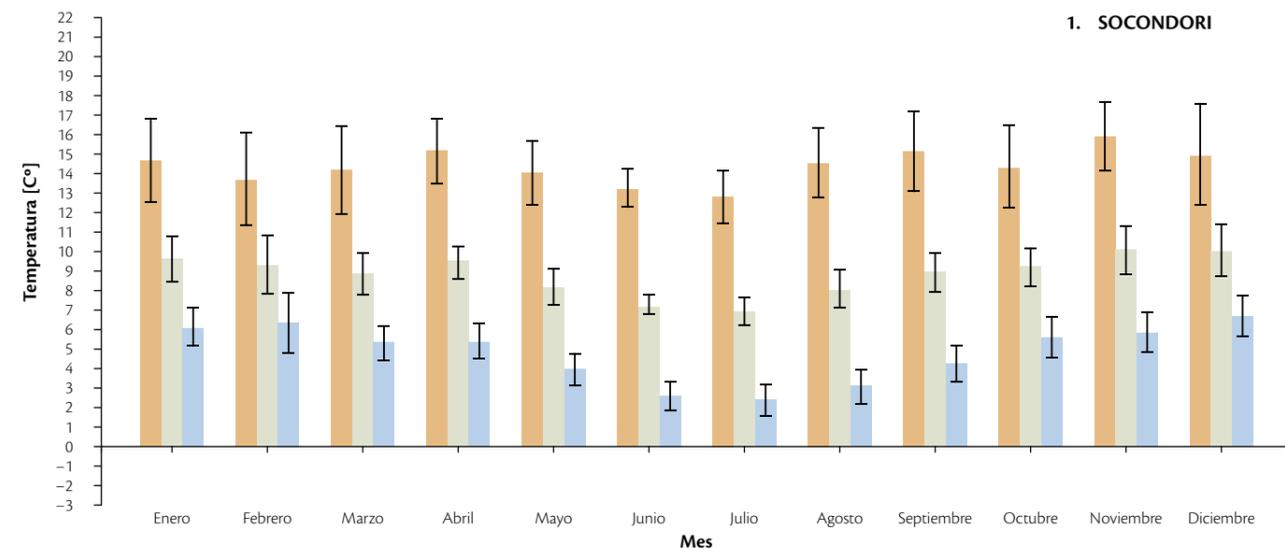
- ☛ **Moraroni (MOR):** *Xenophyllum dactylophyllum*, *Nototriche obtusa*, *Tarasa tenella*, *Deyeuxia* sp.
- ☛ **Pelechuco Mita (MIT):** *Pycnophyllum tetrastichum*, *Festuca rigescens*, *Pycnophyllum molle*, *Senecio adenophyllus*, *Deyeuxia minima*.
- ☛ **Puntani (PUN):** *Senecio apolobambensis*, *Stipa hans-meyeri*, *Poa glaberrima*, *Deyeuxia* cf. *filifolia*, *Pycnophyllum tetrastichum*.
- ☛ **Socondori (SOC):** *Pycnophyllum molle*, *Pycnophyllum tetrastichum*, *Deyeuxia filifolia* var. *festucoides*, *Deyeuxia* sp., *Cyperus seslerioides*.

FIGURA 37.

Promedio de la temperatura mensual máxima, mínima y media mensual del suelo (-10 cm de profundidad), registradas en cada cumbre del sitio Apolobamba (BOAPL), desde su instalación hasta diciembre de 2011.

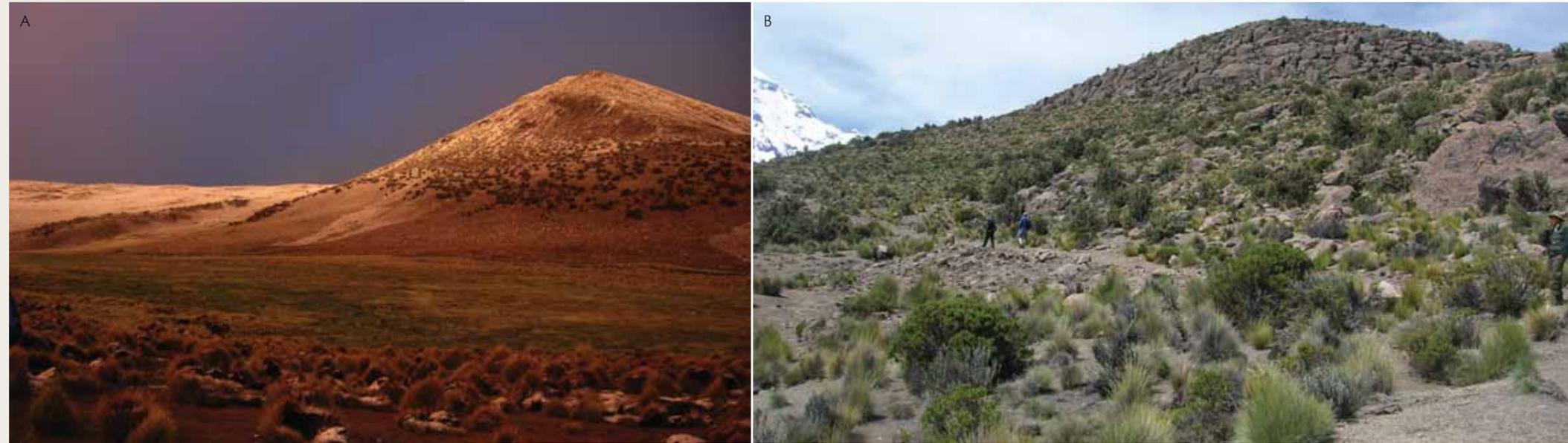
La Figura 37 muestra una síntesis de los datos climáticos para este sitio (temperaturas mínima, promedio y máxima a 10 cm de profundidad del suelo), registrados desde la instalación del sitio hasta septiembre del 2009. En todos los meses la temperatura promedio fue mayor en las cimas de menor altitud (SOC y PUN). En todas las cimas las temperaturas más bajas se registraron durante la época seca, especialmente entre junio y julio; siendo Pelechuco Mita la cima con temperaturas mínimas menores, alcanzando valores inferiores a 0 °C de mayo a septiembre. Las temperaturas más altas se observaron durante la época húmeda, especialmente en noviembre.

■ Máxima  
■ Media  
■ Mínima



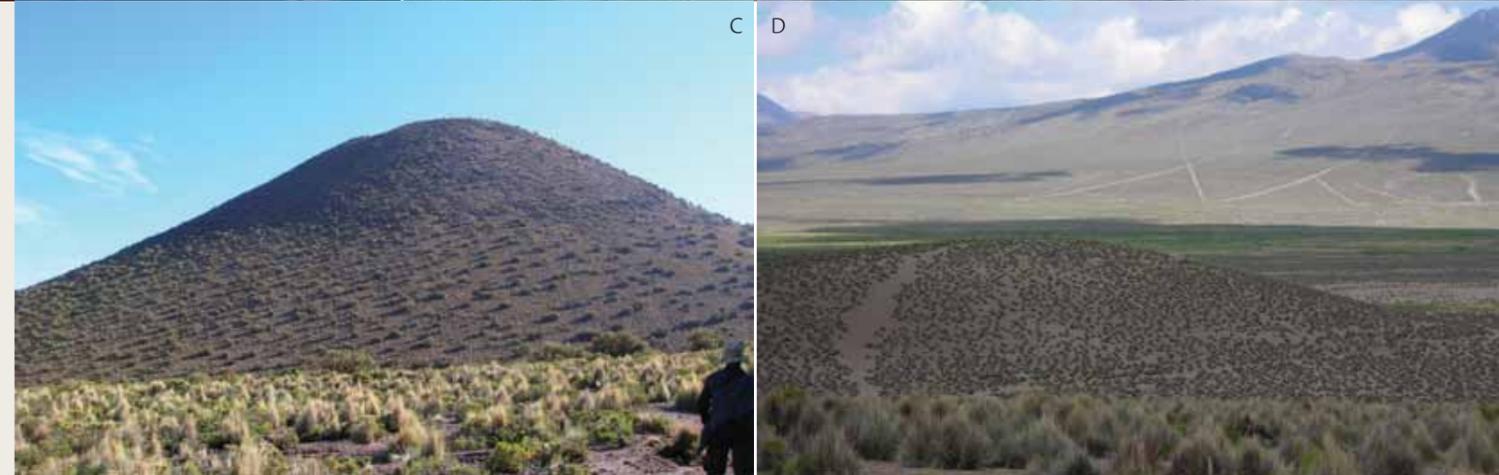
## PARQUE NACIONAL SAJAMA, BOLIVIA (BOSAJ)

Este sitio se encuentra localizado en la Cordillera Occidental de Bolivia (18°06'S, 68°53'W), dentro del Parque Nacional Sajama (PNS), que corresponde a la primera área protegida de Bolivia, creada en 1939 (Figura 38). Sajama fue el primer sitio piloto establecido y la base práctica para la instalación de los otros sitios GLORIA en Bolivia, incentivó la organización del primer Curso GLORIA, así como talleres sobre percepción y adaptación de las comunidades indígenas al cambio climático. Las cimas instaladas, Pacollo (PAC), Huincurata (HUI), Sumac (SUM) y Jasasuni (JAS), ubicadas a 4.192, 4.567, 4.767 y 4.931 m de elevación respectivamente, se encuentran circundantes al pueblo y al nevado de Sajama (Figura 39).



**FIGURA 38.**  
Ubicación de las cimas dentro de la zona piloto del Parque Nacional Sajama (BOSAJ).

Fuente: Google Earth (Imagen Quik Bird de Digital Glove).



El monitoreo de las cimas comenzó en 2006 para Jasasuni, 2007 para Huincurata y Sumac, y 2008 para Pacollo.

En las cuatro cimas se contabilizaron 85 taxa, incluidos dentro de 47 géneros y 18 familias botánicas (Tabla 5). En cuanto a la singularidad de especies encontradas en este sitio, el 44,7% (38 especies) son únicas para el Sajama, en comparación con los otros sitios (Tabla 4). Las familias con mayor número de especies y aquellas que presentaron mayor abundancia son Asteraceae, Poaceae, Brassicaceae, Caryophyllaceae y Malvaceae (Tabla 5).

Las cuatro cimas presentan alta proporción de arena y suelo desnudo (24% y 21%, respectivamente, Figura 39). En el caso de Jasasuni, Sumac

**FIGURA 39.**  
Cimas de monitoreo GLORIA en el sitio del Parque Nacional Sajama (BOSAJ)  
A. Jasasuni (JAS, 4.931 m);  
B. Sumac (SUM, 4.759 m);  
C. Huincurata (HUI, 4.567 m);  
D. Pacollo (PAC, 4.192 m).

y Huincurata, la superficie está principalmente conformada por roca y grava. Pacollo es la cima con mayor proporción de grava. En las cuatro cimas se encontró baja cobertura de plantas no vasculares. Las especies de plantas vasculares que presentan mayor cobertura en las cuatro cimas del sitio son: *Polylepis tarapacana*, *Cumulopuntia boliviana*, *Festuca orthophylla*, *Tetraglochin cristatum* y *Adesmia spinosissima* (Figura 40).

A nivel de cimas, las especies con mayor cobertura son:

- 🌿 **Huincurata (HUI):** *Polylepis tarapacana*, *Pycnophyllum spathulatum*.
- 🌿 **Jasasuni (JAS):** *Baccharis tola*, *Festuca orthophylla*.
- 🌿 **Pacollo (PAC):** *Sisyrinchium chilense*, *Nototriche turritella* y *Tetraglochin cristatum*
- 🌿 **Sumac (SUM):** *Adesmia spinosissima*, *Festuca orthophylla*.

FIGURA 40. Porcentaje de cobertura de cada uno de los sustratos identificados en los cuadrantes de 1 m<sup>2</sup> presentes en el sitio Sajama (BOSA).

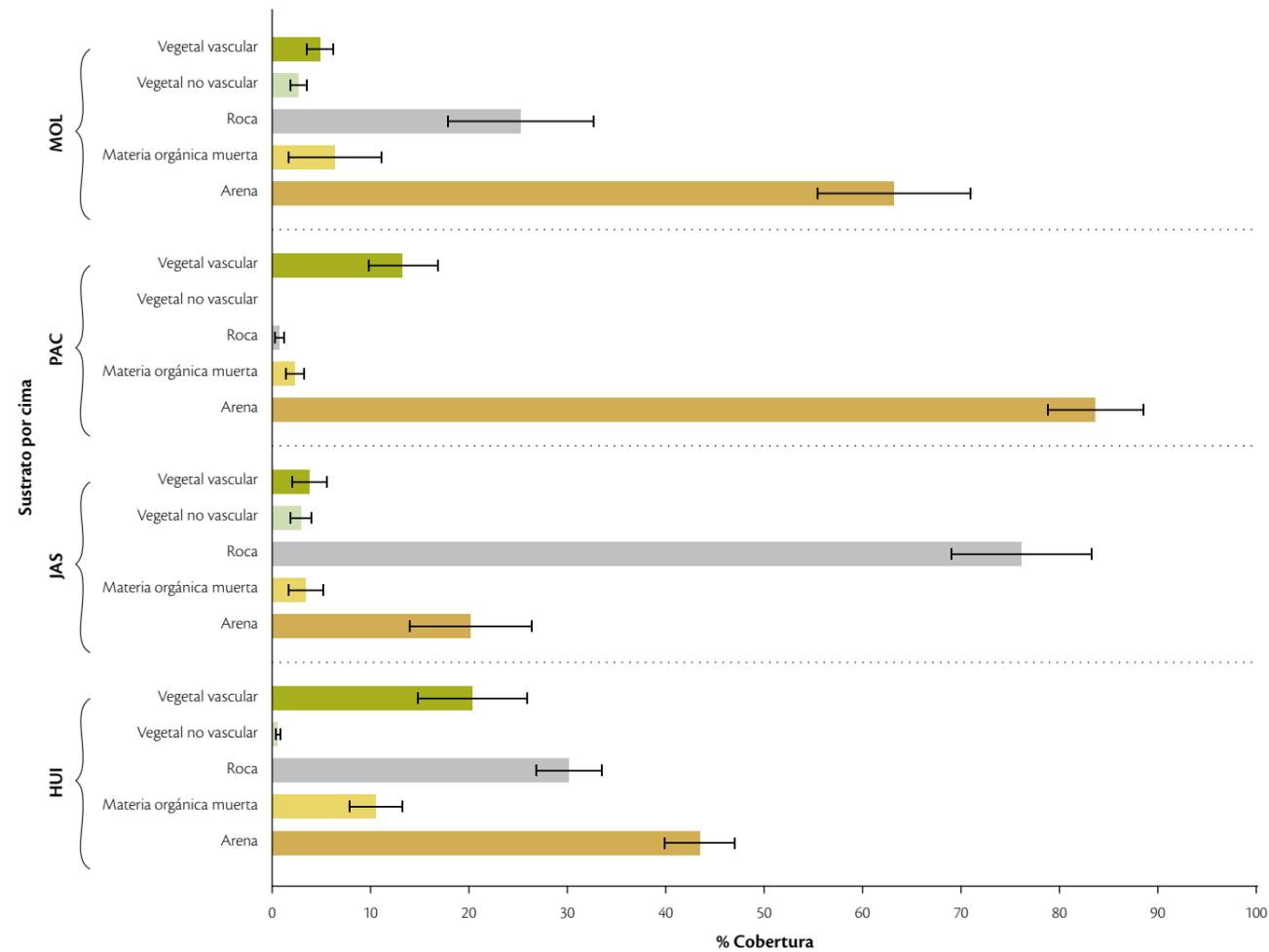


FIGURA 41. Especies que presentaron mayor cobertura dentro del sitio Sajama (BOSA):

- A. *Polylepis tarapacana*,
- B. *Cumulopuntia boliviana*,
- C. *Festuca orthophylla*,
- D. *Tetraglochin cristatum*,
- E. *Adesmia spinosissima*.

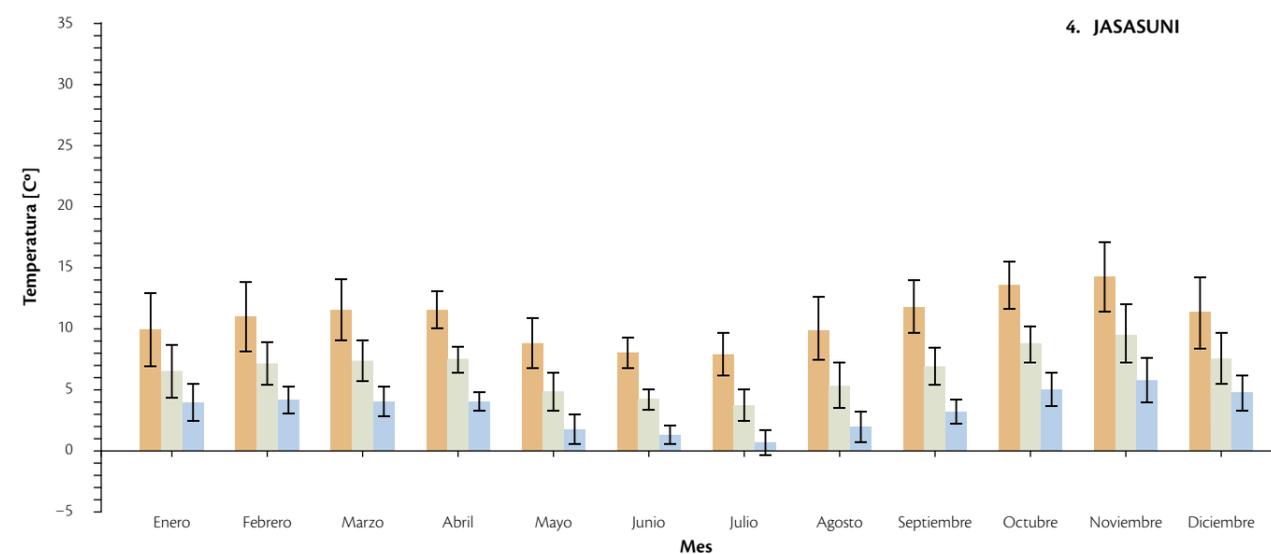
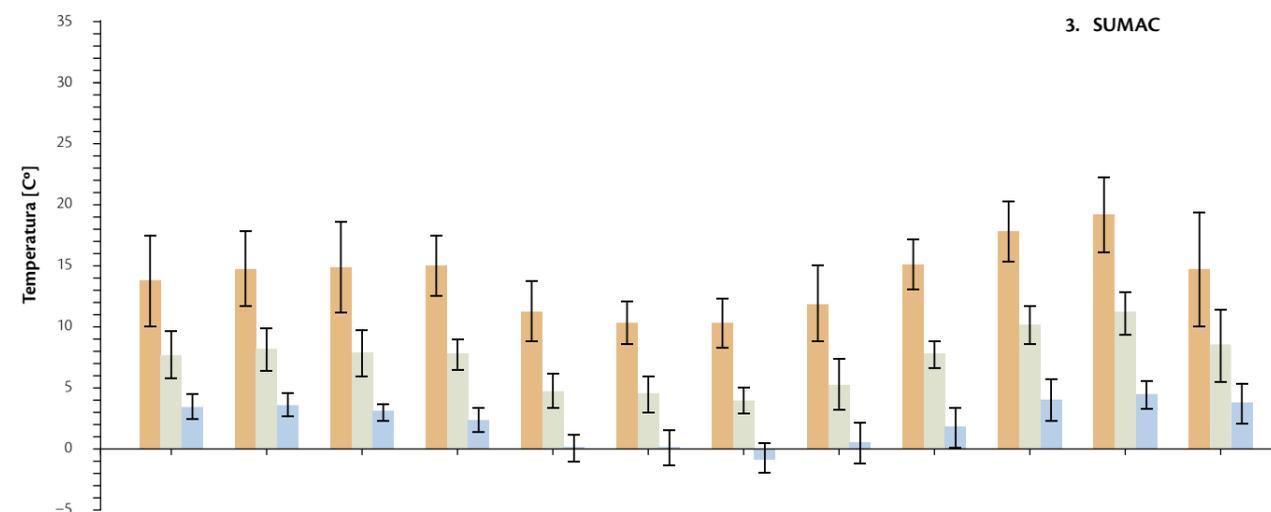
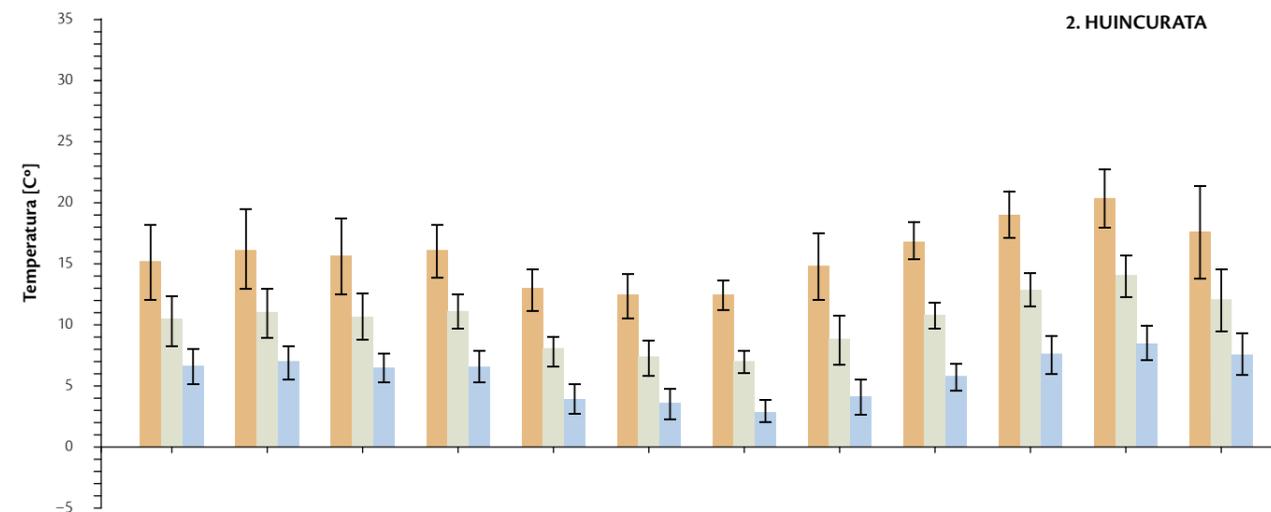
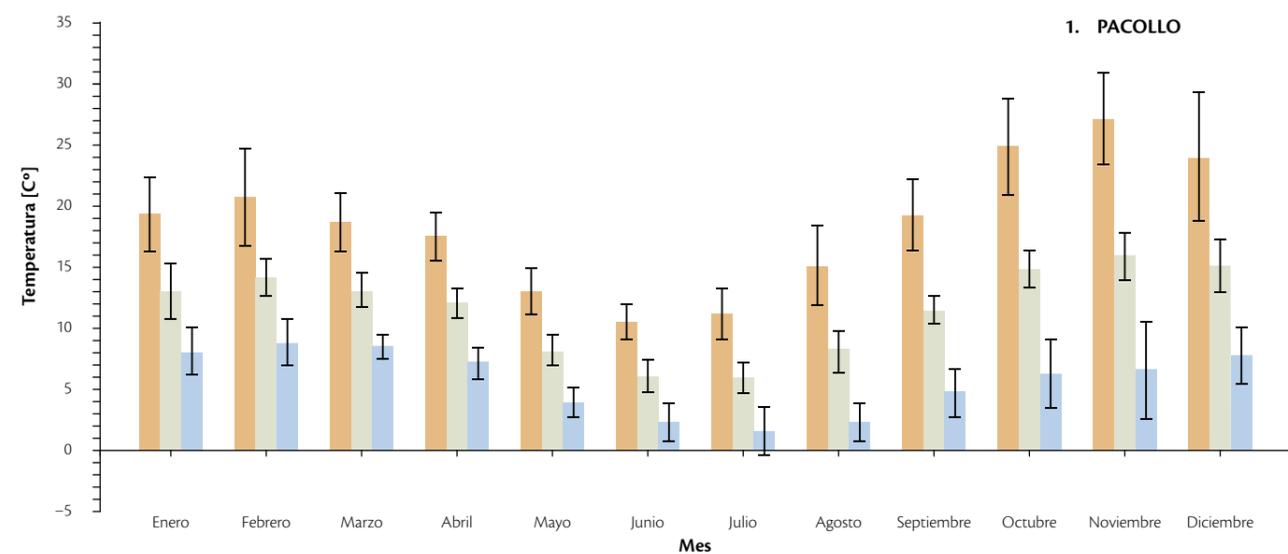


La Figura 42 ilustra las temperaturas mínima, promedio y máxima a 10 cm de profundidad del suelo, registradas a partir de la instalación del sitio hasta septiembre del 2009. Durante la época seca se observaron las temperaturas más bajas, especialmente entre junio y agosto. No obstante, en general las temperaturas mínimas promedio no son inferiores a 0 °C. Las temperaturas más altas se registraron durante la época húmeda. Si bien este patrón se repite en todas las cimas, en Pacollo las diferencias de temperatura entre épocas seca y húmeda son más pronunciadas. Pacollo es la cima de menor elevación, y en esta se registran también las mayores temperaturas máximas en relación a todos los sitios piloto de Puna, registrándose incluso valores extremos de 38°C a 42°C.

FIGURA 42.

Promedio de la temperatura mensual máxima, mínima y media mensual del suelo (-10 cm de profundidad), registradas en cada cumbre del sitio Sajama (BOAPL), desde su instalación hasta diciembre de 2011.

■ Máxima  
■ Media  
■ Mínima

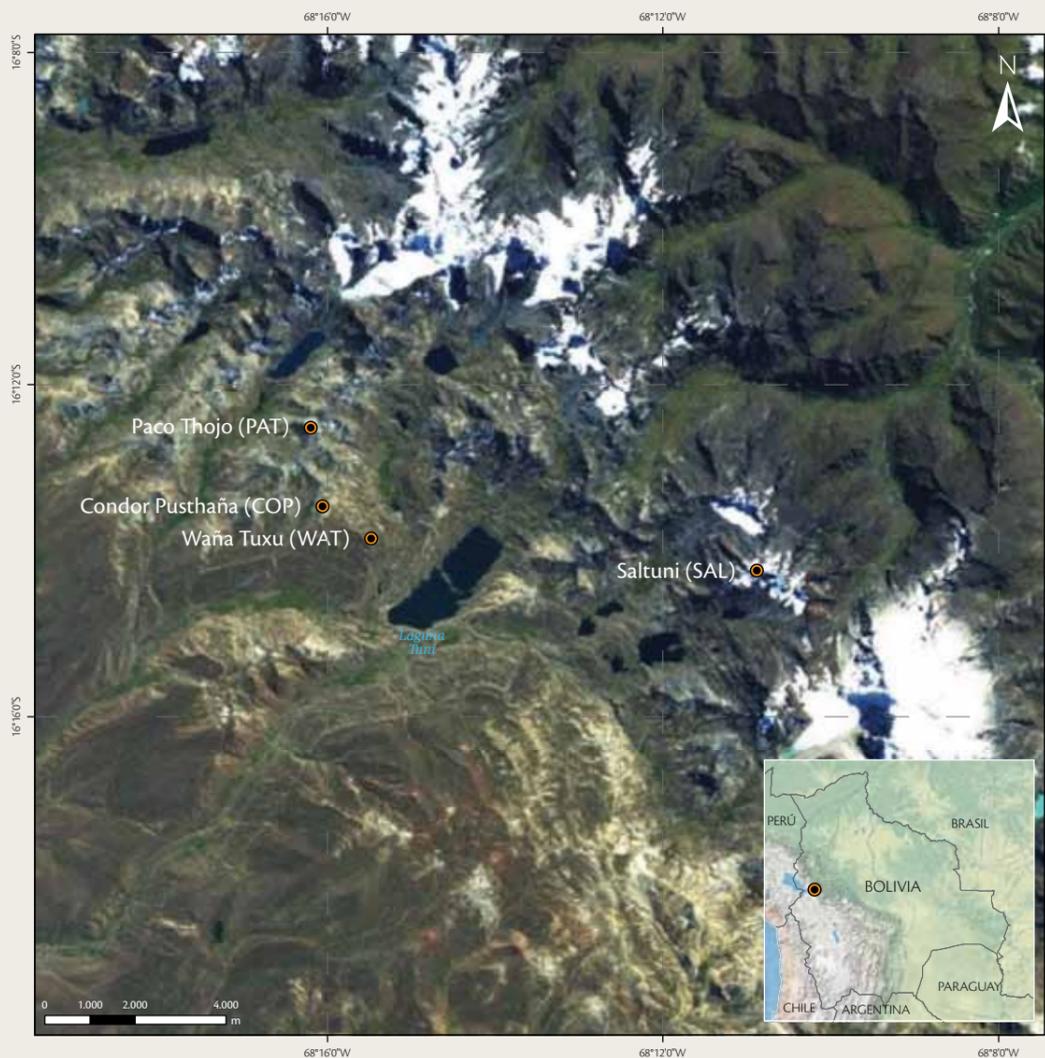


## PARQUE NACIONAL TUNI CONDORIRI, BOLIVIA (BOTUC)

Este sitio se encuentra en la Cordillera Real de Bolivia (16°12' a 16°14' S, y 68°10' a 68°16'W). Las cimas instaladas están localizadas cerca al cerro Condoriri, situado a 30 km de la ciudad de La Paz (Figura 43). Su cumbre más alta alcanza los 5.700 m de elevación. En la base se encuentran las lagunas Tuni y Condoriri. Las cimas son Waña Tuxu (WAT), Condor Pusthaña (COP), Paco Thajo (PAT) y Saltuni (SAL), esta última casi no tiene plantas vasculares y posee pocas plantas no vasculares. Las cimas están ubicadas a 4.650, 4.862, 5.058 y 5.325 m de elevación, respectivamente (Figura 44).



FIGURA 43. Ubicación de las cimas dentro de la zona piloto del Parque Nacional Tuni Condoriri (BOTUC). Fuente (imagen Landsat): U.S. Geological Survey URL: <http://glovis.usgs.gov>.



La instalación de este sitio inició en enero del 2009 y concluyó en junio de 2010 con la implementación de pluviógrafos.

El sitio tiene un total de 99 taxa, incluidos en 21 familias y 49 géneros (Tabla 5). De estos, 20 taxa (20,2%) son únicos para Tuni Condoriri en comparación con los demás sitios (Tabla 4). Las familias de plantas vasculares con mayor riqueza de especies son Asteraceae, Poaceae, Brassicaceae, Caryophyllaceae y Apiaceae (Tabla 5). De igual forma, las familias que presentan mayor cobertura en las cuatro cimas son Poaceae y Asteraceae. Adicionalmente, la familia Caryophyllaceae presentó alta cobertura vegetal en Condor Pusthaña y la familia Valerianaceae en Paco Thajo.

Las cimas ubicadas a menor elevación, Waña Tuxu (4650 m), y Condor Pusthaña (4862 m), poseen la mayor riqueza (53 y 10 especies registradas

FIGURA 44. Parque Nacional Tuni Condoriri (BOTUC)  
A. Saltuni (SAL, 5.325 m),  
B. Paco Thajo (PAT, 5.058 m),  
C. Condor Pusthaña (COP, 4.862 m),  
D. Waña Tuxu (WAT, 4.650 m).

en cuadrantes). Saltuni, la cima ubicada a mayor elevación (5.325 m), no presenta plantas vasculares. Sin embargo, es muy probable que sea colonizada por hierbas en un futuro cercano, puesto que se registró un individuo de *Senecio rufescens*, 20 m por debajo de las secciones instaladas.

En las cuatro cimas evaluadas también se encontraron plantas no vasculares (líquenes, briófitos y hongos). De estas, los líquenes constituyen el grupo dominante, seguido por los briófitos (Figura 45). A diferencia de las plantas vasculares, la presencia de líquenes y briófitos no disminuye drásticamente con la elevación. Condor Pusthaña, ubicada a 4.862 m, resalta como la cima con mayor número de morfoespecies de líquenes (66), seguida por Paco Thoyo y Waña Tuxu con 48 y 46 respectivamente.

En la Figura 45 se muestra la categorización de coberturas de las cuatro cimas. Una gran proporción de las cimas se encuentra conformada por roca (37%), seguida por cobertura vegetal (20%). Saltuni, la cima que no presenta plantas vasculares, posee el porcentaje más alto de roca (81%), mientras que Condor Pusthaña tiene una alta proporción de suelo desnudo (31%).

FIGURA 45. Porcentaje de cobertura de cada uno de los sustratos identificados en los cuadrantes de 1 m<sup>2</sup> presentes en el sitio Tuni Condoriri (BOTUC).

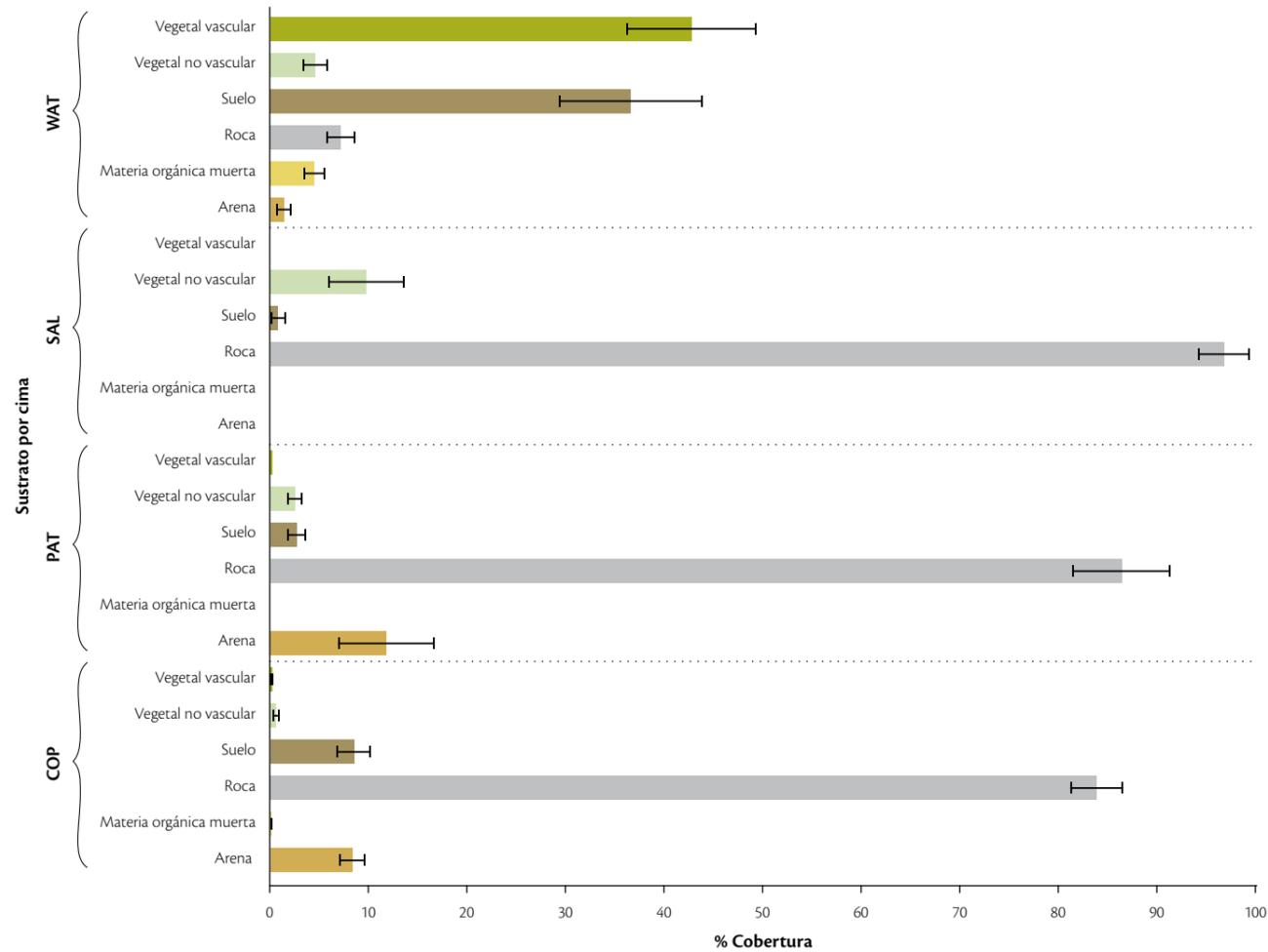


FIGURA 46. Especies que presentaron mayor cobertura dentro del sitio Tuni Condoriri (BOTUC):

- A. *Festuca dolichophylla*,
- B. *Stipa hans-meyeri*,
- C. *Hypochaeris echegarayi*,
- D. *Deyeuxia filifolia* var. *filifolia*,
- E. *Pycnophyllum molle*.



En este sitio, las especies con mayor porcentaje de cobertura son: *Festuca dolichophylla*, *Stipa hans-meyeri*, *Deyeuxia filifolia* var. *filifolia*, *Hypochaeris echegarayi* y *Pycnophyllum molle* (Figura 46). A nivel de cimas, las especies que tienen mayor cobertura son:

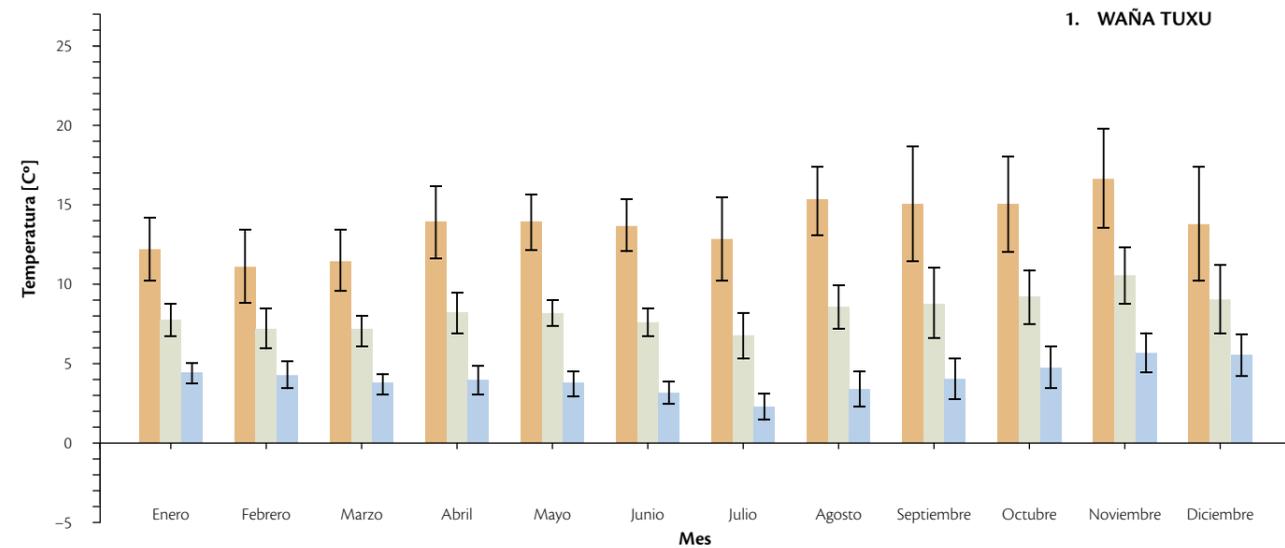
- 🌿 **Condor Pusthaña (COP):** *Pycnophyllum molle*, *Festuca rigescens*, *Festuca dolichophylla*, *Stipa hans-meyeri*.
- 🌿 **Paco Thojó (PAT):** *Deyeuxia lagurus*, *Valeriana pycnantha*, *Senecio candollei*, *Senecio humillimus*.
- 🌿 **Saltuni (SAL):** Esta cima se caracteriza por tener sólo plantas no vasculares (briófitos y líquenes).
- 🌿 **Waña Tuxu (WAT):** *Festuca dolichophylla*, *Deyeuxia filifolia* var. *filifolia*, *Deyeuxia filifolia* var. *festucoides*, *Stipa hans-meyeri*.

La Figura 47 presenta una síntesis de los datos climáticos para este sitio (temperaturas mínima, promedio y máxima a 10 cm de profundidad del suelo), obtenidos a partir de la implementación del sitio de monitoreo hasta marzo del 2012. Las temperaturas más bajas se registraron durante la época seca (mayo-agosto). Saltuni, la cima más alta, es la única que presenta temperaturas mínimas promedio bajo 0 °C a través de todo el año. Por otra parte, las temperaturas más altas se registraron durante la época húmeda (noviembre-febrero), excepto para Saltuni; en esta cima, las temperaturas máximas se registraron durante la época seca, alcanzando 15 °C entre junio y agosto.

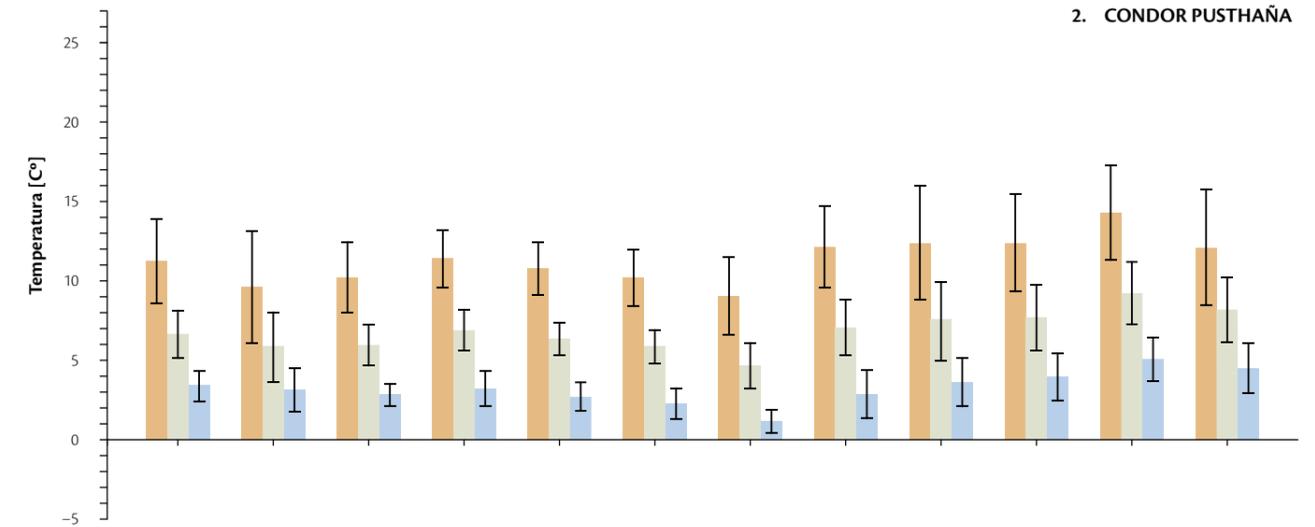
FIGURA 47.

Promedio de la temperatura mensual máxima, mínima y media mensual del suelo (-10 cm de profundidad), registradas en cada cumbre del sitio Tuni Condoriri (BOTUC), desde su instalación hasta diciembre de 2011.

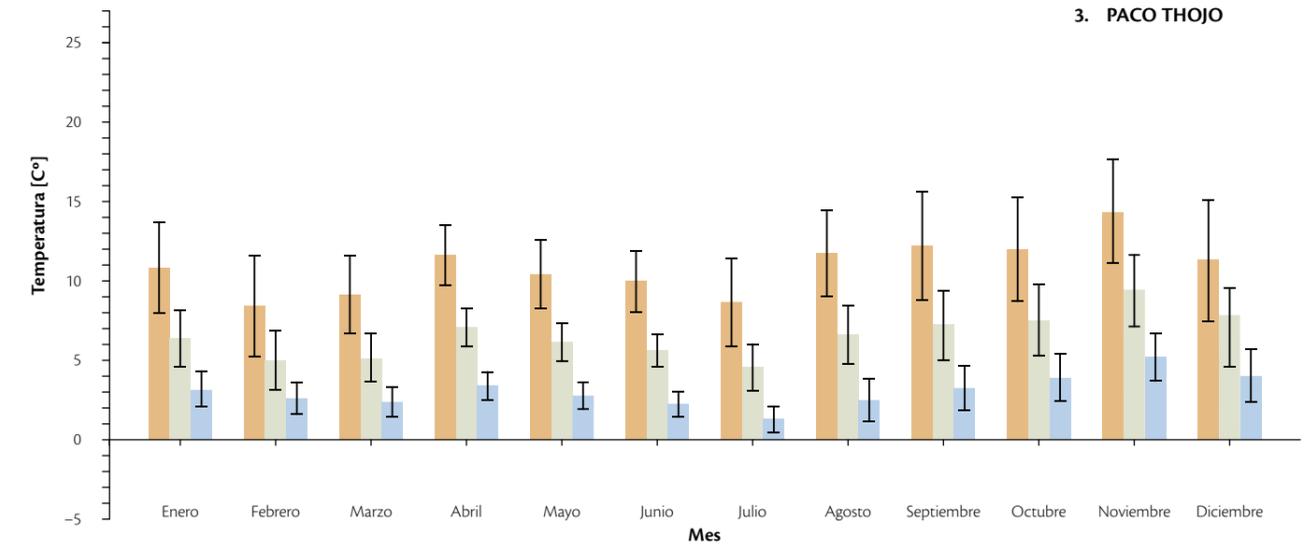
■ Máxima  
■ Media  
■ Mínima



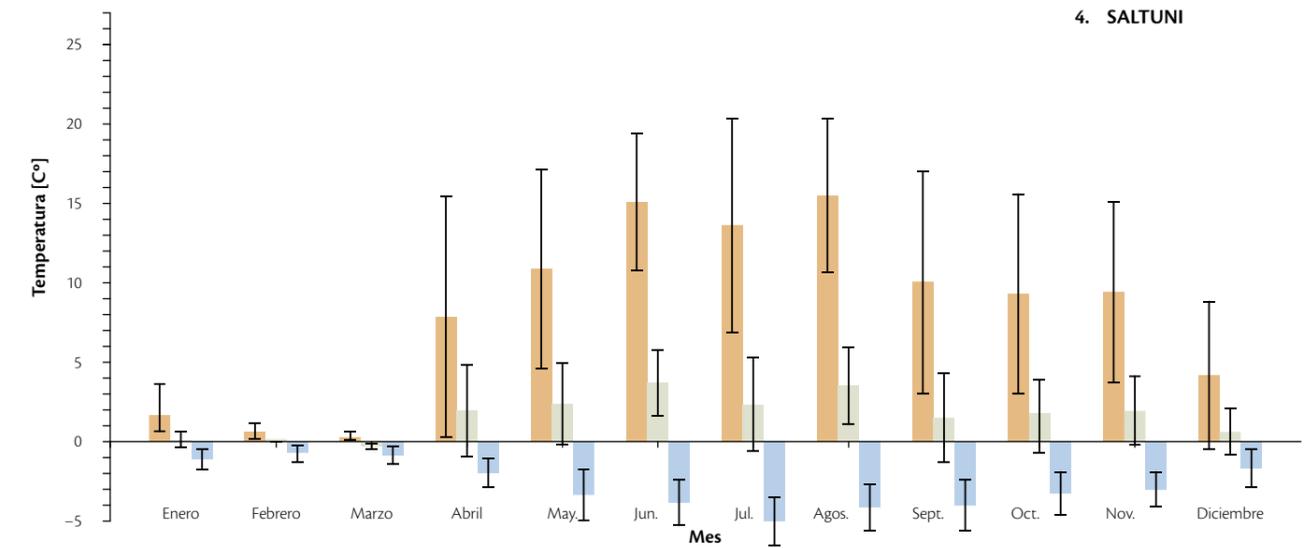
1. WAÑA TUXU



2. CONDOR PUSTHAÑA



3. PACO THOJO



4. SALTUNI

## PARQUE PROVINCIAL CUMBRES CALCHAQUÍES, ARGENTINA (ARCUC)

Las Cumbres Calchaquíes son un cordón montañoso de las sierras pampeanas, aislado de los Andes y cuya parte cumbral forma una gran altiplanicie sobre los 4000 m de elevación, (Figura 48). El sitio GLORIA está formado por Alazán (ALZ), Piedra Blanca (HUA), Alto de la Sinuosa (SIN) y Cerro Isabel (ISA). Las cimas se ubican respectivamente a 4.040, 4.280, 4.450 y 4.742 m de elevación (Figura 49).



FIGURA 48. Ubicación de las cimas dentro de la zona piloto del Parque Nacional Cumbres Calchaquíes (ARCUC).

Fuente: Google Earth (Imagen Quik Bird de Digital Globe).

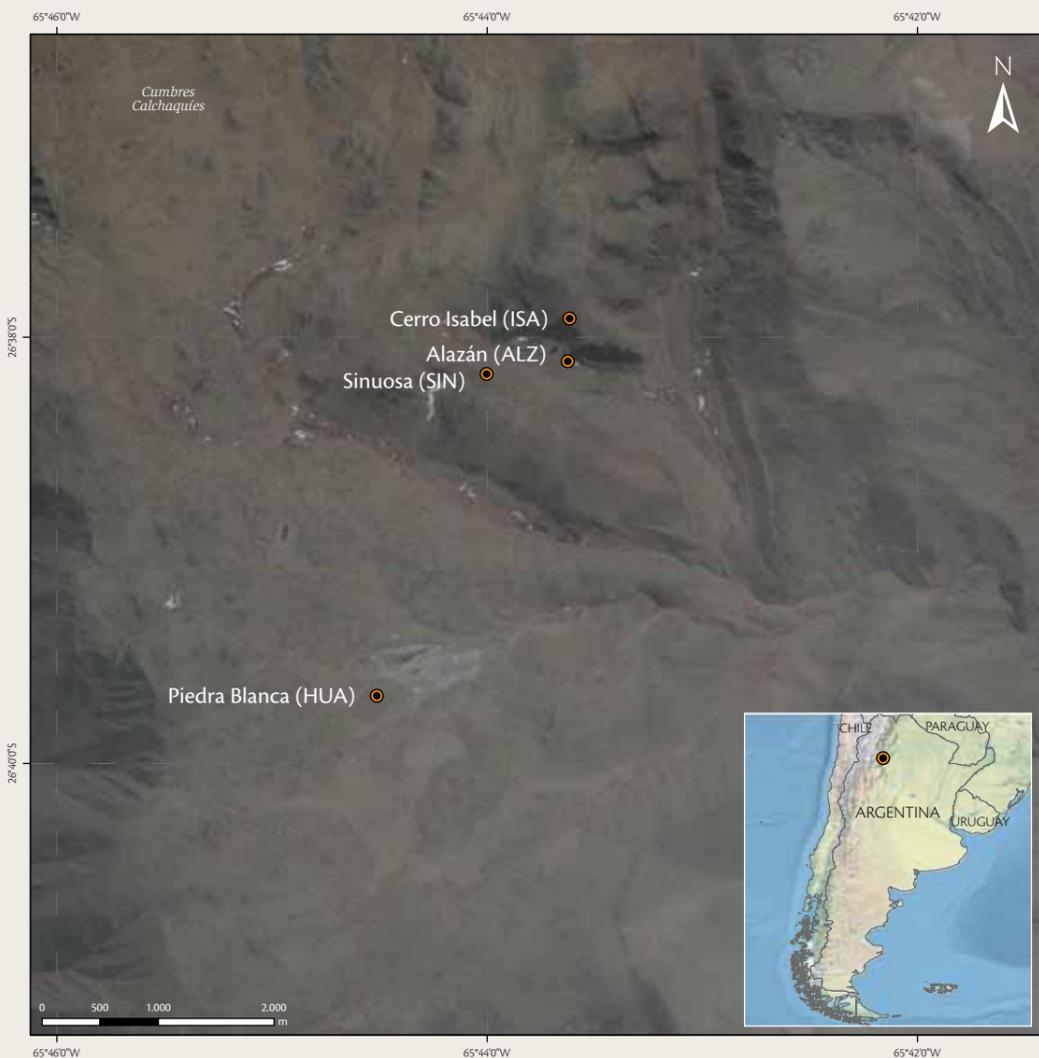


FIGURA 49. Cimas del sitio GLORIA Parque Nacional Cumbres Calchaquíes (ARCUC)

A. Alazán (ALZ, 4.040 m),  
B. Piedra Blanca (HUA, 4.280 m),  
C. Cerro Isabel (ISA, 4.743 m),  
D. Sinuosa (SIN, 4.450 m).

Por su aislamiento se consideran como una unidad biogeográfica única (provincia Altoandina, distrito Calchaquí), que ha permitido la evolución de fauna y flora con conexiones a los Andes, pero con un elevado grado de endemismos. La zona está ocupada por un sistema de más de 20 lagunas de origen glacial.

En las cuatro cimas se contabilizaron 125 taxa de plantas vasculares, dentro de 32 familias y 79 géneros, de estas, 77 (61,6%) son únicas para este sitio (Tablas 6 y 7) (con respecto a los otros sitios dentro de esta publicación). Las familias con mayor número de especies son Asteraceae, Poaceae, Brassicaceae, Caryophyllaceae y Fabaceae. La cima con mayor riqueza es Piedra Blanca (HUA) con 44 taxa reportados (Tabla 5).

Los sustratos que se encontraron en las cuatro cimas fueron roca, suelo desnudo, arena y grava, sumados a las plantas vasculares y no vasculares (Figura 50). El sustrato de roca es el dominante en las cuatro cimas en ambas secciones cimeras y el resto de sustratos varió de acuerdo a la cumbre. Dentro de las plantas vasculares, las especies que presentan mayor cobertura en las cuatro cimas son: *Parastrephia phylliciformis*, *Azorella compacta*, *Festuca orthophylla*, *Deyeuxia colorata* y *Adesmia crassicaulis*

A nivel de cima, las especies con mayor porcentaje de cobertura son:

- 🌿 **Alazán (ALZ):** *Azorella compacta.*, *Deyeuxia colorata*, *Festuca eriostoma*, *Pycnophyllum convexum*, *Tetraglochin cristatum*.
- 🌿 **Piedra Blanca (HUA):** *Adesmia crassicaulis*, *Astragalus peruvianus*, *Festuca orthophylla*, *Pycnophyllum convexum*, *Tetraglochin inerme*.
- 🌿 **Cerro Isabel (ISA):** *Arenaria bisulca*, *Festuca nardifolia*, *Junellia digitata* var. *digitata*, *Mulinum axilliflorum*, *Pycnophyllum convexum*.
- 🌿 **Sinuosa (SIN):** *Adesmia crassicaulis*, *Deyeuxia deserticola* var. *deserticola*, *Mulinum axilliflorum*, *Parastrephia phylliciformis*, *Pycnophyllum convexum*.

(Figura 51).

FIGURA 50. Porcentaje de cobertura de cada uno de los sustratos identificados en los cuadrantes de 1 m<sup>2</sup> presentes en el sitio Cumbres Calchaquies (ARCUC).

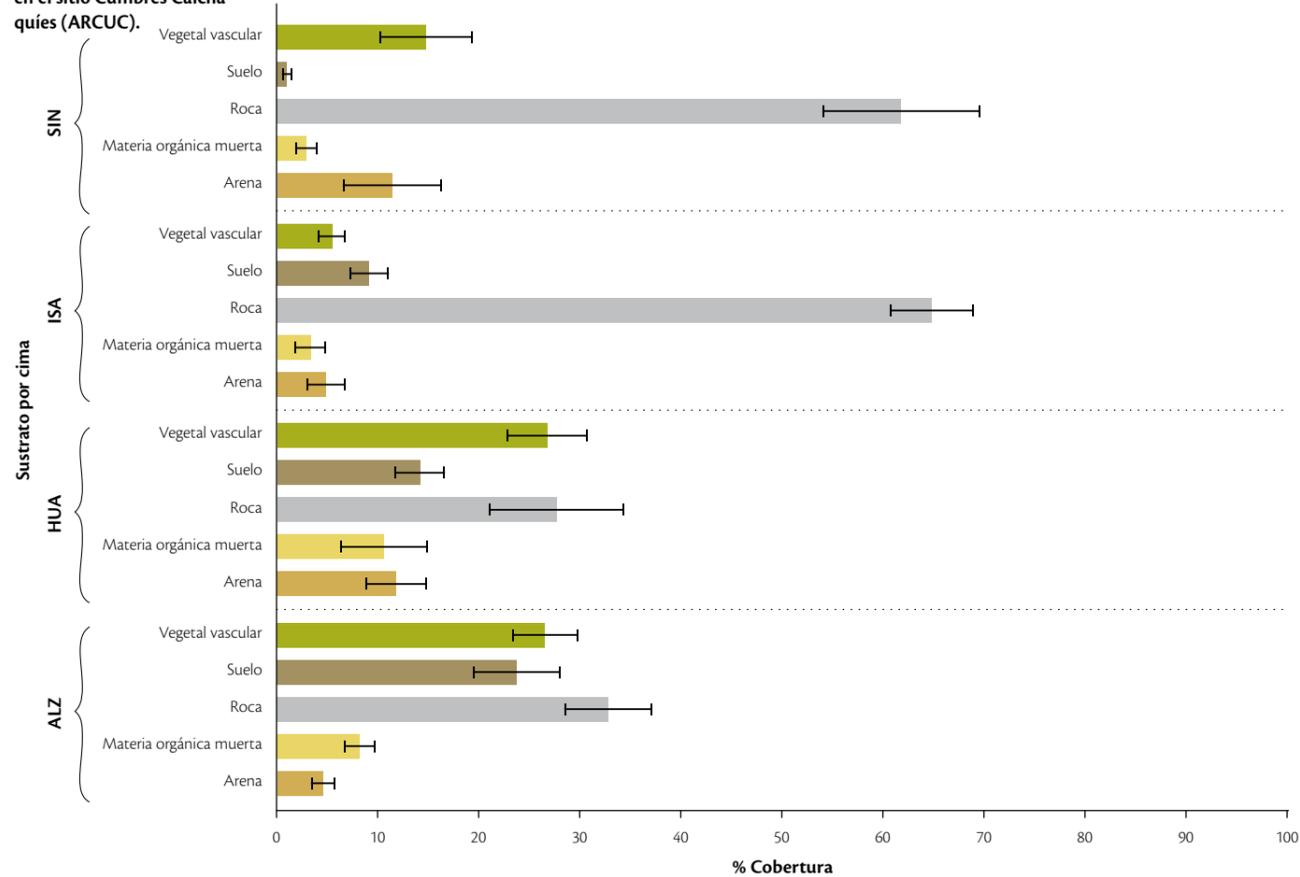


FIGURA 51. Especies representativas del sitio Cumbres Calchaquies (ARCUC):

- A. *Parastrephia phylliciformis*,
- B. *Azorella compacta*,
- C. *Festuca orthophylla*,
- D. *Deyeuxia colorata*,
- E. *Adesmia crassicaulis*.

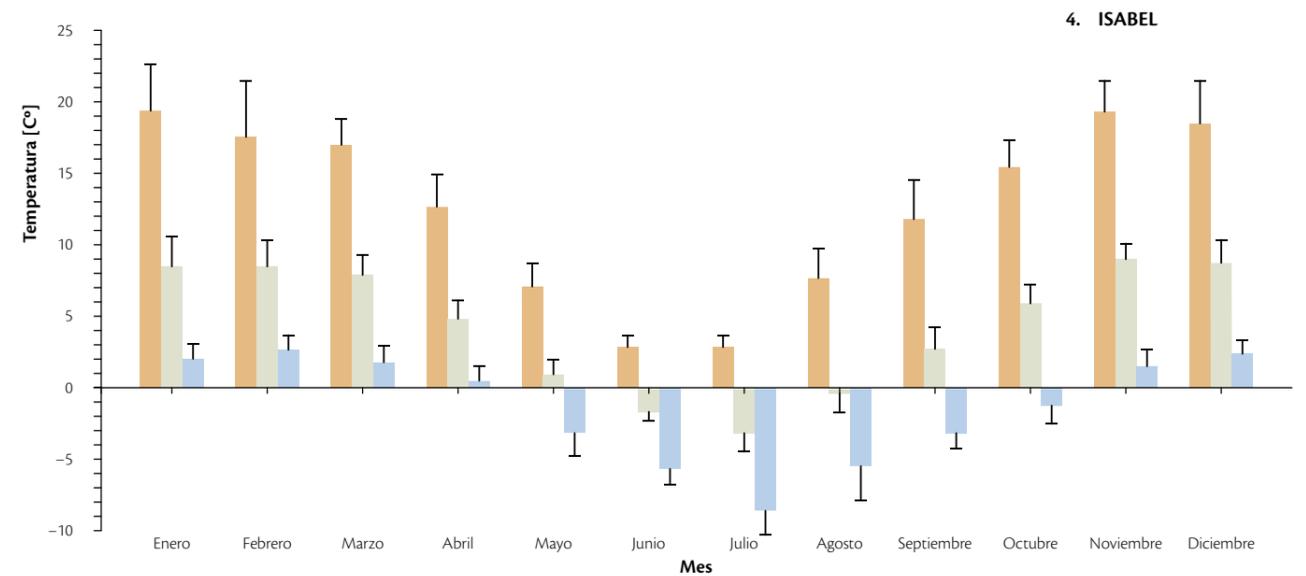
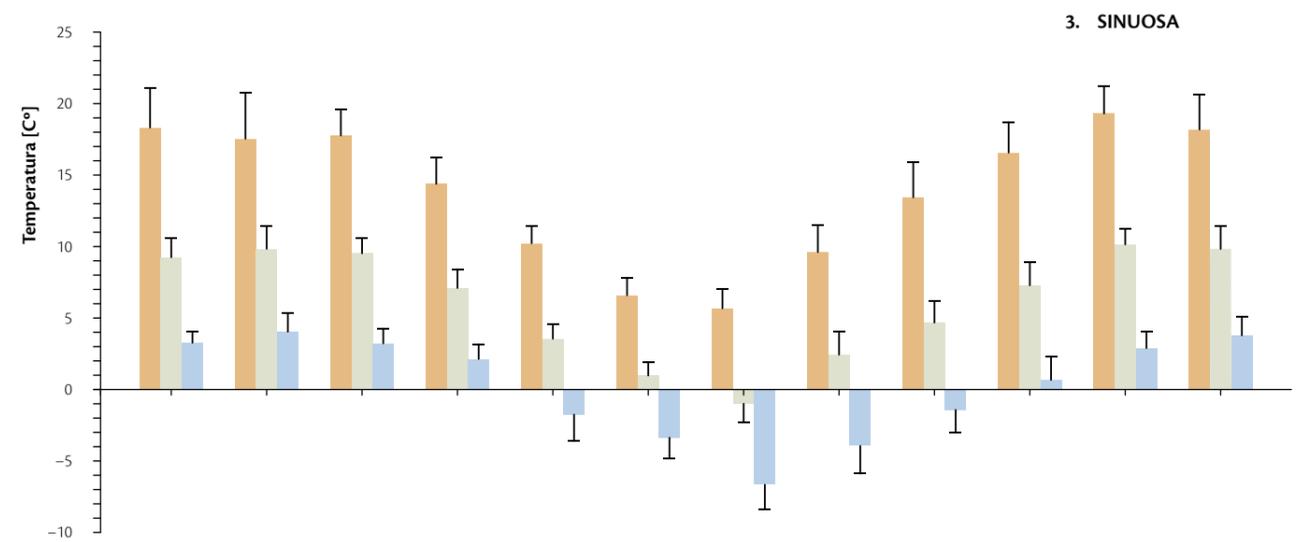
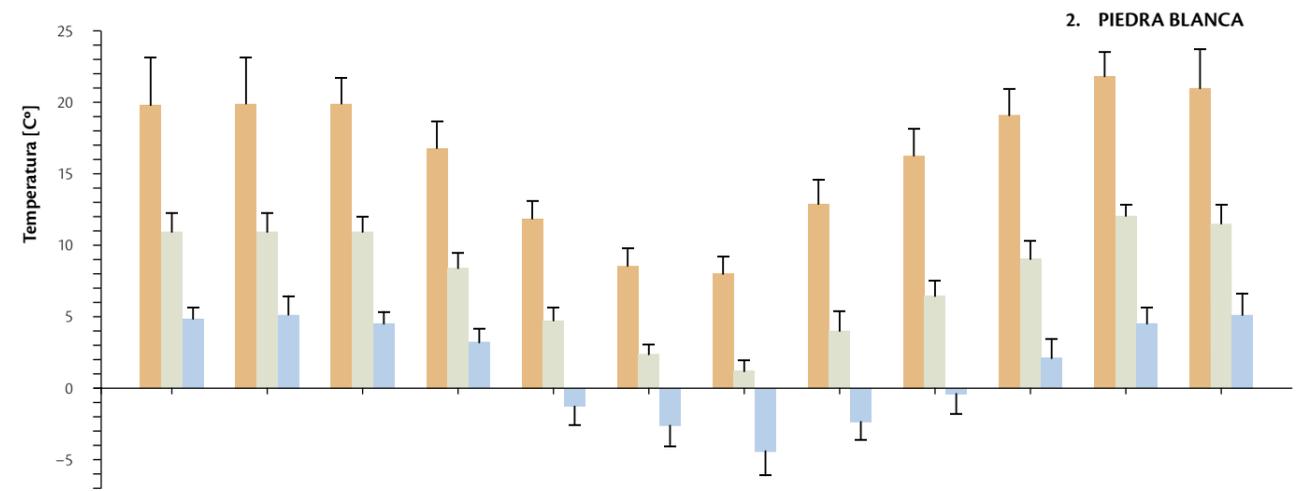
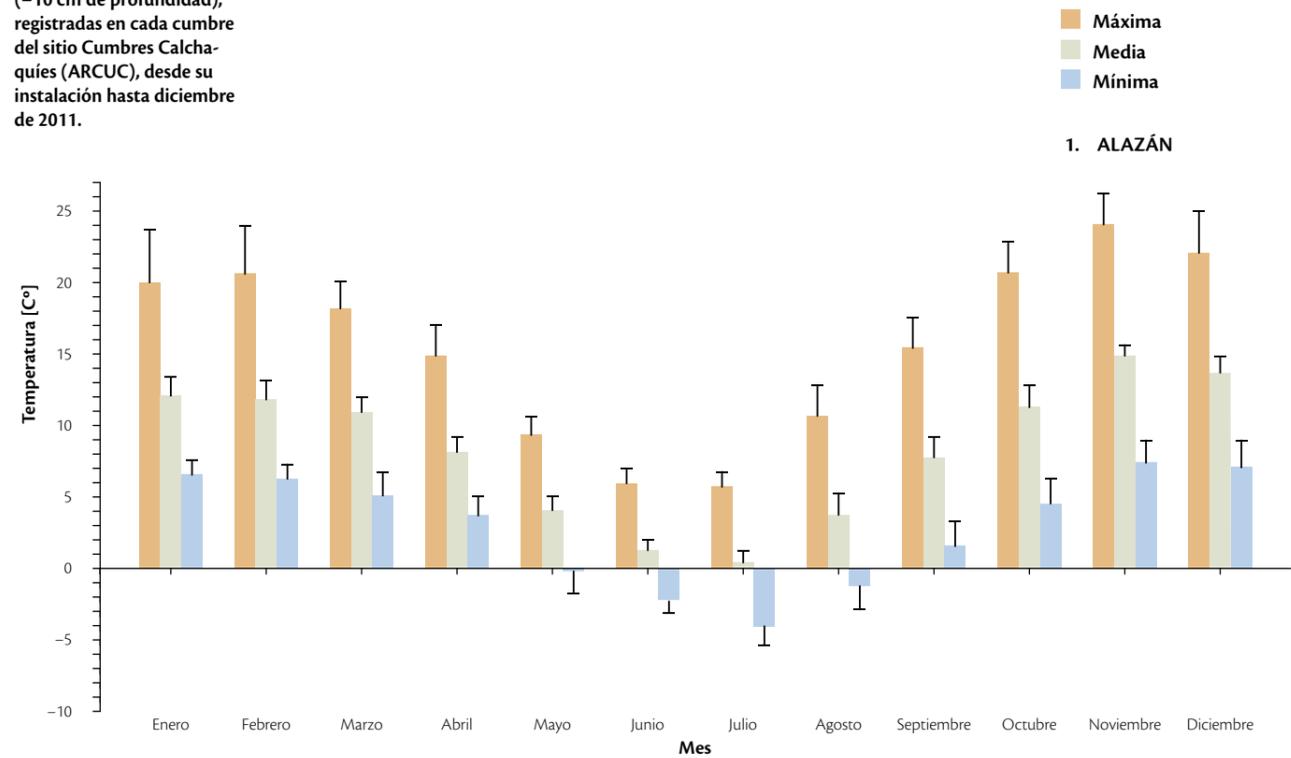




FIGURA 52.

Promedio de la temperatura mensual máxima, mínima y media mensual del suelo (-10 cm de profundidad), registradas en cada cumbre del sitio Cumbres Calchaquies (ARCUC), desde su instalación hasta diciembre de 2011.

La Figura 52 sintetiza los datos climáticos registrados para este sitio (temperaturas mínima, promedio y máxima del suelo a 10 cm de profundidad), a partir del momento de la instalación del sitio de monitoreo.



## PATRONES DE DIVERSIDAD REGIONALES

Esta publicación presenta los datos de flora y clima recopilados en las 16 parcelas permanentes de 1 m<sup>2</sup> instaladas en cada cima de los nueve sitios instalados en los Andes. Los análisis de los patrones de diversidad contemplan dos escalas: sitios de estudio y cimas individuales en cada sitio. En el primer caso los datos han sido agregados (promediados) entre todos los cuadrantes de las tres o cuatro cimas que conforman cada uno de los sitios de monitoreo, para representar los patrones generales de diversidad de cada sitio. En el segundo caso, los análisis se presentan para cada cima de manera individual, de manera que se tiene detalles sobre las variaciones locales en la composición y estructura de la comunidad de plantas.

### ANÁLISIS ENTRE SITIOS A ESCALA DE PARCELA (1M<sup>2</sup>)

En general los sitios de páramo reportan valores de diversidad más altos que los sitios de puna para los tres indicadores medidos (diversidad, riqueza y equidad). A nivel de riqueza de especies, el promedio de especies registradas para los sitios de páramo es 80 especies (Sd ± 6), mientras que para los sitios de puna el número de especies promedio es de 65 (Sd ± 16). Sin embargo, el sitio con el mayor número de especies se localiza en la puna xerofítica de Argentina (Tabla 6).

Un aspecto a tener en cuenta es que los sitios Tuni Condoriri (BOTUC) y Parque Nacional Podocarpus (ECPNP) están conformados sólo por tres cimas en lugar de cuatro. Debido a esto, la superficie total de muestreo en ambos casos es menor con respecto al resto de sitios (48 versus 64 m<sup>2</sup>). Esto podría explicar los valores bajos de riqueza para Tuni Condoriri, mientras que para el caso del Podocarpus es interesante reconocer que

TABLA 6. Riqueza, diversidad y equidad de plantas vasculares por cada sitio de monitoreo GLORIA en los Andes Tropicales. En los valores de riqueza se incluye solo los taxa confirmada en su identificación.

Sitios	Riqueza	Shannon (H)	Equidad (e <sup>H</sup> /S)
COCCY	80	3,20	0,31
ECANG	85	3,74	0,50
ECPIC	70	3,51	0,48
ECPNP*	84	3,76	0,51
PEPAC	82	3,31	0,33
BOAPL	64	3,32	0,43
BOSAJ	48	2,76	0,33
BOTUC*	61	2,88	0,29
ARCUC	87	3,25	0,30

\* Sitios con solo tres cumbres incluidas en el análisis.

pese a sólo tener tres cumbres, el sitio reporta el tercer valor más alto en número de especies (n=84).

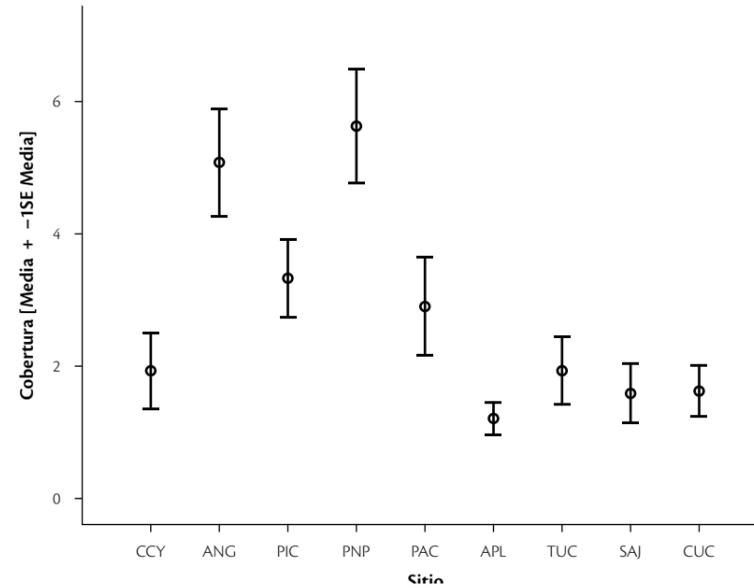
La alta riqueza del Podocarpus podría ser el resultado de las características ambientales locales y su historia biogeográfica. En estos páramos, debido a la alta radiación y al frío adiabático, producto de la influencia de la corriente de Humboldt, se produce una reducción en los rangos de distribución altimétricos de las áreas de vida, razón por la cual aquí el límite inferior del páramo se encuentra 300/400 metros más abajo que en el resto de páramos de Ecuador. Adicionalmente, la precipitación total anual reportada para estos páramos es mayor a los 3.000 mm y la presencia de nubes es muy frecuente, por lo que la temperatura ambiental promedio es próxima a los 10 °C (Keating, 1999; Richter *et al.*, 2008). Debido a estas condiciones climáticas locales, la vegetación de estos páramos es fisonómicamente mucho más similar a un bosque montano que a un herbazal montano, por lo que comúnmente se los define como páramos arbustivos azonales (Cuesta *et al.*, 2012). Una característica particular de estos páramos es la elevada riqueza de arbustos micrófilos, herbáceas y gramíneas bambusoideas (ver sección 3.4). Adicionalmente, estos páramos forman parte de la región conocida como Amapote-Huacabamba, la cual constituye uno de los centros más importantes de endemismo de los Andes del Norte, debido a su natural confinamiento entre la depresión de Paute Girón en el centro-sur del Ecuador y la depresión de Huacabamba en el norte del Perú (Bendix, 2010; Lozano *et al.*, 2009). Este confinamiento se expresa en su flora, la que registra 61 familias, 93 géneros y 221 especies, de las cuales 68 son exclusivas de los páramos arbustivos del Podocarpus (Quizhpe *et al.*, 2002).

Un patrón similar se observa con el índice de diversidad de Shannon. Los valores más altos de diversidad se reportan para los páramos arbustivos del Podocarpus (H = 3,76) y los páramos de frailejones de El Ángel (H = 3,74). Por el contrario, los valores más bajos son de Sajama (H = 2,76) y Tuni-Condoriri (H = 2,88) (Tabla 6). Un patrón similar se observa para los valores de equidad. No obstante, en general los valores de este indicador son relativamente bajos en todos los casos, en particular para el Tuni-Condoriri, Cumbres Calchaquíes y Cocuy (Tabla 6).

Para el tercer indicador de diversidad, los sitios GLORIA (índice de equidad) reportan en la mayoría de los casos valores bajos, en particular los de la puna (Tabla 6). Los valores bajos de equidad implican la presencia de comunidades compuestas por pocas especies con coberturas grandes y muchas especies con coberturas muy pequeñas (< 1%). Este patrón se acentúa en los sitios de puna donde más del 80% de las especies registradas tienen una cobertura inferior al 5% (Figura 53). En Tuni-Condoriri (Equidad = 0,29), el 66% (n= 40) de las especies tienen una cobertura promedio inferior al 1% en las parcelas permanentes y apenas cinco de ellas tienen una cobertura mayor al 10%, y de estas, cuatro corresponden a hierbas amacolladas de la familia Poaceae (Figuras 6a y 6b). Patrones similares se observan para el resto de sitios de Puna en los que más del 70% de las especies ocurren en superficies inferiores al 1% (Figura 53).

FIGURA 53.

Barra de error que representa la media de las coberturas de especies de plantas vasculares y su error estándar registradas en los cuadrantes permanentes de 1m<sup>2</sup> de las cimas de cada sitio de monitoreo en los Andes.



Los sitios de páramo presentan dos patrones distintos con respecto a la equidad. Los sitios con valores de equidad más bajos reportan una estructura de las comunidades de plantas similar a las de los sitios de puna. Para Cocuy, sólo 19 (24%) de las 80 especies registradas tienen una cobertura mayor al 2%, y de estas solo 2 especies superan el 10% (*Calamagrostis* aff. *effusa* y *Espeletopsis colombiana*). Un patrón similar se observa en Pacaipampa, donde de las 82 especies reportadas, 27 de ellas (33%) tienen una superficie mayor al 2% y solo 7 especies tienen una cobertura mayor al 10%.

En el caso de los dos sitios que tienen los dos valores más altos de equidad (ECANG y ECPNP) las proporciones entre especies son considerablemente distintas. En el Ángel sólo el 24% de las especies tienen una superficie menor al 1% y 14 de ellas más del 10%. Similarmente, en el Podocarpus apenas el 22% (19 especies) tiene una cobertura menor al 1% y 16 especies tienen una cobertura sobre el 10% (Figuras 6a y 53).

#### PATRONES DE SIMILITUD

Los valores regionales de alta singularidad son congruentes con el análisis de agrupamiento de Bray-Curtis, donde se evidencian dos grandes ramas: (1) sitios de los páramos del norte y (2) sitios puneños de los Andes centrales (Figura 54). Las principales especies que diferencian a los sitios de páramo respecto de las punas son *Pernettya prostrata*, *Lachemilla nivalis*, *Oritrophium peruvianum*, *Valeriana microphylla*, *Geranium siboldioides* e *Hypochaeris sessiliflora*. Por su parte las especies registradas exclusivamente, al menos en dos sitios de puna y no en los páramos, son *Belloa schultzei*, *Deyeuxia heterophylla*, *Gomphrena meyeniana*, *Lachemilla pinnata*, *Muhlenbergia peruviana* y *Silene mandonii*.

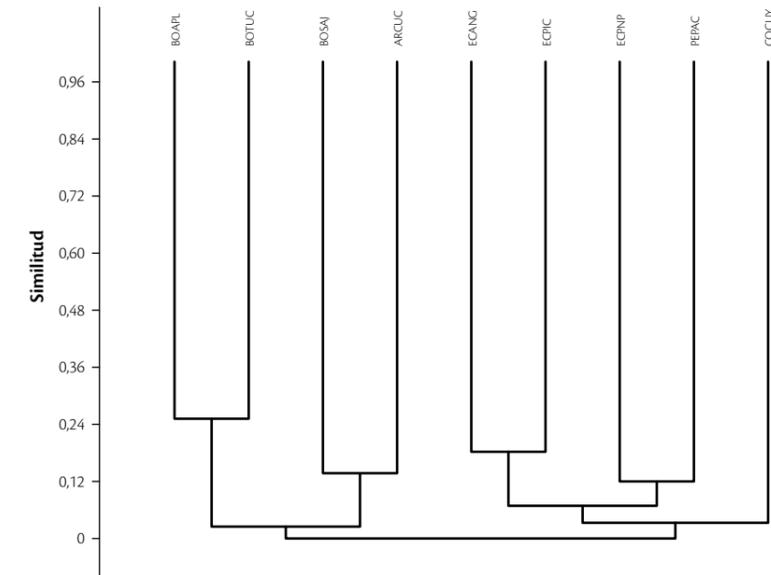


FIGURA 54.

Análisis de agrupamiento de grupos pareados de los sitios de monitoreo GLORIA en los Andes Tropicales a partir del índice de Bray-Curtis. PEPAC = Pacaipampa, ECPNP = Podocarpus, EGPIC = Pichincha, ECANG = El Ángel, COCCY = Cocuy, ARCUC = Cumbres Calchaquies, BOSAJ = Sajama, BOAPL = Apolobamba, BOTUC = Tuni Condoriri.

Adicionalmente, dentro del grupo de páramos, existe una primera subagrupación, en la que el sitio de Pacaipampa se asocia junto con el sitio de Podocarpus. Su cercanía espacial confirma la existencia de un sector biogeográfico caracterizado por los páramos húmedos arbustivos del sur de Ecuador y Norte del Perú, delimitados por el abra de Huacabamba en el sur y por Paute-Girón en el Ecuador. Las especies exclusivas compartidas entre estos dos sitios son *Gaultheria erecta*, *G. reticulata*, *Oxalis elegans*, *Pachyphyllum crystallinum*, *Puya maculata*, *Rhynchospora vulcani*, *Senecio tephrosioides*, *Weinmannia fagaroides* y *Xyris subulata*.

El segundo subgrupo es el de los páramos del norte del Ecuador, que contiene al Pichincha y el Ángel. Pese a que en apariencia estos dos serían páramos de fisionomías muy distintas, el análisis revela que las comunidades de superpáramo en ambos sitios tienen una composición florística similar. Las especies compartidas por estos dos sitios son *Azorella aretioides*, *A. pedunculata*, *Baccharis caespitosa*, *Bartsia laticrenata*, *Calamagrostis fibrovaginata*, *Diplostephium rupestre*, *Gentiana sedifolia*, *Gunnera magellanica*, *Lachemilla hispidula*, *Lasiocephalus ovatus*, *Plantago rigida* y *Xenophyllum humile*.

El tercer subgrupo está compuesto en solitario por los páramos de Cocuy, confirmando que se trata de una comunidad propia de los páramos de la Cordillera Oriental colombiana, definida por (Hernández-Camacho *et al.*, 1992) como un sector biogeográfico propio (Figura 54). Sin embargo, la alta singularidad de este sitio reside en que muchas de las especies presentes no han sido todavía correctamente identificadas. El Cocuy tiene 59 de las 80 especies reportadas como únicas para el sitio. Sin embargo, de estas 59 especies, 28 requieren de un proceso adicional de identificación, es decir el 47% de las especies "únicas" para el Cocuy son morfogrupos sin identificación definitiva (Tabla 7). No obstante, las restantes 31 especies registradas son únicas del sitio. Entre ellas se resaltan *Espeletopsis colombiana*, *Poa trivialis*, *Espeletia lopezii* y *Agrostis boyacensis* (Figura 6a).

TABLA 7. Estado de las identificaciones de los 752 grupos morfológicos presentes en los sitios de monitoreo

Estado de las identificaciones	No. grupos
Identificados completamente	565
Determinaciones por confirmar	29
Determinadas como afines	30
Determinados hasta género	96
Determinados hasta familia	17
Indeterminados	15
Total	752

La rama de los sitios de puna conforma dos nodos, agrupando en el primero a los sitios de la Cordillera Occidental (BOSAJ y ARCUC), los cuales evidencian condiciones mucho más secas (< 500 mm año), con una marcada estacionalidad y con una fuerte influencia de la flora de la puna xerofítica y del desierto de Atacama (Navarro-Sánchez, 2011). Las especies compartidas y exclusivas de este nodo corresponden a *Azorella compacta*, *Cumulopuntia boliviana*, *Festuca orthophylla*, *Hypochaeris eremophila*, *Mancoa hispida*, *Senecio nutans*, *Tarasa tenella*, *Tetraglochin cristatum* y *Valeriana nivalis*.

El último subgrupo contiene a Tuni-Condoriri y Apolobamba, que muestran el mayor grado de similaridad (0,26) entre los sitios de los Andes. Estos sitios corresponden a la puna húmeda de la Cordillera Real de Bolivia y comparten 25 especies, de las cuales 16 ocurren exclusivamente en estos dos sitios, siendo las principales *Deyeuxia filifolia* var. *festucoides*, *D. filifolia* var. *filifolia*, *Baccharis alpina*, *Cerastium peruvianum*, *Festuca rigescens*, *Pycnophyllum molle*, *Stipa hans-meyeri* y *Stipa nardoides* (Figura 10).

Los patrones de diversidad y similaridad reportados en los sitios de monitoreo podrían ser explicados por características intrínsecas de estas especies y sus patrones históricos biogeográficos de radiación y especiación. La elevada concentración de especies endémicas o de rango restringido es atribuida a cambios en la extensión vertical y horizontal de los ecosistemas altoandinos durante las oscilaciones climáticas del pleistoceno y los posibles momentos de aislamiento geográfico (van der Hammen, 1974; van der Hammen y Cleef, 1986). La flora que colonizó los ambientes altoandinos tuvo que adaptarse a condiciones limitantes (agua, radiación, amplitud térmica) de un mosaico de nichos ecológicos que han sido conformados por la interacción de varios factores ambientales, entre los que los más importantes son la gradiente térmica causada por la altitud (lapso de proporción), la humedad y los gradientes estacionales producto de las diferencias latitudinales (Sarmiento, 1986). A escalas continentales las condiciones húmedas cambian a condiciones estacionales de caliente-frío y seco-húmedo en el altiplano en latitudes medias (Halloy, 1982; Navarro-Sánchez, 2011; Simpson, 1983). Estos gradientes latitudinales se expresan por diferencias pronunciadas en la flora, lo que ha permitido la

definición de las principales regiones fitogeográficas de los Altos Andes tales como el páramo, la jalca y la puna (Josse *et al.*, 2009; Simpson y Toddzia, 1990; Smith y Young, 1987). A escalas regionales y locales, los gradientes ambientales resultan en diferentes comunidades compuestas por distintos grupos de especies en distancias cortas, las que se caracterizan por densidades bajas, áreas de distribución restringida y, en muchos casos, con una diversidad genética baja.

Por otro lado, la alta singularidad reportada podría también tener una relación con el hecho de que GLORIA no pretende realizar un análisis exhaustivo de la flora de un sitio, por lo que los patrones de riqueza y diversidad podrían cambiar al incrementar el área de muestreo y, por lo tanto, la similaridad entre los sitios de monitoreo podría ser mayor. No obstante, los resultados de este estudio confirman la presencia de comunidades de plantas conformadas por un importante número de especies de rango restringido y con alto recambio en la composición de la flora entre las cumbres estudiadas. Estos patrones geográficos de diversidad de la flora altoandina son consistentes con los resultados reportados para los superpáramos del Ecuador. En su estudio de 18 superpáramos ecuatorianos (Sklenář y Balslev, 2007) reportan que el 29% (n = 112) de las especies registradas ocurren en un solo sitio y que 274 especies adicionales (66%) se registraron en menos de siete sitios estudiados, y solo ocho especies se registraron en los 18 sitios de superpáramo. Por lo tanto, es posible que, aunque el área de muestreo sea mayor, los patrones documentados se mantengan.

#### ANÁLISIS ENTRE CIMAS A ESCALA DE PARCELA (1M<sup>2</sup>)

Los sitios de monitoreo están conformados por 34 cimas, 19 de las cuales corresponden a sitios de páramo y 15 a puna. Los indicadores de biodiversidad medidos mantienen un patrón similar a la escala de sitio, pero resaltan diferencias particulares importantes que se describen a continuación.

Los patrones de riqueza evidencian una disminución significativa del número de especies registradas en cada cumbre al incrementar la altitud (F = 22,485; p = 0,001). Las cimas que ocurren entre 3.000-3.600 metros de altitud tienen una riqueza promedio de 45 especies (Sd ± 10), 38 especies (Sd ± 10) para las cimas de 4.000-4.500, 27 especies (Sd ± 16) entre 4.500-5.000 y 11 especies en promedio (Sd ± 14) para las cumbres mayores a 5.000 metros (Tabla 8, Figura 11). Un patrón similar se observa en la riqueza de familias en donde las cumbres con la mayor diversidad de familias se concentran en los rangos de altitud inferiores (Tabla 8).

TABLA 8. Riqueza, diversidad y equidad de plantas vasculares por cada cumbre de cada sitio de monitoreo GLORIA en los Andes Tropicales. En los valores de riqueza se incluye sólo los taxa con su determinación confirmada.

Cimas	Altitud	Riqueza	Shannon (H)	Equidad (e <sup>H</sup> /S)	Total Familias	Total Géneros	Total Especies Únicas
PACIMC	3.076	46	2,543	0,2765	23	37	17
PNPCIA	3.270	57	3,217	0,438	28	46	13
PACPVO	3.275	37	3,053	0,5723	22	34	17
PNPCIB	3.320	52	3,45	0,606	26	39	21
PNPCIC	3.400	57	3,115	0,3954	30	43	4
PACEHG	3.519	35	2,665	0,4105	21	31	1
PACHPV	3.570	34	2,574	0,3858	18	29	14
CUCALZ	4.040	32	2.214	0.2859	16	30	21
PICLDP	4.044	24	1.459	0.1793	16	22	13
CCYLGB	4.056	38	2.148	0.2254	20	29	19
ANGCC	4.059	42	2.77	0.3801	21	37	21
ANGCH	4.104	34	2.848	0.5074	20	30	15
ANGCP	4.166	50	3.225	0.5031	22	38	21
SAJPAC	4.192	19	1.577	0.2547	8	16	15
CCYCAC	4.209	43	2.307	0.2337	16	33	7
ANGCN	4.263	46	3.064	0.4656	21	35	13
CUCHUA	4.280	44	2.835	0.3871	17	35	20
CCYCLG	4.331	42	2.018	0.1791	20	32	18
PICCHU	4.394	37	2.933	0.5076	19	30	17
CCYMOL	4.411	53	2.641	0.2648	26	44	18
PICING	4.424	26	2.645	0.5415	19	22	24
CUCSIN	4.450	41	2.402	0.2693	14	31	17
APLSOC	4.500	46	3.24	0.555	13	29	15
SAJHUI	4.567	14	1.807	0.4349	8	13	13
PICPEN	4.584	27	2.718	0.5609	14	25	18
TUCWAT	4.650	53	2.836	0.3217	16	32	20
CUCISA	4.742	31	2.446	0.3722	14	25	20
SAJSUM	4.759	18	1.997	0.4093	7	14	6
APLPUN	4.760	33	2.593	0.4051	11	22	6
TUCCOP	4.862	10	1.635	0.5127	5	10	7
SAJJAS	4.931	17	1.597	0.2903	8	12	6
APLMIT	5.050	8	1.525	0.5745	6	8	8
TUCPAT	5.058	4	0.8828	0.6044	2	3	2
APLMOR	5.195	1	0	1	1	1	18

Las cumbres del Parque Podocarpus (PNPCIA Y PNPCIC) reportan los valores más altos de la diversidad alfa (medida a través del índice de Shannon) y riqueza de especies. Al contrario, los valores más bajos se concentran en las cumbres más altas de Apolobamba y Tuni-Condoriri (Tabla 8).

Los valores reportados de especies únicas por cumbres reportan una alta singularidad en la composición de las comunidades de plantas vasculares estudiadas; el promedio de especies singulares para las 34 cumbres es de 46% (Sd = 16%). En particular de los sitios de páramos, las tres cumbres del sitio Pichincha (PICLDP, PICING, PICCHU) presentan valores muy altos de singularidad (mayores al 60%) junto con las cumbres Alazán en las Cumbres Calchaquíes y Condor Pusthaña en Tuni Condoriri (Tabla 8).

## COMPARACIÓN DE LA FLORA DE LOS SITIOS DE ESTUDIO

En los nueve sitios reportados en los análisis regionales (COCCY, ECANG, ECPIC, ECPNP, PEPAC, BOAPL, BOSAJ, BOTUC, ARCUC), existen 752 grupos morfológicos presentes, que corresponden a 565 especies confirmadas (Tabla 7). Los restantes 187 grupos identificados pertenecen a 29 taxa con determinaciones por confirmar (cf.), a 30 determinaciones afines a alguna especie (aff.), 17 identificaciones a nivel de familia y 96 a nivel de género, y 15 corresponden a grupos morfológicos sin determinación.

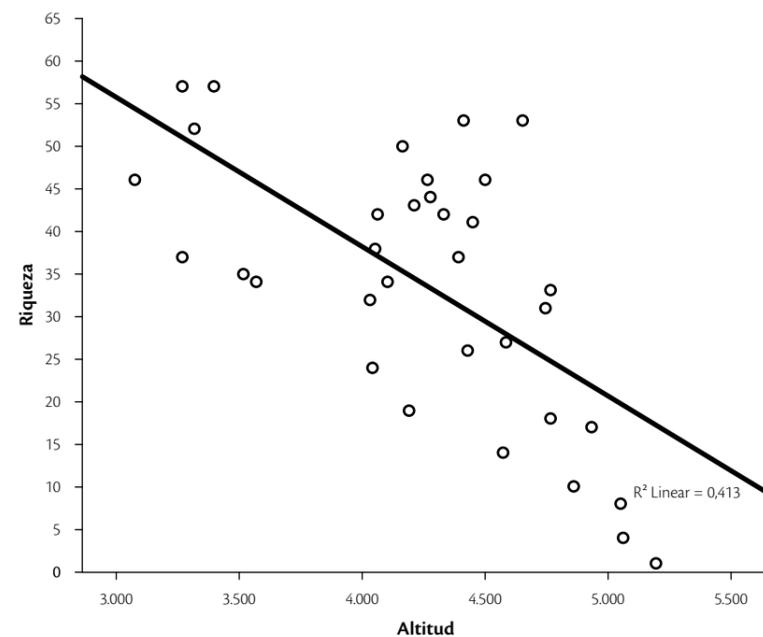
Estos 752 taxa incluyen a 53 Pteridofitas, una Gimnosperma y 698 plantas con flor.

El Anexo I presenta una versión preliminar de la Lista Anotada de Especies de los Sitios de la Red Andina de Monitoreo (GLORIA-Andes), que estará disponible en línea en el portal de la red (<http://www.condesan.org/gloria>). Se incluye también, en el Anexo II, una lista de las especies potencialmente presentes en los sitios GLORIA en los Andes.

Existen 75 familias botánicas, de las cuales las más diversas son: Asteraceae (173 especies), Poaceae (109), Caryophyllaceae (33), Brassicaceae (27), Rosaceae (22), Fabaceae (21), Orchidaceae (21), Malvaceae (19), Apiaceae (18) y Ericaceae (17). En conjunto, estas diez familias comprenden 460 (61%) de las 752 morfoespecies (Figura 55).

FIGURA 55.

Cambio en la riqueza de especies en las cumbres de monitoreo respecto de la elevación en los cuadrantes permanentes de 1m<sup>2</sup> establecidos en los nueve sitios de monitoreo en los Andes Tropicales.



Existen 232 géneros, de los cuales los más diversos son: *Senecio* (27 especies), *Deyeuxia* (25), *Nototriche* (16), *Poa* (16), *Lachemilla* (13), *Bartsia* (12), *Festuca* (12), *Astragalus* (11), *Diplostegium* (11), *Draba* (11), *Geranium* (11), *Arenaria* (10), *Baccharis* (10), *Cerastium* (10) y *Werneria* (10). En conjunto estos 15 géneros (Figura 56) incluyen 205 morfoespecies (27% del total).

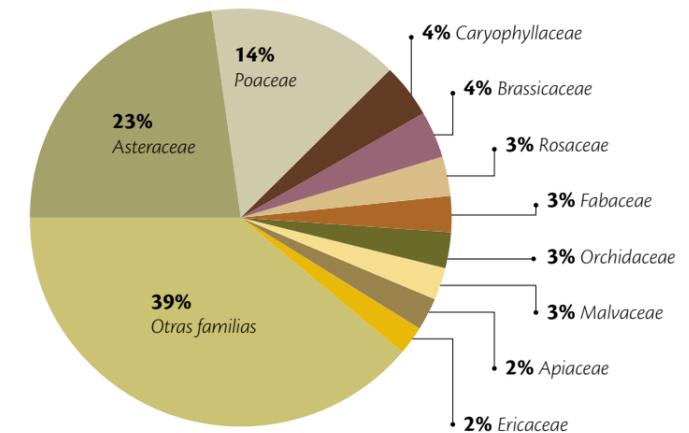


FIGURA 56.

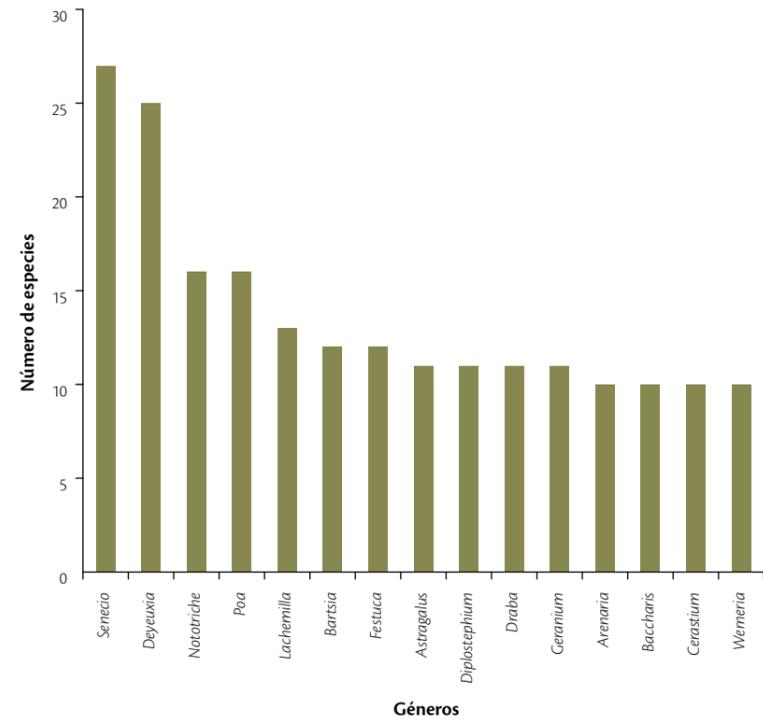
Familias mejor representadas (por número taxa) en los sitios monitoreo GLORIA-Andes. Todas estas familias son plantas con flor.

A nivel de sitios, Apolobamba es el que cuenta con el mayor número de taxa (137), seguido de Cumbres Calchaquíes (125) y Cocuy (118). De los 752 morfogrupos, 575 ocurren únicamente en un solo sitio de monitoreo, mientras que 177 taxa ocurren en dos o más sitios. Sin embargo es importante anotar que de estos 575 taxa, el 29% corresponde a morfogrupos identificados como cf., aff., especies determinadas hasta género, familia o indeterminadas, mientras que 410 son especies registradas en un único sitio de monitoreo. Solamente tres especies: *Oreomyrrhis andicola*, *Pernettya prostrata* y *Luzula racemosa* ocurren en cinco sitios. De éstas, *P. prostrata* ocurre únicamente en sitios páramo, mientras que las otras dos especies ocurren tanto en puna como en páramo. Los sitios con el mayor número especies únicas son Cumbres Calchaquíes -ARCUC- y Podocarpus -ECPNP- (Tabla 4).

De los 752 taxa registrados en los sitios monitoreo, 47 corresponden a especies consideradas como amenazadas, de acuerdo a las categorías asignadas por la IUCN y por el Libro Rojo de Plantas Endémicas del Ecuador (IUCN, 2010; León-Yané et al., 2011). De estas 47 especies, 21 están consideradas como "Amenazadas" (2 especies en Peligro Crítico -CR-, 3 en Peligro -EN- y 16 son consideradas Vulnerables -VU-), mientras que 11 especies son de Menor Preocupación (LC), y 15 no se consideran como amenazadas (NT). Asteraceae (11), Bromeliaceae (6) y Melastomataceae (5) son las familias con el mayor número de especies amenazadas.

FIGURA 57.

Géneros más representativos (por número taxa) en los sitios la Red Andina Monitoreo. Todos estos géneros corresponden a plantas con flor.



El sitio con el mayor número de especies amenazadas es el Parque Nacional Podocarpus (Ecuador), ver Tabla 9. Sin embargo, la “ausencia” de registros pertenecientes a especies amenazadas en los demás sitios (ARCUC, BOAPL, BOSAJ y BOTUC) puede deberse simplemente a una falta de este tipo estudios en otros países de la región

TABLA 9. Especies amenazadas los sitios la Red Andina Monitoreo (GLORIA-Andes).

Familia	Nombre científico	Sitios en los que está presente	Categoría amenaza (2001)	Cambio amenaza (2011)
Bromeliaceae	<i>Puya pygmaea</i>	PAC	CR	Mayor
Bromeliaceae	<i>Puya maculata</i>	PNP	CR	Mayor
Poaceae	<i>Festuca densipaniculata</i>	ANG	EN	Igual
Gentianaceae	<i>Gentianella androsacea</i>	PAC	EN	Igual
Melastomataceae	<i>Miconia dodsonii</i>	PNP	EN	Igual
Lycopodiaceae	<i>Huperzia cumingii</i>	ANG	LC	Igual
Melastomataceae	<i>Brachyotum alpinum</i>	PAC	LC	Igual
Asteraceae	<i>Aphanactis jamesoniana</i>	PIC	LC	Igual
Asteraceae	<i>Werneria pumila</i>	PIC	LC	Igual
Fabaceae	<i>Astragalus geminiflorus</i>	PIC	LC	Igual
Gentianaceae	<i>Gentianella foliosa</i>	PIC	LC	Igual
Caryophyllaceae	<i>Cerastium candicans</i>	PIC	LC	Evaluada 2011

TABLA 9. Especies amenazadas los sitios la Red Andina Monitoreo (GLORIA-Andes).

Familia	Nombre científico	Sitios en los que está presente	Categoría amenaza (2001)	Cambio amenaza (2011)
Malvaceae	<i>Nototriche phyllanthos</i>	PIC	LC	Evaluada 2011
Scrophulariaceae	<i>Castilleja nubigena</i>	PIC	LC	Igual
Bromeliaceae	<i>Puya eryngioides</i>	PNP	LC	Igual
Campanulaceae	<i>Siphocampylus scandens</i>	PNP	LC	Igual
Rosaceae	<i>Polylepis tarapacana</i>	SAJ	LR/nt	Igual
Asteraceae	<i>Loricaria antisanensis</i>	ANG	NT	Igual
Asteraceae	<i>Gynoxys cf. cuicochensis</i>	ANG	NT	Igual
Alstroemeriaceae	<i>Bomarea glaucescens</i>	PAC	NT	Igual
Asteraceae	<i>Diplostephium macrocephalum</i>	PAC	NT	Igual
Brassicaceae	<i>Draba aretioides</i>	PIC	NT	Menor
Poaceae	<i>Festuca glumosa</i>	PIC	NT	Igual
Bromeliaceae	<i>Puya parviflora</i>	PNP	NT	Menor
Alstroemeriaceae	<i>Bomarea brachysepala</i>	PNP	NT	Igual
Gentianaceae	<i>Halenia taruga-gasso</i>	PNP	NT	Igual
Melastomataceae	<i>Brachyotum campii</i>	PNP	NT	Igual
Bromeliaceae	<i>Puya obconica</i>	PNP	NT	Menor
Orchidaceae	<i>Epidendrum guacamayense</i>	PNP	NT	Evaluada 2011
Asteraceae	<i>Gynoxys miniphylla</i>	PNP, PAC	NT	Menor
Asteraceae	<i>Gynoxys cuicochensis</i>	PNP	NT	Menor
Asteraceae	<i>Ageratina dendroides</i>	PAC	VU	Igual
Asteraceae	<i>Achyrocline hallii</i>	PAC	VU	Igual
Asteraceae	<i>Stevia bertholdii</i>	PAC	VU	Igual
Lycopodiaceae	<i>Huperzia cf. columnaris</i>	PAC	VU	Igual
Melastomataceae	<i>Brachyotum benthamianum</i>	PAC	VU	Igual
Brassicaceae	<i>Eudema nubigena</i>	PIC	VU	Menor
Caryophyllaceae	<i>Arenaria dicranoides</i>	PIC	VU	Evaluada 2011
Melastomataceae	<i>Miconia stenophylla</i>	PNP	VU	Igual
Lycopodiaceae	<i>Huperzia austroecuadorica</i>	PNP	VU	Igual
Thelypteridaceae	<i>Thelypteris euthytrix</i>	PNP	VU	Igual
Geraniaceae	<i>Geranium loxense</i>	PNP	VU	Igual
Rosaceae	<i>Rubus laegaardii</i>	PNP	VU	Igual
Symplocaceae	<i>Symplocos canescens</i>	PNP	VU	Igual
Bromeliaceae	<i>Tillandsia aequatorialis</i>	PNP	VU	Igual
Asteraceae	<i>Pentacalia cf. zamorana</i>	PNP	VU	Igual
Oxalidaceae	<i>Oxalis elegans</i>	PNP, PAC	VU	Evaluada 2011

# Conclusiones y próximos pasos



# Conclusiones y próximos pasos

---

**E**l establecimiento de sistemas de monitoreo para la generación de series de datos de larga duración es una medida de adaptación fundamental en escenarios de cambio climático, en particular en regiones donde existen vacíos de información, como los Andes Tropicales.

A partir de la metodología GLORIA, se ha obtenido información homologable entre los diez sitios establecidos hasta la fecha en los Andes, que permite comparaciones en la composición, riqueza y diversidad de las comunidades de flora a través del tiempo. Las subsiguientes remediciones de estos sitios (cada 5 años) nos permitirán monitorear las respuestas de la flora altoandina a la nueva configuración del clima en la Cordillera de los Andes durante las próximas décadas.

El trabajo de la coordinación regional realizado en estos diez sitios ha permitido que hoy en día funcionen como una red de monitoreo en los Andes, a través de:

- ✦ El desarrollo de una base de datos regional que sigue estándares internacionales para la administración y manejo de la información. Esta base de datos permitió limpiar y curar la información base generada por los sitios, para poder realizar los análisis regionales presentados en esta publicación.
- ✦ La revisión taxonómica de la flora de cada sitio permitió solucionar una gran cantidad de problemas en la estandarización de la nomenclatura utilizada, así como mejorar la identificación de muchas de las especies. Si bien la depuración completa de la lista de especies todavía requiere trabajo adicional, los avances permiten contar con más del 70% de la flora identificada y estandarizada.

- ✦ Construcción y mantenimiento de un portal de información que permite el intercambio de información y la consulta en línea de la información generada en los sitios. A finales de este año se espera tener una versión nueva que permita realizar consultas en línea a la base de datos regional.
- ✦ Al momento se está elaborando la primera versión del catálogo de la flora de los sitios GLORIA, el cual se espera esté listo a fines de este año. Para esto se requiere mantener una curación continua de la lista de especies por cada sitio con el apoyo de los taxónomos de la Red y de especialistas, así como mejorar el banco fotográfico y el desarrollo de colecciones de referencia con material fértil para cada sitio. Estas actividades en su conjunto nos permitirán contar con un catálogo que se convierta en una herramienta de trabajo en campo para el monitoreo de los sitios instalados, y para apoyar la instalación de sitios nuevos.

No obstante, todavía existen varios aspectos que mejorar y prioridades de trabajo, los cuales se detallan a continuación:

- a. Es necesario estandarizar la información de cobertura de las especies registradas en las secciones cimerales. Existe mucha disparidad entre las formas en las que los datos fueron recopilados entre los sitios. Una forma adecuada sería remedir las coberturas utilizando los PAF como una manera estándar (ver Recuadro 1).
- b. La información sobre el uso del suelo histórico y actual de cada sitio es incompleta y subjetiva en muchos casos. Se requiere desarrollar un enfoque metodológico que permita estandarizar esta información entre todos los sitios.
- c. Es necesario el establecimiento de una colección regional de referencia (ver Recuadro 3).
- d. Es necesario incrementar el número de sitios en páramos con cimas sobre los 4.000 metros, de manera de incrementar la representación de los superpáramos en la red de monitoreo. Esto permitirá tener ambientes más comparables con los sitios instalados en puna.
- e. Complementariamente, es necesario incrementar el número de sitios en Colombia (Cordilleras Central y Oriental) y Venezuela para tener una mejor representación de los ambientes del páramo del norte. De igual manera, instalar un sitio en la cordillera central de Perú sería importante para cubrir el gran vacío de más de 1.000 kilómetros que existe entre Pacaipampa y Sibinacocha.
- f. Los datos de temperatura, en particular en los sitios de páramo, son todavía muy pocos. En un par de años se podrá contar con una primera serie más larga que permita realizar análisis más profundos sobre los gradientes ambientales y su relación con los patrones de diversidad.

- g. Un aspecto fundamental es lograr la sostenibilidad de la red en el largo plazo, de manera que los sitios generen información en 5 y 10 años más. Una manera de lograrlo es fortaleciendo la institucionalidad de los sitios, mediante la vinculación de los mismos a herbarios, museos y universidades que pueden garantizar un compromiso a más largo plazo. Complementariamente, es importante promover que los sitios de monitoreo sean parte de los programas de investigación y monitoreo de los programas de cambio climático de los Ministerios de Ambiente de los países andinos. De esta manera es posible lograr que se incluyan, en la planificación anual de los ministerios, fondos y actividades asociadas a estos sitios.

Finalmente, es importante tener en cuenta que el desarrollo de programas de monitoreo, bajo el esquema de manejo adaptativo propuesto, tiene el potencial de mejorar significativamente los mecanismos, la calidad y el tipo de información recopilada, incrementando así la importancia y credibilidad de este tipo de programas en la comunidad científica, en los gestores del ambiente y en los tomadores de decisión a distintas escalas, lo que permite dar confianza a los cooperantes y financistas en invertir en programas de estas características. La conformación de redes ayuda a la cooperación sur-sur, a la generación de capacidades en los países andinos y estimula la cooperación y el diálogo entre científicos, manejadores y políticos.

RECUADRO 3

### Establecimiento de una colección regional de referencia asociada a los sitios de monitoreo

De la misma manera en que es importante que cada sitio cuente con una colección de referencia completa asociada a un herbario institucional, también es necesario que los sitios de la Red de Monitoreo GLORIA-Andes puedan contar con una herramienta para poder comparar la identidad de las especies entre los distintos sitios de estudio establecidos en la puna y el páramo. Es así como se vuelve necesario el establecimiento de colecciones regionales de referencia, que permitan mantener un archivo taxonómico de las plantas presentes en los sitios observados. La existencia de estas colecciones regionales garantiza, al igual que una colección local de referencia, que las especies puedan ser analizadas más allá de su rango de variación morfológica en el sitio de estudio, en un país determinado, para así comprender las distintas variantes morfológicas que se pueden presentar en su rango de distribución en los Andes Tropicales. Además, una colección regional garantiza el acceso a más personas a este conjunto importante de datos sobre biodiversidad, de una manera más eficaz. En este sentido, durante las discusiones metodológicas mantenidas en los talleres regionales, se exploró la posibilidad de establecer dos puntos focales en donde se pudiesen depositar al menos un juego de duplicados de las colecciones de referencia asociadas, por un lado, a los sitios de monitoreo en páramos, y, por otro, a los sitios de puna. Así, las colecciones de todos los sitios de páramo de la Red de Monitoreo GLORIA-Andes podrían depositar un juego de duplicados en el Herbario QCA de la PUCE, en Ecuador, mientras que los sitios de puna podrían enviar un juego de sus colecciones al Herbario LPB de La Paz, en Bolivia (Muriel *et al.*, 2012).



## LITERATURA CITADA

- Araújo M., Cabeza M., Thuiller W., Hannah L., Williams P. H. 2004.** Would climate change drive species out of reserves? An assessment of existing reserve-selection methods. *Global Change Biology* **10**: 1618–1626.
- Araújo M., Rahbek C. 2006.** How Does Climate Change Affect Biodiversity? *Science* **313**: 1396–1397.
- Ataroff M., Sarmiento L. 2003.** *Diversidad de los Andes de Venezuela. Mapa de Unidades Ecológicas del Estado de Mérida*. CD-ROM. Ediciones Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas (ICAE), Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela: Universidad de los Andes, Mérida.
- Bader M., van Geloof I., Rietkerk M. 2007a.** High solar radiation hinders tree regeneration above the alpine treeline in northern Ecuador. *Plant Ecology* **191**: 33–45.
- Bader M., Rietkerk M., Bregt A. 2007b.** Vegetation structure and temperature regimes of tropical Alpine treelines. *Artic, Antartic, and Alpine Research* **39**: 353–364.
- 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 del Norte y Centro. Programa Panorama Andino. CONDESAN, Secretaría General de la Comunidad Andina. Pp. 45.
- Beck S. 1998.** Ecología y fitogeografía de las gramíneas de Bolivia. En: Renvoize S. (ed.). *Gramíneas de Bolivia*. Kew Royal Botanic Garden, Kew. Pp. 1–10.
- Beck S., Killeen T., García E. 1993.** Vegetación de Bolivia. En: T. Killeen, E. García, S. Beck. (eds.). *Guía de Árboles de Bolivia*. Herbario Nacional de Bolivia y Missouri Botanical Garden. La Paz. Pp. 6–23.
- Bendix J., H. Behling, T. Peters, M. Richter, E. Beck. 2010.** Functional biodiversity and climate change along an altitudinal gradient in a tropical mountain rainforest *Tropical Rainforests and Agroforests under Global Change*. 239–268.
- Bendix, J., Rafiqpoor, M. 2001.** Studies on the thermal conditions of soils at the upper tree line in the páramo of Papallacta (Eastern Cordillera of Ecuador). *Erdkunde* **55**: 257–276.
- Boulanger J.-P., Martinez F., Segura E. 2007.** Projection of future climate change conditions using IPCC simulations, neural networks and Bayesian statistics. Part 2: Precipitation mean state and seasonal cycle in South America. *Climate Dynamics* **28**: 255–271.
- Bradley R., Vuille M., Diaz H., Vergara W. 2006.** Threats to Water Supplies in the Tropical Andes. *Science* **312**: 1755–1756.
- 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., Céleri 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.
- Buytaert W., Celleri R., Timbe L. 2009.** Predicting climate change impacts on water resources in the tropical Andes: the effects of GCM uncertainty. *Geophysical Research Letters* **36**: L07406.
- 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.
- Buytaert W., Ramírez-Villegas J. 2012.** Generación de escenarios desagregados del cambio climático para los Andes Tropicales. En: Cuesta F., Sevink J., Llambí L. D., Bièvre B. d. y Maldonado G. (eds.). *Contribución al estado del conocimiento y conservación de los Páramos Andinos. Libro de Investigación del Proyecto Páramo Andino*. Condesan, Universidad de Amsterdam, Universidad de Wisconsin. Quito.
- Buytaert W., Vuille M., Dewulf A., Urrutia R., Karmalkar A., Céleri R. 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.
- Cano A., Mendoza W., Castillo S., Morales M., Torre M., Aponte H., Delgado A., Valencia N., Vega N. 2010.** Flora y vegetación de suelos crioturbados y hábitats asociados en la Cordillera Blanca, Ancash, Perú. *Revista Peruana de Biología* **17**: 095– 0103.
- Castaño C. 2002.** *Páramos y Ecosistemas Altoandinos de Colombia en Condición Hotspot y Global Climatic Tensor*. IDEAM: Bogotá.
- Cavieres L. A., Peñaloza A., Arroyo K. 2000.** Altitudinal vegetation belts in the high-Andes of central Chile (33 degrees S). *Revista Chilena de Historia Natural* **73**: 331–344.
- Cavieres L. A., Piper F. 2004.** Determinantes ecofisiológicos del límite altitudinal de los árboles. En: Cabrera H. M. (ed.). *Fisiología Ecológica en Plantas*. Universidad Católica de Valparaíso. Valparaíso. Pp. 221–234.
- Chen I.-C., Hill J., Ohlemüller R., Roy D., Thomas C. 2011.** Rapid Range Shifts of Species Associated with High Levels of Climate Warming. *Science* **333**: 1024–1026.
- Clapperton C. 1993.** *Quaternary Geology and Geomorphology of South America*. Elsevier Press. Amsterdam.
- Cleef A. 1981.** The Vegetation of the Paramos of the Colombian Cordillera Oriental. *Dissertationes Botanicae* **61**. 1–320.
- Chown S., Sinclair B., Leinaas H., Gaston K. 2004.** Hemispheric Asymmetries in Biodiversity—A Serious Matter for Ecology. *PLoS Biol* **2**: e406.
- Cuatrecasas J. 1968.** Páramo vegetation and its life forms. *Colloquium Geographicum* **9**: 163–186.
- Cuesta F., M. Peralvo, 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., Báez S., Muriel P., Salgado S. 2012.** La vegetación de los páramos del Ecuador. En: Cuesta F., J. Sevink, L.D. Llambí, B. de Bièvre, G. Maldonado (eds.). *Contribución al estado del conocimiento y conservación de los páramos andinos. Libro de investigación del Proyecto Páramo Andino*. Condesan, Universidad de Amsterdam, Universidad de Wisconsin. Quito

- Deutsch C., Tewksbury J., Huey R., Sheldon K., Ghalambor C., Haak D., Martin P. 2008.** Impacts of climate warming on terrestrial ectotherms across latitude. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **105**: 6668–6672.
- Díaz H., Eischeid J., Duncan C., Bradley R. 2003.** Variability of Freezing Levels, Melting Season Indicators, and Snow Cover for Selected High-Elevation and Continental Regions in the Last 50 Years. *Climatic Change* **59**: 33–52.
- Dickinson K., Mark A., Lee W. 1992.** Long-term monitoring of non-forest communities for biological conservation. *New Zealand Journal of Botany* **30**: 163–179.
- Duellman W. 1979.** The herpetofauna of the Andes: patterns of distribution, origin, differentiation, and present communities. En: Duellman W. (ed.). *The South American herpetofauna: its origin, evolution, and dispersal*. Pp. 371–459.
- Duellman W. 1999.** Distribution patterns of amphibians in South America. En: Duellman W. (ed.). *Patterns of distribution of amphibians: a global perspective*. Baltimore: Johns Hopkins University Press. Pp. 255–328.
- 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.
- 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.
- Fjeldså J. 1995.** Geographical patterns of neoendemic and older relict species of Andean forest birds: the significance of ecologically stable areas. En: Churchill S. P. B., Henrik; Forero, Enrique; Luteyn, James L. (eds.). *Biodiversity and conservation of Neotropical montane forests. Proceedings of a Symposium, New York Botanical Garden, 21–26 June 1993*. New York: New York Botanical Garden. Bronx, NY. Pp. 89–102.
- Francou B. (ed.). 2007.** *El fin de las Cumbres Nevadas-Glaciares y Cambio Climático en la Comunidad Andina*. Secretaría General de la Comunidad Andina, Institut de Recherche pour le Développement-IRD, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y Agencia Española de Cooperación Internacional. Lima.
- García-Moreno J., Arctander, P., Fjeldså J. 1999.** Strong Diversification at the Treeline among *Metallura* Hummingbirds. *The Auk* **116**: 702–711.
- Garreaud R. 1999.** Multi-scale analysis of the summertime precipitation over the central Andes. *Monthly Weather Review* **127**: 901–921.
- Gentry A. 1982.** Neotropical Floristic Diversity: Phytogeographical Connections Between Central and South America, Pleistocene Climatic Fluctuations, or an Accident of the Andean Orogeny? *Annals of the Missouri Botanical Garden* **69**: 557–593.
- Giorgi F., Bi X. 2005.** Regional changes in surface climate interannual variability for the 21st century from ensembles of global model simulations. *Geophysical Research Letters* **32**: L13701.
- Gottfried M., Pauli H., Futschik A., Akhalkatsi M., Barancok P., Benito Alonso J.L., Coldea G., Dick J., Erschbamer B., Fernandez Calzado M.R., Kazakis G., Krajci 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.
- Grau H., Easdale T., Paolini L. 2003.** Subtropical dendroecology—dating disturbances and forest dynamics in northwestern Argentina montane ecosystems. *Forest Ecology and Management* **177**: 131–143.
- Gregory-Wodzicki K. 2000.** Uplift history of the Central and Northern Andes: A review. *Geological Society of America Bulletin* **112**: 1091–1105.
- Halloy S. 1982.** *Contribución al estudio de la zona de Huaca Huasi, Cumbres Calchaquíes (Tucumán, Argentina)*. Tesis Doctoral no Publicada, Universidad Nacional.
- Halloy S. 1990.** A morphological classification of plants, with special reference to the New Zealand alpine flora. *Journal of Vegetation Science* **1**: 291–304.
- Halloy S., Ibañez M., Yager K. 2011.** Puntos y áreas flexibles (PAF) para inventarios rápidos del estado de biodiversidad. Point and flexible area sampling for rapid inventories of biodiversity status. *Ecología en Bolivia* **46**: 46–56.
- Hammer Ø., Harper D., Ryan P. 2001.** PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* **4**: 9.
- Harling G. 1979.** The vegetation types of Ecuador—a brief survey. En: Larsen K. H.-N., L. B. (eds.). *Tropical Botany*. New York: Academic Press. 165–174.
- Haylock M., Peterson T., Alves L., Ambrizzi T., Anunciacao M., Baez J., Barros V., Berlato M., Bidegain M., Coronel G., Corradi V., Garcia V., Grimm A., Karoly D., Marengo J., Marino M., Moncunilland D., Nechet D., Quintana J., Rebello E., Rusticucci M., Santos J., Trebejo I., Vincent L. 2006.** Trends in total and extreme South American rainfall in 1960–2000 and links with sea surface temperature. *Journal of Climate* **19**: 1490–1512.
- Hernández-Camacho J., Hurtado A., Ortiz R., Walschburger T. 1992.** Unidades biogeográficas de Colombia. En: (comp.) Halffter G. (ed.). *La Diversidad Biológica de Iberoamérica Vol. I*. Mexico D.F.: Acta Zoológica Mexicana. 105–151.
- Ibisch P., Mérida G. (eds.). 2001.** *Diagnóstico de la Diversidad Biológica de Bolivia*. La Paz, Bolivia: Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación, Dirección General de Biodiversidad.
- IPCC. 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*. Cambridge University Press: Cambridge.
- IUCN. 2010.** *IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010.1*.
- Jetz W., Wilcove D., Dobson A. 2007.** Projected Impacts of Climate and Land-Use Change on the Global Diversity of Birds. *Public Library of Science—Biology* **5**: e157.
- Jørgensen P., León-Yáñez S. (eds.). 1999.** *Catalogue of the Vascular Plants of Ecuador*. Missouri Botanical Garden. St. Louis.
- Josse C., Cuesta F., Navarro G., Barrena V., Cabrera E., Chacón-Moreno E., Ferreira W., Peralvo M., Saito J., Tovar A. 2009.** *Ecosistemas de los Andes del Norte*

y Centro. Bolivia, Colombia, Ecuador, Peru y Venezuela. Secretaría General de la Comunidad Andina, Programa Regional ECOBONA-Intercooperation, CONDESAN-Proyecto Paramo Andino, Programa BioAndes, EcoCiencia, NatureServe, IAVH, LTA-UNALM, ICAE-ULA, CDC-UNALM, RumbOL SRL. Lima.

- Juri M., Allende R., Hagen L., Musicante M., Cantón N., Jaime G., Toledo E., Halloy S. 2011.** III Taller internacional del monitoreo de cambio climático en Latinoamérica con metodología GLORIA extendida. Universidad Nacional de Chilecito, Chilecito, La Rioja. 17.
- Keating P. 1999.** Changes in paramo vegetation along an elevation gradient in southern Ecuador. *Journal of the Torrey Botanical Society* **126**: 159–175.
- Killeen T., Douglas M., Consiglio T., Jørgensen P., Mejia J. 2007.** Dry spots and wet spots in the Andean hotspot. *Journal of Biogeography* **34**: 1357–1373.
- Körner C. 2012.** *Alpine Treelines*. Basel, Switzerland: Springer.
- Körner C. 2005.** The Green Cover of Mountains in a Changing Environment. En: Huber U. M., Bugmann H. K. M. y Reasoner M. A. (eds.). *Global Change and Mountain Regions*. Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Körner C. 1998.** A re-assessment of high elevation treeline positions and their explanation. *Oecologia* **115**: 445–459.
- Körner C., Paulsen J. 2004.** A world-wide study of high altitude treeline temperatures. *Journal of Biogeography* **31**: 713–732.
- Laurance W., Useche C., Shoo L., Herzog S., Kessler M., Escobar F., Brehm G., Axmacher J., Chen I., Gámez L., Hietz P., Fiedler K., Pyrcz T., Wolf J., Merkord C., Cardelus C., Marshall A., Ah-Peng C., Aplet G., del Coro M., Baker W., Barone J., Brühl C., Bussmann R., Cicuzza D., Eilu G., Favila M., Hemp A., Hemp C., Homeier J., Hurtado J., Jankowski J., Kattán G., Kluge J., Krömer T., Lees D. C., Lehnert M., Longino J., Lovett J., Martin P., Paterson B., Pearson R. G., Peh K., Richardson B., Richardson M., Samways M., Senbeta F., Smith T., Utteridge T., Watkins J., Wilson R., Williams S., Thomas C. 2011.** Global warming, elevational ranges and the vulnerability of tropical biota. *Biological Conservation* **144**: 548–557.
- León-Yané S., Valencia R., Pitman N., Endara L., Ulloa-Ulloa C., Navarrete H. 2011.** *Libro Rojo de las Plantas Endémicas del Ecuador*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito.
- Lindenmayer D., Likens G. 2009.** Adaptive monitoring: a new paradigm for long-term research and monitoring. *Trends in Ecology & Evolution* **24**: 482–486.
- Lozano P., Cleef A., Bussmann R. 2009.** Phytogeography of the vascular páramo flora of Podocarpus National Park, South Ecuador. *Arnaldia* **16**: 69–85.
- Luebert F., Gajardo R. 2005.** Vegetación alto andina de Parinacota (norte del Chile) y una sinopsis de la vegetación de la Puna meridional. *Phytocoenologia* **35**: 79–128.
- Luteyn J. 2002.** Diversity, adaptation and endemism in neotropical Ericaceae: biogeographical patterns in the Vaccinieae. *The Botanical Review* **68**: 55–87.
- Luteyn J. 1999.** *Páramos: A checklist of plant diversity, geographical distribution, and botanical literature*. New York Botanical Garden. New York.

- Marion G., Henry G., Freckman D., Johnstone J., Jones G., Jones M., Lévesque E., Molau U., Mølgaard P., Parsons A., Svoboda J., Virginia R. 1997.** Open-top designs for manipulating field temperature in high-latitude ecosystems. *Global Change Biology* **3**: 20–32.
- Monzier M., Samaniego P., Robin C., Beate B., Cotten J., Hall M., Mothes P., Andrade D., Bourdon E., Eissen J., Pennec J. L., Ruiz A., Toulkeridis T. 2002.** Evolution of the Pichincha Volcano Complex (Ecuador). *Fifth ISAG, Toulouse (France)*, 16–18 September 2002. Extended Abstracts, Institut de Recherche pour le Développement, 429–432.
- Muriel P., Cuesta F., Beck S. 2012.** *Memoria conjunta del 4to. y 5to. Taller Regional: Red Andina de Monitoreo (GLORIA-Andes) "Revisión y curación taxonómica de las especies registradas en los sitios piloto"*. La Paz, 10–13 de enero de 2012. Herbario Nacional de Bolivia (LPB)-Convenio IE de la Universidad Mayor San Andrés-UMSA y el Museo Nacional de Historia Natural (MNHN) y Quito, 26–30 de marzo de 2012. Herbario de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (QCA).
- Myers N., Mittermeier R., Mittermeier C., da Fonseca G., Kent J. 2000.** Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* **403**: 853–858.
- Navarro-Sánchez G. 2011.** *Clasificación de la Vegetación de Bolivia*. Centro de Ecología y Difusión Simón I. Patiño. Santa Cruz.
- Nemergut, D. R., Anderson, S. P., Cleveland, C. C., Martin, A. P., Miller, A. E., Seimon, A., Schmidt, S. K., 2007.** Microbial community succession in an unvegetated, recently deglaciated soil. *Microbial Ecology* **53**: 110–122.
- Pauli H., Gottfried M., Grabherr G. 1999.** Vascular plant distribution patterns at the low-temperature limits of plant life-the alpine-nival ecotone of Mount Schrankogel (Tyrol, Austria). *Phytocoenologia* **29**.
- Pauli H., Gottfried M., Hohenwallner D., Reiter K., Grabherr G. 2004.** Manual para el trabajo de campo del proyecto GLORIA, Aproximación al estudio de las cimas *Iniciativa para la Investigación y el Seguimiento Global de los Ambientes Alpinos, como contribución al Sistema Terrestre de Observación Global (GTOS)*. Versión española: L, Villar.
- 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., Benito Alonso J.L., Coldea G., Dick J., Erschbamer B., Fernández Calzado R., Ghosn D., Holten J.I., Kanka R., Kazakis G., Kollár J., Larsson P., Moiseev P., Moiseev D., Molau U., Molero Mesa J., Nagy L., Pelino G., Puca M., Rossi G., Stanisci A., Syverhuset A.O., Theurillat J.-P., Tomaselli M., Unterluggauer P., Villar L., Vittoz P., Grabherr G. 2012.** Recent plant diversity changes on europe's mountain summits. *Science* **336**: 353–355.
- Pearson R. G. 2006.** Climate change and the migration capacity of species. *Trends in Ecology & Evolution* **21**: 111–113.
- Peñuelas J., Boada M. 2003.** A global change-induced biome shift in the Montseny mountains (NE Spain). *Global Change Biology* **9**: 131–140.

- Perú M. d. A. d. 2010. *Segunda Comunicación Nacional del Perú a la CMNV sobre el Cambio Climático*. Lima, Perú: MINAM-GEF-PNUD. 151.
- 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.
- Pounds J., Bustamante M., Coloma L., Consuegra J., Fogden M., Foster P., La Marca E., Masters K., Merino-Viteri A., Puschendorf R., Ron S., Sanchez-Azofeifa G., Still C., Young B. 2006. Widespread amphibian extinctions from epidemic disease driven by global warming. *Nature* 439: 161–167.
- Quizhpe W., Z. Aguirre, O. Cabrera, Delgado T. E. 2002. Los páramos del Parque Nacional Podocarpus. En: Aguirre Z., Madsen J., Cotton E., Balslev H. (eds.). *Botánica Austro-ecuatoriana. Estudios sobre los recursos vegetales en las provincias de El Oro, Loja y Zamora-Chinchipec*. Quito: AbyaYala.
- Ramírez-Villegas J., Cuesta F., Devenish C., Peralvo M., A. Jarvis, Arnillas. C. *En revisión*. The Impact of Climate Change on Andean Vascular Plant and Bird Species. *Diversity and Distributions*.
- Ramsay P. 1992. *The páramo vegetation of Ecuador: The Community Ecology, Dynamics and Productivity of tropical Grasslands in the Andes*. Unpublished Philosophy Doctor Thesis, University of Wales, Bangor (United Kingdom).
- Ramsay P., Oxley E. 1997. The growth form composition of plant communities in the Ecuadorian paramos. *Plant Ecology* 131: 173–192.
- Raxworthy C., Pearson R., Rabibisoa N., Rakotondrazafy A., Ramanamanjato J., Raselimanana A., Wu S., Nussbaum R., Stone D. 2008. Extinction vulnerability of tropical montane endemism from warming and upslope displacement: a preliminary appraisal for the highest massif in Madagascar. *Global Change Biology* 14: 1703–1720.
- Richter M., Diertl K., Peters T., Bussmann. R. W. 2008. Timberline features and structures within the subpáramo vegetation belt of southern Ecuador. En: Beck E., J. Bendix, I. Kottke, F. Makeschin and R. Mosandl (ed.). *Gradients in a tropical mountain ecosystem of Ecuador*, *Ecological Studies* 198: 123–136. Berlin-Stuttgart. Springer.
- Ruiz D., Moreno H., Gutiérrez M., Zapata P. 2008. Changing climate and endangered high mountain ecosystems in Colombia. *Science of the Total Environment* 398: 122–132.
- Rundel P., Palma B. 2000. Preserving the Unique Puna Ecosystems of the Andean Altiplano. *Mountain Research and Development* 20: 262–271.
- Ruthsatz B. 1977. Pflanzengesellschaften und ihre Lebensbedingungen in den Andinen Halbwüsten Nordwest-Argentiniens. *Dissertationes botanicae* 39.
- Ruthsatz B., Movia C. 1975. *Relevamiento de las Estepas Andinas del Noreste de la Provincia de Jujuy, República Argentina*. Fundación para la Educación, la Ciencia y la Cultura (FECYC): Buenos Aires.
- Saenz-Elorza M. D., E. D. González, A. Sobrino. 2003. Changes in the High-mountain Vegetation of the Central Iberian Peninsula as a Probable Sign of Global Warming. *Annals of Botany* 92: 273–280.
- Sala O., Chapin F., Armesto J., Berlow E., Bloomfield J., Dirzo R., Huber-Sanwald E., Huenneke L., Jackson R., Kinzig A., Leemans R., Lodge D., Mooney H., Oesterheld M., Poff N., Sykes M., Walker B., Walker M., Wall D.. 2000. Global Biodiversity Scenarios for the year 2100. *Science* 287: 1770–1774.
- Sall L., Creighton J., Lehman A. 2005. *JMP® Start Statistics: A Guide to Statistics and Data Analysis Using JMP® and JMP IN® Software*. Third Edition.
- Sarmiento G. 1986. Ecological features of climate in high tropical mountains. En: Vuilleumier F., Monasterio, M. (eds.). *High Altitude Tropical Biogeography*. Oxford University Press. New York. Pp. 11–45.
- Sarmiento L., Monasterio M. 1991. Adaptive Radiation of *Espeletia* in the cold Andean tropics. *Trends in Ecology and Evolution* 6: 387–391.
- Scott D. 1965. A height frequency method for sampling tussock and shrub vegetation. *New Zealand Journal of Botany* 3: 253–260.
- Seibert P. 1993. La vegetación de la región de los Kallawaya y del Altiplano de Ulla Ulla en los Andes Bolivianos. *Ecología en Bolivia* 20: 1–84. (incluye mapa 1:50.000).
- Seimon, A., Halloy, S. R. P., Seimon, T. A., 2007a. Global High-altitude Limits for Aquatic Vascular Plants. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 39: 340–341.
- Seimon T., Seimon A., Daszak P., Halloy S., Schloegel L., Aguilar C., Sowell P., Hyatt A. D., Konecky B., Simmons J. 2007b. Upward range extension of Andean anurans and chytridiomycosis to extreme elevations in response to tropical deglaciation. *Global Change Biology* 13: 288–299.
- Sekercioglu C., Schneider S., Fay J., Loarie S. 2008. *Climate Change, Elevational Range Shifts, and Bird Extinctions*. Wiley-Blackwell.
- Sierra-Almeida A., Cavieres L. 2010. Summer freezing resistance decreased in high-elevation plants exposed to experimental warming in the central Chilean Andes. *Oecologia* 163: 267–276.
- Simpson B. 1983. An historical phytogeography of the high Andean flora. *Revista Chilena de Historia Natural* 56: 109–122.
- Simpson B., Toddzia C. 1990. *Patterns and processes in the development of the high andean flora*. Botanical Society of America. Ithaca.
- Sklenář P. 2000. *Vegetation ecology and phytogeography of Ecuadorian superpáramos*. Unpublished PhD Thesis, Charles University.
- Sklenář P., Balslev H. 2007. Geographic flora elements in the Ecuadorian superpáramo. *Flora* 202: 50–61.
- Sklenář P., Jørgensen P. 1999. Distribution patterns of páramo plants in Ecuador. *Journal of Biogeography* 26: 681–691.
- Sklenář P., Luteyn J., Ulloa C., Jørgensen P., Dillon M. 2005. *Generic flora of the Páramo: Illustrated Guide of the Vascular Plants*. New York.
- Sklenář P., Ramsay P. 2001. Diversity of zonal páramo plant communities in Ecuador. *Diversity and Distributions* 7: 113–124.

- Smith A., Young T. 1987.** Tropical Alpine Plant Ecology. *Annual Review of Ecology and Systematics* **18**: 137–158.
- 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.
- Thuiller W., Albert C., Araújo 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.
- Thuiller W., Lavorel M., Araújo M., Sykes I., Prentice I. 2005.** Climate change threats to plant diversity in Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **102**: 8245–8250.
- Troll C. 1968.** The Cordilleras of the tropical Americas. Aspects of climatic, phytogeographical and agrarian ecology. En: Troll C. (ed.). *Geo-ecology of the Mountainous Regions of the Tropical Americas*. Bonn. Ferd. Dümmlers. 15–56.
- Van Der Hammen T. 1974.** The Pleistocene changes of vegetation and climate in tropical South America. *Journal of Biogeography* **1**: 3–26.
- van der Hammen T., Cleef A. 1986.** Development of the high Andean páramo flora and vegetation. En: Vuilleumier F., Monasterio, M. (ed.). *High Altitude Tropical Biogeography*. Oxford University Press. New York. 153–201.
- van der Hammen T., Hooghiemstra H. 2000.** Neogene and Quaternary history of vegetation, climate, and plant diversity in Amazonia. *Quaternary Science Reviews* **19**: 725–742.
- Vuille M. 1999.** Atmospheric circulation over the Bolivian Altiplano during dry and wet periods and extreme phases of the Southern Oscillation. *International Journal of Climatology* **19**: 1579–1600.
- Vuille M., Bradley R. 2000.** Mean temperature trends and their vertical structure in the Tropical Andes. *Geophysical Research Letters* **27**: 3885–3888.
- Vuille M., Bradley R., Werner M., Keimig F. 2003.** 20th century climate change in the Tropical Andes: observations and model results. *Climate Change* **59**: 75–99.
- Weigend M. 2002.** Observations on the biogeography of the Amotape-Huancabamba Zone in northern Peru. *The Botanical Review* **68**: 38–54.
- Weigend M. 2004.** Additional observations on the biogeography of the Amotape-Huancabamba zone in Northern Peru: Defining the South-Eastern limits. *Revista Peruana de Biología* **11**: 127–134.
- Williams J., Jackson S. 2007.** Novel climates, no-analog communities, and ecological surprises. *Frontiers in Ecology and the Environment* **5**: 475–482.
- Young K., Ulloa C., Luteyn J., Knapp S. 2002.** Plant Evolution and Endemism in Andean South America: An Introduction. *Botanical Review* **68**: 4–21.
- Zavaleta E., Shaw M., Chiariello N., Mooney H., Field C. 2003.** Additive effects of simulated climate changes, elevated CO<sub>2</sub>, and nitrogen deposition on grassland diversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **100**: 7650–7654.

# Anexo I:

## Lista anotada de las especies registradas en los sitios de monitoreo de la Red GLORIA-Andes

PRISCILLA MURIEL, STEPHAN BECK, NATALI THOMPSON,  
FRANCISCO CUESTA, EDITORES

### PTERIDOPHYTA

EC-ANG-CC (4.059 m); PE-PAC-EHG (3.519 m); PE-PAC-HPV (3.570 m); PE-PAC-IMC (3.076 m); PE-PAC-PVO (3.275 m).

### LYCOPODIALES

#### Lycopodiaceae

***Huperzia austroecuadorica*** B.Øllg.  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PNP-CIA (3.270 m); EC-PNP-CIC (3.400 m).

***Huperzia crassa*** (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Rothm.  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-ANG-CC (4.059 m); EC-ANG-CH (4.104 m); EC-ANG-CN (4.263 m); EC-ANG-CP (4.166 m).

***Lycopodium clavatum*** L.  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:

***Lycopodium jussiaei*** Desv. ex Poir.  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
PE-PAC-IMC (3.076 m).

***Lycopodium vestitum*** Desv. ex Poir.  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PNP-CIA (3.270 m); EC-PNP-CIB (3.320 m); EC-PNP-CIC (3.400 m).

### OPHIOGLOSSALES

#### Ophioglossaceae

***Ophioglossum crotalophoroides*** Walter  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PIC-LDP (4.044 m).

## POLYPODIALES

### Blechnaceae

***Blechnum auratum*** (Fée) R.M. Tryon & Stolze  
Hábito: Árbol.  
Cumbres donde se reporta la especie: EC-ANG-CC (4.059 m); EC-PNP-CIA (3.270 m); EC-PNP-CIB (3.320 m); EC-PNP-CIC (3.400 m).

***Blechnum cordatum*** (Desv.) Hieron.  
Hábito: Árbol.  
Cumbres donde se reporta la especie: EC-PNP-CIA (3.270 m); EC-PNP-CIB (3.320 m); EC-PNP-CIC (3.400 m).

***Blechnum lima*** Rosenst.  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie: EC-PNP-CIA (3.270 m); EC-PNP-CIC (3.400 m).

### Dryopteridaceae

***Elaphoglossum lingua*** (C.Presl) Brack.  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie: EC-PNP-CIA (3.270 m); EC-PNP-CIB (3.320 m).

### Polypodiaceae

***Melpomene moniliformis*** (Lag. ex Sw.) A.R. Sm. & R.C. Moran  
Hábito: Hierba terrestre o epífita.  
Cumbres donde se reporta la especie: CO-CCY-CLG (4.331 m); CO-CCY-MOL (4.411 m); EC-ANG-CP (4.166 m).

***Melpomene peruviana*** (Desv.) A.R. Sm. & R.C. Moran  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie: EC-ANG-CN (4.263 m).

***Polypodium subandinum*** Sodiro  
Hábito: Hierba epífita.  
Cumbres donde se reporta la especie: EC-PNP-CIA (3.270 m); EC-PNP-CIB (3.320 m); EC-PNP-CIC (3.400 m).

### Pteridaceae

***Eriosorus cheilanthoides*** (Sw.) A.F. Tryon  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie: CO-CCY-MOL (4.411 m); PE-PAC-EHG (3.519 m).

***Jamesonia goudotii*** (Hieron.) C.Chr.  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie: EC-ANG-CC (4.059 m); EC-ANG-CH (4.104 m); EC-ANG-CN (4.263 m); EC-ANG-CP (4.166 m); EC-PNP-CIC (3.400 m).

***Jamesonia pulchra*** Hook. & Grev.  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie: EC-ANG-CP (4.166 m).

### Thelypteridaceae

***Thelypteris euthytrix*** A.R.Sm.  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie: EC-PNP-CIB (3.320 m).

### Woodsiaceae

***Woodsia montevidensis*** (Spreng.) Hieron.  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie: AR-CUC-ALZ (4.040 m).

## GYMNOSPERMAE

## GNETALES

### Ephedraceae

***Ephedra rupestris*** Benth.  
Hábito: Arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie: BO-TUC-WAT (4.650 m).

## ANGIOSPERMAE

## APIALES

### Apiaceae

***Azorella aretioides*** (Spreng.) DC.  
Hábito: Hierba, cojín.  
Cumbres donde se reporta la especie: EC-ANG-CC (4.059 m); EC-ANG-CH (4.104 m); EC-ANG-CN (4.263 m); EC-ANG-CP (4.166 m); EC-PIC-CHU (4.394 m); EC-PIC-ING (4.424 m); EC-PIC-LDP (4.044 m); EC-PIC-PEN (4.584 m).

***Azorella compacta*** Phil.  
Hábito: Cojín.  
Cumbres donde se reporta la especie: AR-CUC-ALZ (4.040 m); AR-CUC-SIN (4.450 m); BO-SAJ-JAS (4.931 m); BO-SAJ-SUM (4.759 m).

***Azorella crenata*** (Ruiz & Pav.) Pers.  
Hábito: Hierba, cojín.  
Cumbres donde se reporta la especie: EC-ANG-CP (4.166 m).

***Azorella pedunculata*** Willd. ex DC.  
Hábito: Hierba, cojín.  
Cumbres donde se reporta la especie: EC-ANG-CC (4.059 m); EC-ANG-CN (4.263 m); EC-PIC-CHU (4.394 m); EC-PIC-ING (4.424 m); EC-PIC-PEN (4.584 m).

***Bowlesia tropaeolifolia*** Gillies & Hook.  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie: AR-CUC-HUA (4.280 m); AR-CUC-SIN (4.450 m).

***Eryngium humile*** Cav.  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie: CO-CCY-MOL (4.411 m); PE-PAC-IMC (3.076 m).

***Hydrocotyle humboldtii*** A.Rich.  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie: PE-PAC-IMC (3.076 m).

***Hydrocotyle ranunculoides*** L. f.  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie: EC-PNP-CIB (3.320 m); EC-PNP-CIC (3.400 m).

***Mulinum axilliflorum*** Griseb.  
Hábito: Cojín.  
Cumbres donde se reporta la especie: AR-CUC-ISA (4.743 m); AR-CUC-SIN (4.450 m).

***Niphogeton dissecta*** (Benth.) J.F.Macbr.  
Hábito: Roseta acaulescente.  
Cumbres donde se reporta la especie: EC-ANG-CC (4.059 m); EC-ANG-CN (4.263 m); EC-ANG-CP (4.166 m); EC-PNP-CIC (3.400 m); PE-PAC-EHG (3.519 m); PE-PAC-HPV (3.570 m).

***Niphogeton josei*** Mathias & Constance  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie: CO-CCY-CLG (4.331 m); CO-CCY-LGB (4.056 m); CO-CCY-MOL (4.411 m).

***Oreomyrrhis andicola*** (Kunth) Endl. ex Hook. f.  
Hábito: Roseta acaulescente.  
Cumbres donde se reporta la especie: BO-APL-MIT (5.050 m); BO-TUC-WAT (4.650 m); CO-CCY-MOL (4.411 m); EC-PIC-CHU (4.394 m); EC-PIC-ING (4.424 m); EC-PIC-LDP (4.044 m); EC-PIC-PEN (4.584 m).

## AQUIFOLIALES

### Aquifoliaceae

***Ilex myricoides*** Kunth  
Hábito: Árbol.  
Cumbres donde se reporta la especie: EC-PNP-CIA (3.270 m); EC-PNP-CIB (3.320 m); EC-PNP-CIC (3.400 m).

## ASPARAGALES

### Iridaceae

***Olsynium acaule*** (Klatt) Goldblatt  
Hábito: Roseta.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-APL-SOC (4.500 m); BO-TUC-WAT  
(4.650 m).

***Olsynium junceum*** (E. Mey. ex  
C.Presl) Goldblatt  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-ALZ (4.040 m).

***Orthrosanthus chimboracensis***  
(Kunth) Baker  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
PE-PAC-IMC (3.076 m).

***Sisyrinchium chilense*** Hook.  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-SAJ-PAC (4.192 m).

***Sisyrinchium tinctorium*** Kunth  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
CO-CCY-CLG (4.331 m); CO-CCY-LGB  
(4.056 m); CO-CCY-MOL (4.411 m);  
EC-PNP-CIA (3.270 m); EC-PNP-CIC  
(3.400 m).

### Orchidaceae

***Aa colombiana*** Schltr.  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-ANG-CC (4.059 m); EC-ANG-CP  
(4.166 m).

***Cyrtochilum anthoxanthum*** (Rchb. f.)  
Dalström  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PNP-CIA (3.270 m).

***Epidendrum chioneum*** Lindl.  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
PE-PAC-PVO (3.275 m).

***Epidendrum fimbriatum*** Kunth  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PNP-CIA (3.270 m).

***Epidendrum loxense*** F. Lehm. &  
Kraenzl.  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PNP-CIC (3.400 m).

***Epidendrum macrostachyum*** Lindl.  
Hábito: Hierba terrestre o epífita.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PNP-CIA (3.270 m).

***Gomphichis caucana*** Schltr.  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PNP-CIA (3.270 m); EC-PNP-CIB  
(3.320 m); EC-PNP-CIC (3.400 m).

***Gomphichis traceyae*** Rolfe  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-ANG-CC (4.059 m); EC-ANG-CH  
(4.104 m).

***Pachyphyllum crystallinum*** Lindl.  
Hábito: Hierba terrestre o epífita.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PNP-CIA (3.270 m); PE-PAC-PVO  
(3.275 m).

***Stelis flexuosa*** Lindl.  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
PE-PAC-PVO (3.275 m).

## ASTERALES

### Asteraceae

***Achyrocline hallii*** Hieron.  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
PE-PAC-IMC (3.076 m); PE-PAC-PVO  
(3.275 m).

***Ageratina cutervensis*** (Hieron.) R.M.  
King & H. Rob.  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:

EC-PNP-CIA (3.270 m); EC-PNP-CIB  
(3.320 m); EC-PNP-CIC (3.400 m).

***Ageratina dendroides*** (Spreng.) R.M.  
King & H. Rob.  
Hábito: Arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
PE-PAC-IMC (3.076 m).

***Ageratina gracilis*** (Kunth) R.M. King  
& H. Rob.  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
CO-CCY-CLG (4.331 m); CO-CCY-MOL  
(4.411 m).

***Antennaria gnaphalioides*** (Kunth)  
Standl. ex R. Knuth  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
CO-CCY-CAC (4.209 m); CO-CCY-CLG  
(4.331 m); CO-CCY-MOL (4.411 m).

***Aphanactis cocuyensis*** Cuatrec.  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
CO-CCY-MOL (4.411 m).

***Aphanactis jamesoniana*** Wedd.  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie: EC-  
PIC-ING (4.424 m); EC-PIC-LDP (4.044 m).

***Baccharis alpina*** Kunth  
Hábito: Arbusto rastrero.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-APL-PUN (4.760 m); BO-APL-SOC  
(4.500 m); BO-TUC-WAT (4.650 m).

***Baccharis caespitosa*** (Ruiz & Pav.)  
Pers.  
Hábito: Arbusto rastrero.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-ANG-CN (4.263 m); EC-PIC-CHU  
(4.394 m); EC-PIC-ING (4.424 m); EC-  
PIC-PEN (4.584 m).

***Baccharis genistelloides*** Pers.  
Hábito: Hierba terrestre o arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
PE-PAC-IMC (3.076 m).

***Baccharis oblongifolia*** Pers.  
Hábito: Arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie:

PE-PAC-IMC (3.076 m).

***Baccharis obtusifolia*** Kunth  
Hábito: Arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
PE-PAC-IMC (3.076 m).

***Baccharis prunifolia*** Kunth  
Hábito: Arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
CO-CCY-CAC (4.209 m); CO-CCY-CLG  
(4.331 m); CO-CCY-LGB (4.056 m); CO-  
CCY-MOL (4.411 m).

***Baccharis tola*** Phil.  
Hábito: Arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-SAJ-HUI (4.567 m); BO-SAJ-PAC  
(4.192 m).

***Baccharis tricuneata*** Pers.  
Hábito: Arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
PE-PAC-IMC (3.076 m).

***Baccharis tricuneata*** var. ***procumbens***  
Cuatrec.  
Hábito: Arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
CO-CCY-CAC (4.209 m); CO-CCY-CLG  
(4.331 m); CO-CCY-LGB (4.056 m); CO-  
CCY-MOL (4.411 m).

***Belloa kunthiana*** (DC.) Anderb. & S.E.  
Freire  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-TUC-WAT (4.650 m); EC-PIC-PEN  
(4.584 m).

***Belloa pickeringii*** (A. Gray) Sagást. &  
M.O. Dillon  
Hábito: Cojín.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-APL-SOC (4.500 m); BO-TUC-WAT  
(4.650 m).

***Belloa piptolepis*** (Wedd.) Cabrera  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-APL-SOC (4.500 m); BO-SAJ-HUI  
(4.567 m); BO-SAJ-JAS (4.931 m);  
BO-SAJ-PAC (4.192 m); BO-SAJ-SUM  
(4.759 m); BO-TUC-COP (4.862 m);  
BO-TUC-WAT (4.650 m).

**Belloa radians** (Benth.) Sagást. & M.O.Dillon  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie: CO-CCY-CAC (4.209 m); CO-CCY-CLG (4.331 m); CO-CCY-LGB (4.056 m).

**Belloa schultzei** (Wedd.) Cabrera  
Hábito: Cojín.  
Cumbres donde se reporta la especie: AR-CUC-ALZ (4.040 m); AR-CUC-ISA (4.743 m); AR-CUC-SIN (4.450 m); BO-APL-PUN (4.760 m); BO-APL-SOC (4.500 m); BO-SAJ-JAS (4.931 m); BO-SAJ-SUM (4.759 m); BO-TUC-WAT (4.650 m).

**Bidens andicola** Kunth  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie: PE-PAC-IMC (3.076 m).

**Chaetanthera pulvinata** Haum.  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie: AR-CUC-ISA (4.743 m).

**Chaetanthera revoluta** (Phil.) Cabrera  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie: AR-CUC-HUA (4.280 m); AR-CUC-ISA (4.743 m).

**Chaptalia cordata** Hieron.  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie: PE-PAC-PVO (3.275 m).

**Chersodoma jodopappa** (Sch. Bip.) Cabrera  
Hábito: Arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie: BO-SAJ-HUI (4.567 m).

**Chrysactinium acaule** Wedd.  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie: PE-PAC-EHG (3.519 m); PE-PAC-HPV (3.570 m); PE-PAC-IMC (3.076 m); PE-PAC-PVO (3.275 m).

**Chuquiraga jussieu** J.F. Gmel.  
Hábito: Arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie: EC-PIC-CHU (4.394 m); EC-PIC-PEN (4.584 m).

**Coreopsis venusta** Kunth  
Hábito: Arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie: PE-PAC-IMC (3.076 m).

**Diplostephium empetrifolium** S.F. Blake  
Hábito: Arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie: PE-PAC-EHG (3.519 m); PE-PAC-HPV (3.570 m); PE-PAC-PVO (3.275 m).

**Diplostephium floribundum** (Benth.) Wedd.  
Hábito: Arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie: CO-CCY-CAC (4.209 m); CO-CCY-MOL (4.411 m).

**Diplostephium glandulosum** Hieron.  
Hábito: Arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie: EC-ANG-CC (4.059 m); EC-ANG-CP (4.166 m); PE-PAC-EHG (3.519 m); PE-PAC-HPV (3.570 m).

**Diplostephium glutinosum** Blake  
Hábito: Arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie: EC-PIC-LDP (4.044 m).

**Diplostephium macrocephalum** S.F. Blake  
Hábito: Arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie: PE-PAC-HPV (3.570 m).

**Diplostephium rupestre** (Kunth) Wedd.  
Hábito: Arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie: EC-ANG-CN (4.263 m); EC-ANG-CP (4.166 m); EC-PIC-CHU (4.394 m).

**Dorobaea pimpinellifolia** (Kunth) B. Nord.  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie: EC-PIC-LDP (4.044 m); PE-PAC-EHG (3.519 m); PE-PAC-PVO (3.275 m).

**Erigeron rosulatus** Wedd.  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie: BO-APL-SOC (4.500 m); BO-TUC-COP (4.862 m); BO-TUC-WAT (4.650 m).

**Espeletia lopezii** Cuatrec.  
Hábito: Caulirósula/ hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie: CO-CCY-CAC (4.209 m); CO-CCY-LGB (4.056 m); CO-CCY-MOL (4.411 m).

**Espeletia pycnophylla** Cuatrec.  
Hábito: Roseta con tronco.  
Cumbres donde se reporta la especie: EC-ANG-CC (4.059 m); EC-ANG-CH (4.104 m);

**Espeletopsis colombiana** (Cuatrec.) Cuatrec.  
Hábito: Roseta basal.  
Cumbres donde se reporta la especie: CO-CCY-CAC (4.209 m); CO-CCY-CLG (4.331 m); CO-CCY-LGB (4.056 m); CO-CCY-MOL (4.411 m).

**Gamochaeta americana** Wedd.  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie: EC-PIC-CHU (4.394 m).

**Gamochaeta coarctata** (Willd.) Kerguélen  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie: BO-TUC-WAT (4.650 m).

**Gamochaeta erythraetis** (Wedd.) Cabrera  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie: AR-CUC-HUA (4.280 m).

**Gnaphalium badium** Wedd.  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie: AR-CUC-ALZ (4.040 m); AR-CUC-HUA (4.280 m); AR-CUC-SIN (4.450 m); BO-APL-SOC (4.500 m).

**Gnaphalium frigidum** Wedd.  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie: BO-APL-MIT (5.050 m); BO-APL-PUN (4.760 m).

**Gnaphalium lacteum** Meyen & Walp.  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie: BO-SAJ-PAC (4.192 m); BO-SAJ-SUM (4.759 m).

**Gynoxys buxifolia** Cass.  
Hábito: Árbol.  
Cumbres donde se reporta la especie: PE-PAC-IMC (3.076 m).

**Gynoxys cuicochensis** Cuatrec.  
Hábito: Árbol.  
Cumbres donde se reporta la especie: EC-PNP-CIB (3.320 m).

**Gynoxys miniphylla** Cuatrec.  
Hábito: Arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie: EC-PNP-CIC (3.400 m).

**Gynoxys tomentosissima** Cuatrec.  
Hábito: Arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie: PE-PAC-EHG (3.519 m).

**Hieracium avilae** Kunth  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie: CO-CCY-CAC (4.209 m); CO-CCY-CLG (4.331 m); CO-CCY-LGB (4.056 m); CO-CCY-MOL (4.411 m).

**Hieracium eriosphaerophorum** Zahn  
Hábito: Roseta basal.  
Cumbres donde se reporta la especie: AR-CUC-SIN (4.450 m).

**Hieracium frigidum** Wedd.  
Hábito: Roseta acaulescente.  
Cumbres donde se reporta la especie: EC-ANG-CC (4.059 m); EC-PIC-LDP (4.044 m); EC-PNP-CIA (3.270 m); EC-PNP-CIB (3.320 m); EC-PNP-CIC (3.400 m); PE-PAC-HPV (3.570 m); PE-PAC-IMC (3.076 m); PE-PAC-PVO (3.275 m).

**Hypochaeris echegarayi** Hieron.  
Hábito: Roseta.  
Cumbres donde se reporta la especie: BO-TUC-WAT (4.650 m).

**Hypochaeris eremophila** Cabrera  
Hábito: Roseta.  
Cumbres donde se reporta la especie: AR-CUC-ALZ (4.040 m); AR-CUC-HUA (4.280 m); BO-SAJ-PAC (4.192 m).

**Hypochaeris mucida** Domke  
Hábito: Cojín.

Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-APL-SOC (4.500 m).

**Hypochoeris sessiliflora** Kunth  
Hábito: Roseta acaulescente.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
CO-CCY-CAC (4.209 m); CO-CCY-CLG  
(4.331 m); CO-CCY-MOL (4.411 m);  
EC-ANG-CC (4.059 m); EC-ANG-CH  
(4.104 m); EC-ANG-CN (4.263 m);  
EC-ANG-CP (4.166 m); EC-PIC-CHU  
(4.394 m); EC-PIC-ING (4.424 m);  
EC-PIC-LDP (4.044 m); EC-PIC-PEN  
(4.584 m).

**Hysterionica pulchella** Cabrera  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-ALZ (4.040 m); AR-CUC-HUA  
(4.280 m).

**Lasiocephalus ovatus** Schlecht.  
Hábito: Hierba trepadora.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-ANG-CC (4.059 m); EC-ANG-CH  
(4.104 m); EC-ANG-CN (4.263 m);  
EC-PIC-CHU (4.394 m); EC-PIC-PEN  
(4.584 m).

**Loricaria antisanensis** Cuatrec.  
Hábito: Arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-ANG-CN (4.263 m).

**Loricaria ilinissae** (Benth.) Cuatrec.  
Hábito: Arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-ANG-CP (4.166 m).

**Loricaria thuyoides** (Lam.) Sch. Bip.  
Hábito: Arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
PE-PAC-EHG (3.519 m); PE-PAC-HPV  
(3.570 m); PE-PAC-PVO (3.275 m).

**Luciliocline burkartii** Cabrera)  
Anderb. & S.E. Freire  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-ALZ (4.040 m); AR-CUC-HUA  
(4.280 m); AR-CUC-SIN (4.450 m).

**Luciliocline santanica** (Cabrera)  
Anderb. & S.E. Freire  
Hábito: Hierba.

Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-SIN (4.450 m).

**Luciliocline subspicata** (Wedd.)  
Anderb. & S.E. Freire  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-SAJ-PAC (4.192 m).

**Mikania brachyphylla** Hieron.  
Hábito: Arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PNP-CIB (3.320 m).

**Mikania featherstonei** B.L. Rob.  
Hábito: Liana.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PNP-CIA (3.270 m).

**Monticalia arbutifolia** (Kunth) C.  
Jeffrey  
Hábito: Arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-ANG-CN (4.263 m); EC-ANG-CP  
(4.166 m).

**Novenia acaulis** (Benth. & Hook.  
f. ex. B.D. Jacks.) S.E. Freire & F.H.  
Hellw.  
Hábito: Cojín.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-APL-PUN (4.760 m); BO-APL-SOC  
(4.500 m);

**Oriastrum abbreviatum** (Cabrera)  
A.M.R. Davies  
Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-ALZ (4.040 m); AR-CUC-HUA  
(4.280 m); AR-CUC-ISA (4.743 m).

**Oriastrum stuebelii** (Hieron) A.M.R.  
Davies  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-APL-MIT (5.050 m); BO-SAJ-SUM  
(4.759 m); BO-TUC-COP (4.862 m);  
BO-TUC-WAT (4.650 m).

**Oriastrum stuebelii** (Hieron) A.M.R.  
Davies  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-APL-MIT (5.050 m); BO-SAJ-SUM  
(4.759 m); BO-TUC-COP (4.862 m);  
BO-TUC-WAT (4.650 m).

**Oritrophium peruvianum** (Lam.)  
Cuatrec.  
Hábito: Roseta acaulescente.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
CO-CCY-CAC (4.209 m); CO-CCY-MOL  
(4.411 m); EC-ANG-CC (4.059 m); EC-  
ANG-CN (4.263 m); EC-ANG-CP (4.166  
m); EC-PNP-CIA (3.270 m); EC-PNP-  
CIC (3.400 m); PE-PAC-EHG (3.519 m);  
PE-PAC-HPV (3.570 m); PE-PAC-IMC  
(3.076 m); PE-PAC-PVO (3.275 m).

**Oritrophium repens** (Kunth) Cuatrec.  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
PE-PAC-PVO (3.275 m).

**Oxylobus glanduliferus** (Sch. Bip. ex  
Benth. & Hook. f.) A. Gray  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
CO-CCY-CAC (4.209 m); CO-CCY-MOL  
(4.411 m).

**Parastrephia phylliciformis** (Meyen)  
Cabrera  
Hábito: Arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-SIN (4.450 m).

**Parastrephia quadrangularis** (Meyen)  
Cabrera  
Hábito: Arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-SAJ-SUM (4.759 m).

**Pentacalia andicola** (Turcz.) Cuatrec.  
Hábito: Arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-ANG-CC (4.059 m); EC-ANG-CP  
(4.166 m); EC-PNP-CIB (3.320 m).

**Pentacalia myrsinites** (Turcz.) Cuatrec.  
Hábito: Bejuco.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PNP-CIB (3.320 m); EC-PNP-CIC  
(3.400 m).

**Pentacalia vaccinioides** (Kunth)  
Cuatrec.  
Hábito: Arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
CO-CCY-CAC (4.209 m); CO-CCY-CLG  
(4.331 m); CO-CCY-LGB (4.056 m); CO-  
CCY-MOL (4.411 m).

**Perezia ciliosa** (Phil.) Reiche  
Hábito: Roseta.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-ISA (4.743 m).

**Perezia coerulescens** Wedd.  
Hábito: Roseta.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-APL-PUN (4.760 m); BO-APL-SOC  
(4.500 m); BO-TUC-WAT (4.650 m).

**Perezia purpurata** Wedd.  
Hábito: Roseta basal.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-ALZ (4.040 m).

**Senecio adenophyllus** Meyen & Walp.  
Hábito: Arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-SAJ-JAS (4.931 m).

**Senecio algens** Wedd.  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-TUC-PAT (5.058 m).

**Senecio apolobambensis** Cabrera  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-APL-PUN (4.760 m).

**Senecio candollei** Wedd.  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-TUC-WAT (4.650 m).

**Senecio chionogeton** Wedd.  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-ANG-CP (4.166 m).

**Senecio formosus** Kunth  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
CO-CCY-CAC (4.209 m); CO-CCY-CLG  
(4.331 m); CO-CCY-MOL (4.411 m); EC-  
ANG-CH (4.104 m).

**Senecio humillimus** Sch. Bip.  
Hábito: Hierba, rastrera.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-TUC-COP (4.862 m); BO-TUC-PAT  
(5.058 m).

**Senecio neeanus** Cuatrec.  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-SAJ-SUM (4.759 m).

**Senecio nivalis** (Kunth) Cuatrec.  
Hábito: Roseta.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PIC-PEN (4.584 m).

**Senecio niveoaurus** Cuatrec.  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
CO-CCY-CLG (4.331 m); CO-CCY-MOL  
(4.411 m);

**Senecio nutans** Sch. Bip.  
Hábito: Arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-HUA (4.280 m); AR-CUC-SIN  
(4.450 m); BO-SAJ-HUI (4.567 m); BO-  
SAJ-JAS (4.931 m).

**Senecio puchii** Phil.  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-SAJ-SUM (4.759 m).

**Senecio scorzonifolius** Meyen &  
Walp.  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-SAJ-PAC (4.192 m).

**Senecio spinosus** DC.  
Hábito: Arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-APL-SOC (4.500 m).

**Senecio tephrosioides** Turcz.  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PNP-CIA (3.270 m); PE-PAC-EHG  
(3.519 m); PE-PAC-HPV (3.570 m).

**Werneria apiculata** Sch. Bip.  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-APL-SOC (4.500 m); BO-TUC-WAT  
(4.650 m).

**Werneria cochlearis** Griseb.  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:

AR-CUC-ALZ (4.040 m); AR-CUC-SIN  
(4.450 m).

**Werneria nubigena** Kunth  
Hábito: Roseta acaulescente.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-APL-SOC (4.500 m); EC-PIC-CHU  
(4.394 m); EC-PIC-ING (4.424 m).

**Werneria pectinata** Lingelsh.  
Hábito: Roseta.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-APL-PUN (4.760 m); BO-APL-SOC  
(4.500 m); BO-TUC-WAT (4.650 m).

**Werneria pumila** Kunth  
Hábito: Roseta acaulescente.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PIC-PEN (4.584 m).

**Werneria pygmaea** Gillies ex Hook. &  
Arn.  
Hábito: Hierba, cojín.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-ISA (4.743 m); AR-CUC-SIN  
(4.450 m).

**Werneria villosa** A. Gray  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-TUC-WAT (4.650 m).

**Xenophyllum humile** (Kunth) V.A.  
Funk  
Hábito: Roseta acaulescente.  
Cumbres donde se reporta la especie: EC-  
ANG-CC (4.059 m); EC-ANG-CH (4.104  
m); EC-ANG-CN (4.263 m); EC-ANG-CP  
(4.166 m); EC-PIC-CHU (4.394 m).

**Xenophyllum poposum** (Phil.) V.A.  
Funk  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-SAJ-JAS (4.931 m).

## Campanulaceae

**Lysipomia montioides** Kunth  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-ANG-CN (4.263 m); EC-ANG-CP  
(4.166 m).

## BORAGINALES

### Boraginaceae

**Phacelia nana** Wedd.  
Hábito: Roseta basal.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-HUA (4.280 m).

**Phacelia secunda** var. *secunda*  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-HUA (4.280 m).

## BRASSICALES

### Brassicaceae

**Aschersoniodoxa cachensis** (Speg.)  
Al-Shehbaz  
Hábito: Roseta.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-ISA (4.743 m).

**Aschersoniodoxa mandoniana**  
(Wedd.) Gilg & Muschl.  
Hábito: Roseta.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-APL-MIT (5.050 m).

**Brayopsis monimocalyx** O.E. Schulz  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-SIN (4.450 m).

**Descurainia depressa** (Phil.) Prantl  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-ISA (4.743 m).

**Descurainia leptoclada** Muschl.  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-SAJ-HUI (4.567 m).

**Descurainia titicacensis** (Walp.) Lillo  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-HUA (4.280 m).

**Draba aretioides** Kunth  
Hábito: Hierba terrestre.

Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PIC-PEN (4.584 m).

**Draba atacamensis** Gilg. ex Gilg &  
Muschl.  
Hábito: Roseta basal.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-ISA (4.743 m).

**Draba gilliesii** Hook. & Arn.  
Hábito: Roseta basal.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-ISA (4.743 m).

**Draba macleanii** Hook. f.  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-SAJ-JAS (4.931 m).

**Eudema nubigena** Bonpl.  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PIC-PEN (4.584 m).

**Lepidium meyenii** Walp.  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-HUA (4.280 m); BO-TUC-WAT  
(4.650 m).

**Lesquerella mendocina** (Phil.) Kurtz  
Hábito: Roseta basal.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-HUA (4.280 m).

**Mancoa hispida** Wedd.  
Hábito: Roseta.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-HUA (4.280 m); AR-CUC-SIN  
(4.450 m); BO-SAJ-PAC (4.192 m).

**Parodiodoxa chionophila** (Speg.) O.E.  
Schulz  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-ISA (4.743 m); AR-CUC-SIN  
(4.450 m).

**Weberbaueria spathulifolia** (A. Gray)  
O.E. Schulz  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-TUC-WAT (4.650 m).

## CARYOPHYLLALES

### Amaranthaceae

#### *Atriplex myriophylla* Phil.

Hábito: Hierba.

Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-SAJ-PAC (4.192 m).

#### *Gomphrena meyeniana* Walp.

Hábito: Roseta.

Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-ALZ (4.040 m); AR-CUC-SIN  
(4.450 m); BO-APL-SOC (4.500 m); BO-  
TUC-WAT (4.650 m).

### Cactaceae

#### *Cumulopuntia boliviana* (Salm-Dyck)

F. Ritter

Hábito: Cojín.

Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-SIN (4.450 m); BO-SAJ-HUI  
(4.567 m).

### Caryophyllaceae

#### *Arenaria bisulca* (Bartl.) Fenzl & Rohrb.

Hábito: Cojín.

Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-HUA (4.280 m); AR-CUC-ISA  
(4.743 m).

#### *Arenaria dicranoides* Kunth

Hábito: Hierba terrestre.

Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PIC-PEN (4.584 m).

#### *Arenaria digyna* Schlttdl.

Hábito: Hierba terrestre.

Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-SAJ-JAS (4.931 m);

#### *Arenaria pycnophylla* Rohrb.

Hábito: Cojín.

Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-APL-PUN (4.760 m); BO-APL-SOC  
(4.500 m);

#### *Arenaria pycnophylloides* Pax

Hábito: Cojín.

Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-ALZ (4.040 m); AR-CUC-HUA  
(4.280 m); AR-CUC-ISA (4.743 m); AR-  
CUC-SIN (4.450 m).

#### *Cardionema burkartii* Subils

Hábito: Hierba.

Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-ALZ (4.040 m).

#### *Cerastium arvense* L.

Hábito: Hierba terrestre.

Cumbres donde se reporta la especie:  
CO-CCY-CAC (4.209 m); CO-CCY-CLG  
(4.331 m); CO-CCY-MOL (4.411 m).

#### *Cerastium candicans* Wedd.

Hábito: Hierba.

Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PIC-CHU (4.394 m).

#### *Cerastium danguyi* J.F. Macbr.

Hábito: Hierba.

Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PIC-ING (4.424 m).

#### *Cerastium floccosum* Benth.

Hábito: Hierba.

Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PIC-CHU (4.394 m); EC-PIC-ING  
(4.424 m); EC-PIC-PEN (4.584 m).

#### *Cerastium nutans* Raf.

Hábito: Hierba.

Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-TUC-COP (4.862 m).

#### *Cerastium peruvianum* Muschl.

Hábito: Hierba.

Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-APL-PUN (4.760 m); BO-APL-SOC  
(4.500 m); BO-TUC-WAT (4.650 m).

#### *Cerastium tucumanense* Pax

Hábito: Hierba.

Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-ALZ (4.040 m); AR-CUC-SIN  
(4.450 m).

#### *Paronychia andina* A. Gray

Hábito: Cojín.

Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-APL-PUN (4.760 m); BO-APL-SOC  
(4.500 m).

#### *Pycnophyllum convexum* Griseb.

Hábito: Cojín.

Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-ALZ (4.040 m); AR-CUC-HUA  
(4.280 m); AR-CUC-ISA (4.743 m); AR-  
CUC-SIN (4.450 m).

#### *Pycnophyllum molle* Remy

Hábito: Cojín.

Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-APL-MIT (5.050 m); BO-TUC-WAT  
(4.650 m).

#### *Pycnophyllum spathulatum* Mattf.

Hábito: Cojín.

Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-SAJ-JAS (4.931 m); BO-SAJ-SUM  
(4.759 m).

#### *Pycnophyllum tetrastichum* Remy

Hábito: Cojín.

Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-APL-PUN (4.760 m); BO-APL-SOC  
(4.500 m); BO-SAJ-HUI (4.567 m).

#### *Silene mandonii* (Rohrb.) Bocquet.

Hábito: Roseta.

Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-ALZ (4.040 m); AR-CUC-HUA  
(4.280 m); AR-CUC-ISA (4.743 m); AR-  
CUC-SIN (4.450 m); BO-SAJ-HUI (4.567  
m); BO-SAJ-SUM (4.759 m); BO-TUC-  
COP (4.862 m).

### Polygonaceae

#### *Muehlenbeckia tamnifolia* Meisn.

Hábito: Arbusto.

Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PNP-CIA (3.270 m); EC-PNP-CIB  
(3.320 m); EC-PNP-CIC (3.400 m).

### Polygonaceae

#### *Rumex acetosella* L.

Hábito: Hierba.

Cumbres donde se reporta la especie:  
CO-CCY-LGB (4.056 m); CO-CCY-MOL  
(4.411 m); EC-PIC-ING (4.424 m).

### Portulacaceae

#### *Calandrinia acaulis* Kunth

Hábito: Roseta basal.

Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-ALZ (4.040 m); AR-CUC-HUA  
(4.280 m); AR-CUC-ISA (4.743 m); AR-  
CUC-SIN (4.450 m); EC-PIC-PEN (4.584  
m).

## CORNALES

### Loasaceae

#### *Caiophora nivalis* Lillo

Hábito: Roseta basal.

Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-HUA (4.280 m).

## DIPSACALES

### Caprifoliaceae

#### *Phyllactis convallarioides* Schmale

Hábito: Hierba.

Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PNP-CIA (3.270 m).

#### *Phyllactis rigida* (Ruiz & Pav.) Pers.

Hábito: Roseta acaulescente.

Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PIC-CHU (4.394 m); EC-PIC-ING  
(4.424 m); EC-PIC-LDP (4.044 m).

#### *Valeriana microphylla* Kunth

Hábito: Roseta basal.

Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-ANG-CH (4.104 m); EC-PIC-LDP  
(4.044 m); EC-PIC-PEN (4.584 m); EC-  
PNP-CIA (3.270 m); EC-PNP-CIB (3.320  
m); EC-PNP-CIC (3.400 m); PE-PAC-  
IMC (3.076 m); PE-PAC-PVO (3.275 m).

#### *Valeriana nivalis* Wedd.

Hábito: Hierba.

Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-ISA (4.743 m); BO-SAJ-JAS  
(4.931 m).

#### *Valeriana petersenii* Weberl. &

Reese-Krug

Hábito: Roseta.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-SAJ-JAS (4.931 m); BO-SAJ-SUM  
(4.759 m).

**Valeriana plantaginea** Kunth  
Hábito: Roseta basal.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
CO-CCY-CLG (4.331 m); CO-CCY-MOL  
(4.411 m); PE-PAC-EHG (3.519 m).

## ERICALES

### Clethraceae

**Clethra fimbriata** Kunth  
Hábito: Árbol.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
PE-PAC-IMC (3.076 m); PE-PAC-PVO  
(3.275 m).

**Clethra ovalifolia** Turcz.  
Hábito: Árbol.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PNP-CIA (3.270 m).

**Clethra revoluta** Ruiz & Pav.  
Hábito: Árbol.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PNP-CIB (3.320 m); EC-PNP-CIC  
(3.400 m).

### Ericaceae

**Bejaria resinosa** Mutis ex L. f.  
Hábito: Árbol.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
PE-PAC-PVO (3.275 m).

**Disterigma alaternoides** Nied.  
Hábito: Hierba epífita o arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PNP-CIA (3.270 m); EC-PNP-CIB  
(3.320 m); EC-PNP-CIC (3.400 m).

**Disterigma empetrifolium** Nied. ex  
Drude  
Hábito: Arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-ANG-CC (4.059 m); EC-ANG-CH  
(4.104 m); EC-ANG-CN (4.263 m);

EC-ANG-CP (4.166 m); EC-PNP-CIA  
(3.270 m); EC-PNP-CIB (3.320 m);  
EC-PNP-CIC (3.400 m); PE-PAC-HPV  
(3.570 m); PE-PAC-IMC (3.076 m); PE-  
PAC-PVO (3.275 m).

**Disterigma pentandrum** S.F. Blake  
Hábito: Hierba epífita o arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PNP-CIA (3.270 m); EC-PNP-CIB  
(3.320 m); EC-PNP-CIC (3.400 m).

**Gaultheria erecta** Vent.  
Hábito: Arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PNP-CIB (3.320 m); EC-PNP-CIC  
(3.400 m); PE-PAC-IMC (3.076 m); PE-  
PAC-PVO (3.275 m).

**Gaultheria megalodonta** A.C.Sm.  
Hábito: Arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
PE-PAC-HPV (3.570 m).

**Gaultheria reticulata** Kunth  
Hábito: Arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PNP-CIB (3.320 m); EC-PNP-CIC  
(3.400 m); PE-PAC-HPV (3.570 m).

**Gaultheria strigosa** Benth.  
Hábito: Arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PNP-CIB (3.320 m).

**Macleania rupestris** (Kunth) A.C. Sm.  
Hábito: Arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PNP-CIA (3.270 m); EC-PNP-CIB  
(3.320 m); EC-PNP-CIC (3.400 m).

**Pernettya prostrata** (Cav.) Sleumer  
Hábito: Arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
CO-CCY-CAC (4.209 m); CO-CCY-CLG  
(4.331 m); CO-CCY-LGB (4.056 m);  
CO-CCY-MOL (4.411 m); EC-ANG-CC  
(4.059 m); EC-ANG-CH (4.104 m); EC-  
ANG-CN (4.263 m); EC-ANG-CP (4.166  
m); EC-PIC-ING (4.424 m); EC-PIC-LDP  
(4.044 m); EC-PNP-CIA (3.270 m); EC-  
PNP-CIB (3.320 m); EC-PNP-CIC (3.400  
m); PE-PAC-IMC (3.076 m).

**Themistoclesia epiphytica** A. C. Sm.  
Hábito: Arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PNP-CIA (3.270 m); EC-PNP-CIB  
(3.320 m).

**Vaccinium crenatum** (D.Don ex  
Dunal) Sleumer  
Hábito: Arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
PE-PAC-PVO (3.275 m).

**Vaccinium floribundum** Kunth  
Hábito: Arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
CO-CCY-CAC (4.209 m); CO-CCY-CLG  
(4.331 m); CO-CCY-LGB (4.056 m);  
CO-CCY-MOL (4.411 m); EC-PNP-CIA  
(3.270 m); EC-PNP-CIB (3.320 m);  
EC-PNP-CIC (3.400 m); PE-PAC-EHG  
(3.519 m); PE-PAC-HPV (3.570 m);  
PE-PAC-IMC (3.076 m); PE-PAC-PVO  
(3.275 m).

### Myrsinaceae

**Cybianthus marginatus** (Benth.)  
Pipoly  
Hábito: Árbol.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PNP-CIA (3.270 m).

**Geissanthus andinus** Mez in Engl.  
Hábito: Árbol.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PNP-CIA (3.270 m).

**Myrsine dependens** Spreng.  
Hábito: Árbol.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PNP-CIA (3.270 m).

### Symplocaceae

**Symplocos nana** Brand  
Hábito: Arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PNP-CIA (3.270 m).

## FABALES

### Fabaceae

**Adesmia crassicaulis** Phil.  
Hábito: Arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-HUA (4.280 m); AR-CUC-SIN  
(4.450 m).

**Adesmia schickendantzii** Griseb.  
Hábito: Arbusto rastrero.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-ALZ (4.040 m); AR-CUC-SIN  
(4.450 m).

**Adesmia spinosissima** Meyen ex Vogel  
Hábito: Arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-SAJ-HUI (4.567 m).

**Astragalus cryptanthus** Wedd.  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-TUC-WAT (4.650 m).

**Astragalus cryptobotrys** I.M. Johnst.  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-HUA (4.280 m); AR-CUC-SIN  
(4.450 m).

**Astragalus diminutivus** (Phil.)  
Gómez-Sosa  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-TUC-WAT (4.650 m).

**Astragalus geminiflorus** Bonpl.  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PIC-CHU (4.394 m); EC-PIC-ING  
(4.424 m); EC-PIC-PEN (4.584 m).

**Astragalus peruvianus** Vogel  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-ALZ (4.040 m); AR-CUC-HUA  
(4.280 m); AR-CUC-SIN (4.450 m).

**Lupinus microphyllus** Desr.  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PIC-CHU (4.394 m); EC-PIC-ING

(4.424 m); EC-PIC-PEN (4.584 m).

**Lupinus pubescens** Benth.

Hábito: Arbusto.

Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PIC-PEN (4.584 m); PE-PAC-IMC  
(3.076 m).

**Lupinus tauris** Benth.

Hábito: Arbusto.

Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-ANG-CC (4.059 m); EC-ANG-CH  
(4.104 m); EC-ANG-CN (4.263 m);  
PE-PAC-EHG (3.519 m); PE-PAC-HPV  
(3.570 m); PE-PAC-IMC (3.076 m).

**Polygalaceae**

**Monnina arbuscula** Chodat

Hábito: Arbusto.

Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PNP-CIA (3.270 m); EC-PNP-CIB  
(3.320 m); EC-PNP-CIC (3.400 m).

**Monnina crassifolia** Kunth

Hábito: Arbusto.

Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PIC-LDP (4.044 m).

**GENTIANALES**

**Gentianaceae**

**Gentiana sedifolia** Kunth

Hábito: Hierba.

Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-ANG-CC (4.059 m); EC-ANG-CH  
(4.104 m); EC-ANG-CN (4.263 m); EC-  
ANG-CP (4.166 m); EC-PIC-CHU (4.394  
m).

**Gentianella androsacea** J.S. Pringle

Hábito: Hierba terrestre.

Cumbres donde se reporta la especie:  
PE-PAC-HPV (3.570 m); PE-PAC-PVO  
(3.275 m).

**Gentianella corymbosa** (Kunth)

Weaver & Rüdtenberg

Hábito: Hierba.

Cumbres donde se reporta la especie:  
CO-CCY-MOL (4.411 m).

**Gentianella foliosa** (Kunth) Fabris

Hábito: Hierba.

Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PIC-CHU (4.394 m); EC-PIC-ING  
(4.424 m).

**Gentianella selaginifolia** (Griseb.)

Fabris

Hábito: Hierba terrestre.

Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-ANG-CC (4.059 m); EC-ANG-CN  
(4.263 m); EC-ANG-CP (4.166 m).

**Halenia asclepiadea** G. Don

Hábito: Hierba terrestre.

Cumbres donde se reporta la especie:  
CO-CCY-CAC (4.209 m); CO-CCY-CLG  
(4.331 m); CO-CCY-MOL (4.411 m).

**Halenia weddelliana** Gilg.

Hábito: Hierba.

Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-ANG-CC (4.059 m); EC-ANG-CH  
(4.104 m); EC-ANG-CP (4.166 m);  
EC-PIC-CHU (4.394 m); PE-PAC-EHG  
(3.519 m); PE-PAC-HPV (3.570 m); PE-  
PAC-IMC (3.076 m).

**Rubiaceae**

**Arcytophyllum aristatum** Standl.

Hábito: Arbusto.

Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-ANG-CH (4.104 m); EC-ANG-CP  
(4.166 m).

**Arcytophyllum filiforme** (Ruiz & Pav.)

Standl.

Hábito: Hierba.

Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-ANG-CC (4.059 m); EC-ANG-CH  
(4.104 m); EC-ANG-CN (4.263 m).

**Arcytophyllum rivetii** Danguy &

Cherm.

Hábito: Arbusto.

Cumbres donde se reporta la especie:  
PE-PAC-EHG (3.519 m); PE-PAC-HPV  
(3.570 m); PE-PAC-IMC (3.076 m).

**Arcytophyllum setosum** (Ruiz & Pav.)

Standl.

Hábito: Hierba.

Cumbres donde se reporta la especie:

EC-PNP-CIA (3.270 m); EC-PNP-CIB  
(3.320 m); EC-PNP-CIC (3.400 m).

**Arcytophyllum vernicosum** Standl.

Hábito: Arbusto.

Cumbres donde se reporta la especie:  
PE-PAC-EHG (3.519 m); PE-PAC-HPV  
(3.570 m); PE-PAC-PVO (3.275 m).

**Galium corymbosum** Ruiz & Pav.

Hábito: Hierba.

Cumbres donde se reporta la especie:  
CO-CCY-CAC (4.209 m); CO-CCY-LGB  
(4.056 m); PE-PAC-IMC (3.076 m).

**Galium hypocarpium** (L.) Endl. ex  
Griseb.

Hábito: Hierba.

Cumbres donde se reporta la especie:  
CO-CCY-CAC (4.209 m); CO-CCY-CLG  
(4.331 m); CO-CCY-LGB (4.056 m);  
CO-CCY-MOL (4.411 m); EC-PNP-CIA  
(3.270 m).

**Galium plumosum** Rusby

Hábito: Hierba.

Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-SIN (4.450 m).

**Galium pumilio** Standl.

Hábito: Hierba terrestre.

Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PIC-CHU (4.394 m); EC-PIC-ING  
(4.424 m); EC-PIC-LDP (4.044 m).

**Nertera granadensis** Druce

Hábito: Hierba.

Cumbres donde se reporta la especie:  
CO-CCY-CAC (4.209 m); CO-CCY-CLG  
(4.331 m).

**Geraniaceae**

**Geranium ayavacense** Willd. ex Kunth

Hábito: Hierba terrestre.

Cumbres donde se reporta la especie:  
PE-PAC-EHG (3.519 m); PE-PAC-IMC  
(3.076 m).

**Geranium diffusum** Kunth

Hábito: Hierba terrestre.

Cumbres donde se reporta la especie:  
PE-PAC-HPV (3.570 m).

**Geranium humboldtii** Willd. ex

Spreng.

Hábito: Hierba.

Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PIC-CHU (4.394 m); EC-PIC-ING  
(4.424 m).

**Geranium loxense** Halld.-Niels.

Hábito: Hierba terrestre.

Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PNP-CIC (3.400 m).

**Geranium reptans** R. Knuth

Hábito: Hierba.

Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PIC-LDP (4.044 m).

**Geranium sessiliflorum** Cav.

Hábito: Roseta.

Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-ALZ (4.040 m); AR-CUC-HUA  
(4.280 m); AR-CUC-SIN (4.450 m).

**Geranium siboldioides** Benth.

Hábito: Hierba.

Cumbres donde se reporta la especie:  
CO-CCY-CAC (4.209 m); CO-CCY-MOL  
(4.411 m); EC-ANG-CC (4.059 m); EC-  
ANG-CH (4.104 m); EC-ANG-CN (4.263  
m); EC-ANG-CP (4.166 m); EC-PIC-  
LDP (4.044 m).

**Geranium stramineum** Triana &

Planch.

Hábito: Hierba terrestre.

Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-ANG-CN (4.263 m).

**GUNNERALES**

**Gunneraceae**

**Gunnera magellanica** Lam.

Hábito: Hierba.

Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-ANG-CP (4.166 m); EC-PIC-LDP  
(4.044 m).

## LAMIALES

### Calceolariaceae

#### *Calceolaria fusca* Pennell

Hábito: Arbusto.

Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PNP-CIA (3.270 m); EC-PNP-CIB  
(3.320 m); EC-PNP-CIC (3.400 m).

#### *Calceolaria glacialis* Wedd.

Hábito: Hierba.

Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-ALZ (4.040 m); AR-CUC-ISA  
(4.743 m).

#### *Calceolaria mexicana* Benth.

Hábito: Hierba terrestre.

Cumbres donde se reporta la especie:  
PE-PAC-IMC (3.076 m).

#### *Calceolaria microbefaria* Kraenzl.

Hábito: Arbusto.

Cumbres donde se reporta la especie:  
PE-PAC-IMC (3.076 m).

### Calyceraceae

#### *Calycera pulvinata* J. Rémy

Hábito: Roseta basal.

Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-ALZ (4.040 m); AR-CUC-ISA  
(4.743 m).

### Lamiaceae

#### *Clinopodium nubigenum* Kuntze

Hábito: Hierba terrestre.

Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-ANG-CN (4.263 m).

#### *Clinopodium taxifolium* (Kunth)

Govaerts

Hábito: Arbusto.

Cumbres donde se reporta la especie:  
PE-PAC-EHG (3.519 m); PE-PAC-IMC  
(3.076 m).

### Orobanchaceae

#### *Bartsia elongata* Wedd.

Hábito: Hierba.

Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-TUC-WAT (4.650 m).

#### *Bartsia inaequalis* Benth.

Hábito: Hemiparásita.

Cumbres donde se reporta la especie:  
PE-PAC-IMC (3.076 m); PE-PAC-PVO  
(3.275 m).

#### *Bartsia laniflora* Benth. in A. DC.

Hábito: Hierba terrestre.

Cumbres donde se reporta la especie:  
CO-CCY-CLG (4.331 m).

#### *Bartsia laticrenata* Benth.

Hábito: Hierba.

Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-ANG-CC (4.059 m); EC-PIC-CHU  
(4.394 m).

#### *Bartsia stricta* (Kunth) Benth. in A. DC.

Hábito: Hierba terrestre o arbusto.

Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-ANG-CC (4.059 m).

### Plantaginaceae

#### *Bougueria nubicola* Decne.

Hábito: Roseta.

Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-APL-PUN (4.760 m).

#### *Ourisia chamaedrifolia* Benth.

Hábito: Hierba terrestre.

Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-ANG-CC (4.059 m); EC-ANG-CN  
(4.263 m); EC-ANG-CP (4.166 m).

#### *Plantago linearis* Kunth

Hábito: Roseta basal.

Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PIC-CHU (4.394 m).

#### *Plantago orbignyana* subsp. *orbignyana* Decne.

Hábito: Hierba.

Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-TUC-WAT (4.650 m).

#### *Plantago rigida* Kunth

Hábito: Roseta, cojín.

Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-ANG-CN (4.263 m); EC-ANG-CP  
(4.166 m); EC-PIC-CHU (4.394 m).

#### *Plantago sericea* Ruiz & Pav.

Hábito: Hierba terrestre.

Cumbres donde se reporta la especie:  
CO-CCY-LGB (4.056 m); CO-CCY-MOL  
(4.411 m); EC-PIC-CHU (4.394 m); EC-  
PIC-ING (4.424 m).

#### *Plantago sericea* subsp. *polyclada*

(Pilg.) Rahn

Hábito: Roseta.

Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-APL-PUN (4.760 m).

#### *Plantago sericea* subsp. *sericans* Ruiz & Pav.

Hábito: Roseta.

Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-APL-PUN (4.760 m); BO-APL-SOC  
(4.500 m); BO-TUC-WAT (4.650 m).

#### *Plantago sericea* var. *sericea*

Hábito: Roseta basal.

Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-ALZ (4.040 m); AR-CUC-HUA  
(4.280 m).

#### *Sibthorpia repens* (L.) Kuntze

Hábito: Hierba terrestre.

Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-ANG-CC (4.059 m); EC-ANG-CH  
(4.104 m).

### Scrophulariaceae

#### *Castilleja fissifolia* L. f.

Hábito: Hierba.

Cumbres donde se reporta la especie:  
CO-CCY-CAC (4.209 m); CO-CCY-MOL  
(4.411 m).

#### *Castilleja integrifolia* L. f.

Hábito: Hierba terrestre.

Cumbres donde se reporta la especie:  
CO-CCY-CAC (4.209 m); CO-CCY-LGB  
(4.056 m); CO-CCY-MOL (4.411 m).

#### *Castilleja nubigena* Kunth

Hábito: Hierba.

Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PIC-LDP (4.044 m).

### Verbenaceae

#### *Junellia digitata* (Phil.) Moldenke

Hábito: Cojín.

Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-ISA (4.743 m).

## LILIALES

### Alstroemeriaceae

#### *Bomarea brachysepala* Benth.

Hábito: Hierba terrestre.

Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PNP-CIA (3.270 m); EC-PNP-CIB  
(3.320 m); EC-PNP-CIC (3.400 m).

#### *Bomarea dissitifolia* Baker

Hábito: Bejuco.

Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PNP-CIB (3.320 m); EC-PNP-CIC  
(3.400 m).

#### *Bomarea distichifolia* (Ruiz & Pav.)

Baker

Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PNP-CIA (3.270 m); EC-PNP-CIB  
(3.320 m).

#### *Bomarea glaucescens* (Kunth) Baker

Hábito: Hierba terrestre.

Cumbres donde se reporta la especie:  
PE-PAC-EHG (3.519 m).

#### *Bomarea setacea* (Ruiz & Pav.) Herb.

Hábito: Bejuco.

Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PNP-CIA (3.270 m); EC-PNP-CIB  
(3.320 m); EC-PNP-CIC (3.400 m).

## MALPIGHIALES

### Hypericaceae

#### *Hypericum lancioides* Cuatrec.

Hábito: Arbusto.

Cumbres donde se reporta la especie:

EC-ANG-CP (4.166 m); EC-PNP-CIA (3.270 m); EC-PNP-CIC (3.400 m); PE-PAC-EHG (3.519 m); PE-PAC-HPV (3.570 m); PE-PAC-IMC (3.076 m).

***Hypericum laricifolium*** Juss.

Hábito: Arbusto.

Cumbres donde se reporta la especie: PE-PAC-EHG (3.519 m); PE-PAC-HPV (3.570 m); PE-PAC-IMC (3.076 m); PE-PAC-PVO (3.275 m).

***Hypericum sprucei*** N. Robson

Hábito: Arbusto.

Cumbres donde se reporta la especie: EC-ANG-CN (4.263 m); PE-PAC-EHG (3.519 m).

Violaceae

***Viola glandularis*** H. E. Ballard & P.

Jørg.

Hábito: Hierba terrestre.

Cumbres donde se reporta la especie: EC-ANG-CH (4.104 m).

***Viola pygmaea*** Juss. ex Poir.

Hábito: Hierba terrestre.

Cumbres donde se reporta la especie: BO-TUC-WAT (4.650 m).

***Viola rodriguezii*** W. Becker

Hábito: Roseta basal.

Cumbres donde se reporta la especie: AR-CUC-ALZ (4.040 m); AR-CUC-HUA (4.280 m).

***Viola tucumanensis*** W. Becker

Hábito: Roseta basal.

Cumbres donde se reporta la especie: AR-CUC-ALZ (4.040 m).

MALVALES

**Malvaceae**

***Acaulimalva purdiaei*** (A.Gray)

Krapov.

Hábito: Hierba.

Cumbres donde se reporta la especie: CO-CCY-CAC (4.209 m); CO-CCY-MOL (4.411 m).

***Nototriche anthemidifolia*** (J. Rémy)

A.W. Hill

Hábito: Roseta basal.

Cumbres donde se reporta la especie: AR-CUC-SIN (4.450 m).

***Nototriche caesia*** A.W. Hill

Hábito: Roseta basal.

Cumbres donde se reporta la especie: AR-CUC-HUA (4.280 m); AR-CUC-ISA (4.743 m); AR-CUC-SIN (4.450 m).

***Nototriche flabellata*** (Wedd.) A.W.

Hill

Hábito: Roseta.

Cumbres donde se reporta la especie: BO-APL-MIT (5.050 m); BO-APL-MOR (5.195 m).

***Nototriche phyllanthos*** (Cav.) A. W.

Hill

Hábito: Hierba terrestre.

Cumbres donde se reporta la especie: EC-PIC-CHU (4.394 m); EC-PIC-ING (4.424 m); EC-PIC-PEN (4.584 m).

***Nototriche pulverulenta*** B.L. Burt &

A.W. Hill

Hábito: Roseta.

Cumbres donde se reporta la especie: BO-SAJ-PAC (4.192 m).

***Nototriche purpurascens*** A.W. Hill

Hábito: Roseta.

Cumbres donde se reporta la especie: BO-APL-SOC (4.500 m).

***Nototriche rugosa*** (Phil.) A.W. Hill

Hábito: Roseta.

Cumbres donde se reporta la especie: BO-SAJ-PAC (4.192 m).

***Nototriche turritella*** A.W. Hill

Hábito: Roseta.

Cumbres donde se reporta la especie: BO-SAJ-PAC (4.192 m); BO-SAJ-SUM (4.759 m).

***Tarasa tenella*** (Cav.) Krapov.

Hábito: Hierba.

Cumbres donde se reporta la especie: AR-CUC-HUA (4.280 m); BO-SAJ-PAC (4.192 m).

MYRTALES

**Melastomataceae**

***Brachyotum alpinum*** Cogn.

Hábito: Arbusto.

Cumbres donde se reporta la especie: PE-PAC-IMC (3.076 m).

***Brachyotum benthamianum*** Triana

Hábito: Arbusto.

Cumbres donde se reporta la especie: PE-PAC-IMC (3.076 m); PE-PAC-PVO (3.275 m).

***Brachyotum campii*** Wurdack

Hábito: Arbusto.

Cumbres donde se reporta la especie: EC-PNP-CIB (3.320 m).

***Meriania sanguinea*** Wurdack

Hábito: Arbusto.

Cumbres donde se reporta la especie: EC-PNP-CIA (3.270 m).

***Miconia chionophila*** Naudin

Hábito: Arbusto.

Cumbres donde se reporta la especie: EC-ANG-CN (4.263 m); EC-ANG-CP (4.166 m); PE-PAC-EHG (3.519 m); PE-PAC-HPV (3.570 m).

***Miconia dodsonii*** Wurdack

Hábito: Árbol.

Cumbres donde se reporta la especie: EC-PNP-CIA (3.270 m); EC-PNP-CIB (3.320 m).

***Miconia ligustrina*** (Sm.) Triana

Hábito: Árbol.

Cumbres donde se reporta la especie: EC-PNP-CIA (3.270 m); EC-PNP-CIB (3.320 m).

***Miconia stenophylla*** Wurdack

Hábito: Arbusto.

Cumbres donde se reporta la especie: EC-PNP-CIB (3.320 m); EC-PNP-CIC (3.400 m).

**Montiaceae**

***Montiopsis modesta*** (Phil.) D.I. Ford

Hábito: Hierba.

Cumbres donde se reporta la especie: AR-CUC-HUA (4.280 m); AR-CUC-ISA (4.743 m).

**Myrtaceae**

***Myrteola nummularia*** (Poir.) O. Berg

Hábito: Arbusto.

Cumbres donde se reporta la especie: PE-PAC-EHG (3.519 m); PE-PAC-HPV (3.570 m).

**Onagraceae**

***Oenothera epilobiifolia*** Kunth

Hábito: Hierba terrestre.

Cumbres donde se reporta la especie: CO-CCY-CAC (4.209 m).

***Oenothera nana*** Griseb.

Hábito: Roseta basal.

Cumbres donde se reporta la especie: AR-CUC-HUA (4.280 m).

OXALIDALES

**Cunoniaceae**

***Weinmannia fagaroides*** Kunth

Hábito: Árbol.

Cumbres donde se reporta la especie: EC-PNP-CIA (3.270 m); EC-PNP-CIB (3.320 m); EC-PNP-CIC (3.400 m); PE-PAC-IMC (3.076 m); PE-PAC-PVO (3.275 m).

**Oxalidaceae**

***Oxalis elegans*** Kunth

Hábito: Hierba terrestre.

Cumbres donde se reporta la especie: EC-PNP-CIA (3.270 m); EC-PNP-CIC (3.400 m); PE-PAC-EHG (3.519 m); PE-PAC-HPV (3.570 m); PE-PAC-PVO (3.275 m).

***Oxalis oreocharis*** Diels  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
CO-CCY-CLG (4.331 m); CO-CCY-MOL  
(4.411 m).

***Oxalis spiralis*** G. Don  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PNP-CIA (3.270 m); EC-PNP-CIB  
(3.320 m); EC-PNP-CIC (3.400 m).

## POALES

### Bromeliaceae

***Pitcairnia pungens*** Kunth  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PNP-CIB (3.320 m).

***Puya hamata*** L. B. Sm.  
Hábito: Roseta basal.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-ANG-CC (4.059 m); EC-ANG-CH  
(4.104 m).

***Puya maculata*** L. B. Sm.  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PNP-CIA (3.270 m); EC-PNP-CIC  
(3.400 m); PE-PAC-EHG (3.519 m);  
PE-PAC-HPV (3.570 m); PE-PAC-PVO  
(3.275 m).

***Puya nitida*** Mez  
Hábito: Roseta caulescente.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PNP-CIA (3.270 m); EC-PNP-CIC  
(3.400 m).

***Puya parviflora*** L. B. Sm.  
Hábito: Roseta caulescente.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PNP-CIC (3.400 m).

***Tillandsia aequatorialis*** L. B. Sm.  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PNP-CIA (3.270 m); EC-PNP-CIB  
(3.320 m); EC-PNP-CIC (3.400 m).

### Cyperaceae

***Carex pichinchensis*** Kunth  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-ANG-CC (4.059 m); EC-ANG-CH  
(4.104 m); EC-ANG-CN (4.263 m); EC-  
ANG-CP (4.166 m).

***Carex pygmaea*** Boeck.  
Hábito: Hierba, macolla<sup>1</sup>.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PIC-CHU (4.394 m).

***Oreobolus ecuadorensis*** T. Koyama  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-ANG-CN (4.263 m); EC-ANG-CP  
(4.166 m).

***Oreobolus goeppingeri*** Suess.  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-ANG-CH (4.104 m); EC-ANG-CP  
(4.166 m).

***Rhynchospora hieronymi*** Boeckeler  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-ANG-CH (4.104 m); EC-ANG-CP  
(4.166 m).

***Rhynchospora ruiziana*** Boeckeler  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
CO-CCY-LGB (4.056 m); EC-ANG-CP  
(4.166 m).

***Rhynchospora vulcani*** Boeck.  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PNP-CIA (3.270 m); EC-PNP-CIB  
(3.320 m); EC-PNP-CIC (3.400 m);  
PE-PAC-EHG (3.519 m); PE-PAC-HPV  
(3.570 m); PE-PAC-IMC (3.076 m); PE-  
PAC-PVO (3.275 m).

***Trichophorum rigidum*** (Boeck.)  
Goetgh., Muasya & D.A. Simpson  
Hábito: Hierba, macolla.

<sup>1</sup> El término macolla (páramo) equivale a mata (puna).

Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-APL-SOC (4.500 m).

***Uncinia macrolepis*** Decne.  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-ANG-CC (4.059 m); EC-ANG-CN  
(4.263 m); EC-ANG-CP (4.166 m).

***Uncinia paludosa*** G. A. Wheeler &  
Goetgh.  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-ANG-CN (4.263 m).

***Uncinia tenuis*** Poepp. ex Kunth  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-ANG-CH (4.104 m); EC-ANG-CN  
(4.263 m); EC-ANG-CP (4.166 m).

### Eriocaulaceae

***Eriocaulon microcephalum*** Kunth  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
PE-PAC-HPV (3.570 m); PE-PAC-PVO  
(3.275 m).

### Juncaceae

***Luzula ecuadoriensis*** Balslev  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PIC-PEN (4.584 m).

***Luzula gigantea*** Desv.  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-ANG-CN (4.263 m).

***Luzula racemosa*** Desv.  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-APL-PUN (4.760 m); BO-APL-SOC  
(4.500 m); BO-TUC-WAT (4.650 m);  
CO-CCY-CAC (4.209 m); CO-CCY-CLG  
(4.331 m); CO-CCY-LGB (4.056 m); CO-  
CCY-MOL (4.411 m).

***Luzula racemosa*** var. ***racemosa***  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:

EC-PIC-CHU (4.394 m); EC-PIC-ING  
(4.424 m).

### Poaceae

***Aciachne acicularis*** Lægaard  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
CO-CCY-LGB (4.056 m).

***Aciachne flagellifera*** Lægaard  
Hábito: Hierba, cojín.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-ANG-CC (4.059 m); EC-ANG-CH  
(4.104 m); EC-ANG-CN (4.263 m); EC-  
ANG-CP (4.166 m).

***Aciachne pulvinata*** Benth.  
Hábito: Hierba, cojín.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-APL-SOC (4.500 m).

***Agrostis boyacensis*** Swallen & Garcia-Barr.  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
CO-CCY-CAC (4.209 m); CO-CCY-CLG  
(4.331 m); CO-CCY-LGB (4.056 m); CO-  
CCY-MOL (4.411 m).

***Agrostis breviculmis*** Hitchc.  
Hábito: Hierba, macolla  
Cumbres donde se reporta la especie:  
CO-CCY-CLG (4.331 m); CO-CCY-MOL  
(4.411 m); EC-PIC-CHU (4.394 m).

***Agrostis foliata*** Hook. f.  
Hábito: Hierba, macolla  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-ANG-CN (4.263 m); EC-ANG-CP  
(4.166 m).

***Agrostis toluensis*** Kunth  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-APL-SOC (4.500 m); BO-TUC-WAT  
(4.650 m); EC-PIC-PEN (4.584 m).

***Agrostis trichoides*** (Kunth) Roem. &  
Schult.  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
CO-CCY-CAC (4.209 m); CO-CCY-CLG  
(4.331 m); CO-CCY-LGB (4.056 m); CO-  
CCY-MOL (4.411 m).

**Anatherostipa mucronata** (Griseb.) F. Rojas  
Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-SIN (4.450 m).

**Anthochloa lepidula** Nees & Meyen  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-APL-PUN (4.760 m).

**Bromus lanatus** Kunth  
Hábito: Hierba, macolla  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PIC-LDP (4.044 m); EC-PIC-PEN  
(4.584 m).

**Calamagrostis<sup>2</sup> effusa** (Kunth) Steud.  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-ANG-CC (4.059 m); EC-ANG-CH  
(4.104 m); EC-ANG-CN (4.263 m); EC-  
ANG-CP (4.166 m).

**Calamagrostis<sup>2</sup> fibrovaginata** Lægaard  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-ANG-CN (4.263 m); EC-PIC-ING  
(4.424 m).

**Calamagrostis<sup>2</sup> guamanensis** Escalona  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-ANG-CN (4.263 m); EC-ANG-CP  
(4.166 m).

**Calamagrostis<sup>2</sup> intermedia** (J. Presl.)  
Steud.  
Hábito: Hierba, macolla  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-ANG-CC (4.059 m); EC-ANG-CH  
(4.104 m); EC-ANG-CN (4.263 m); EC-  
ANG-CP (4.166 m); EC-PIC-CHU (4.394  
m); EC-PIC-ING (4.424 m); EC-PIC-LDP  
(4.044 m); PE-PAC-EHG (3.519 m);  
PE-PAC-HPV (3.570 m); PE-PAC-IMC  
(3.076 m); PE-PAC-PVO (3.275 m).

**Calamagrostis<sup>2</sup> macrophylla** (Pilg.)  
Pilg.  
Hábito: Hierba terrestre.

Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-ANG-CN (4.263 m); EC-PNP-CIA  
(3.270 m); EC-PNP-CIB (3.320 m); EC-  
PNP-CIC (3.400 m).

**Calamagrostis<sup>2</sup> planifolia** (Kunth)  
Trin. ex Steud.  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-ANG-CH (4.104 m).

**Chusquea nana** (L.G. Clark) L.G. Clark  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PNP-CIC (3.400 m).

**Chusquea neurophylla** L.G. Clark  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PNP-CIA (3.270 m); EC-PNP-CIB  
(3.320 m); EC-PNP-CIC (3.400 m).

**Cortaderia bifida** Pilg.  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PNP-CIC (3.400 m).

**Cortaderia jubata** Stapf  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PNP-CIB (3.320 m).

**Deyeuxia<sup>3</sup> breviaristata** Wedd.  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-SAJ-HUI (4.567 m); BO-SAJ-PAC  
(4.192 m).

**Deyeuxia<sup>3</sup> colorata** Beetle  
Hábito: Hierba, macolla  
Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-ALZ (4.040 m).

**Deyeuxia<sup>3</sup> curta** var. **longearistata**  
Türpe  
Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-HUA (4.280 m); AR-CUC-ISA  
(4.743 m); AR-CUC-SIN (4.450 m).

**Deyeuxia<sup>3</sup> curvula** Wedd.  
Hábito: Hierba.

Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-HUA (4.280 m); AR-CUC-SIN  
(4.450 m).

**Deyeuxia<sup>3</sup> deserticola** var. **deserticola**  
Phil.  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-SIN (4.450 m).

**Deyeuxia<sup>3</sup> filifolia** var. **festucoides**  
(Wedd.) Rúgolo & X. Villavicencio  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-APL-PUN (4.760 m); BO-APL-SOC  
(4.500 m); BO-TUC-WAT (4.650 m).

**Deyeuxia<sup>3</sup> filifolia** var. **filifolia** Wedd.  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-APL-SOC (4.500 m); BO-TUC-WAT  
(4.650 m).

**Deyeuxia<sup>3</sup> heterophylla** Wedd.  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-HUA (4.280 m); AR-CUC-SIN  
(4.450 m); BO-APL-SOC (4.500 m); BO-  
TUC-WAT (4.650 m).

**Deyeuxia<sup>3</sup> lagurus** Wedd.  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-APL-PUN (4.760 m); BO-APL-SOC  
(4.500 m); BO-SAJ-HUI (4.567 m); BO-  
SAJ-JAS (4.931 m); BO-SAJ-SUM (4.759  
m); BO-TUC-PAT (5.058 m).

**Deyeuxia<sup>3</sup> minima** (Pilg.) Rúgolo  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-APL-MIT (5.050 m); BO-APL-PUN  
(4.760 m); BO-APL-SOC (4.500 m); BO-  
TUC-COP (4.862 m).

**Deyeuxia<sup>3</sup> nardifolia** (Griseb.) Phil.  
Hábito: Hierba, macolla  
Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-HUA (4.280 m); AR-CUC-ISA  
(4.743 m).

**Deyeuxia<sup>3</sup> spicigera** J. Presl  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-SAJ-JAS (4.931 m).

**Deyeuxia<sup>3</sup> vicunarum** Wedd.  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-HUA (4.280 m); AR-CUC-SIN  
(4.450 m); BO-APL-PUN (4.760 m);  
BO-APL-SOC (4.500 m).

**Dielsiochloa floribunda** (Pilg.) Pilg.  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-SAJ-JAS (4.931 m).

**Dissanthelium macusaniense** (E.H.L.  
Krause) R.C. Foster & L.B. Sm.  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-TUC-WAT (4.650 m).

**Festuca andicola** Kunth  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-ANG-CP (4.166 m).

**Festuca asplundii** E.B. Alexeev  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-ANG-CC (4.059 m); EC-ANG-CH  
(4.104 m).

**Festuca densipaniculata** E.B. Alexeev  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-ANG-CN (4.263 m).

**Festuca dolichophylla** J. Presl  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-TUC-WAT (4.650 m).

**Festuca eriostoma** Hack.  
Hábito: Hierba, macolla  
Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-ALZ (4.040 m); AR-CUC-SIN  
(4.450 m).

**Festuca glumosa** Hack. ex E. B. Alexeev  
Hábito: Hierba, macolla  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PIC-PEN (4.584 m).

**Festuca nardifolia** Griseb.  
Hábito: Hierba, macolla  
Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-HUA (4.280 m); AR-CUC-ISA  
(4.743 m).

<sup>2</sup> Para la presente lista, los sitios de páramo han mantenido estas especies dentro del género *Calamagrostis*, mientras que en la puna las especies han sido incluidas en *Deyeuxia*.

<sup>3</sup> Para la presente lista, los sitios de puna han mantenido estas especies dentro del género *Deyeuxia*, mientras que en el páramo las especies han sido incluidas en *Calamagrostis*.

**Festuca orthophylla** Pilg.  
Hábito: Hierba, macolla.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-HUA (4.280 m); BO-SAJ-HUI  
(4.567 m); BO-SAJ-PAC (4.192 m); BO-  
SAJ-SUM (4.759 m).

**Festuca rigescens** (J. Presl) Kunth  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-APL-PUN (4.760 m); BO-APL-SOC  
(4.500 m); BO-TUC-WAT (4.650 m).

**Koeleria kurtzii** Hack. ex Kurtz  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-ISA (4.743 m); AR-CUC-SIN  
(4.450 m); BO-TUC-WAT (4.650 m).

**Koeleria permollis** Nees ex Steud.  
Hábito: Hierba, macolla  
Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-HUA (4.280 m).

**Muhlenbergia fastigiata** (J. Presl)  
Henrard  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
CO-CCY-LGB (4.056 m).

**Muhlenbergia peruviana** (P. Beauv.)  
Steud.  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-HUA (4.280 m); BO-APL-MIT  
(5.050 m); BO-SAJ-PAC (4.192 m).

**Nassella rupestris** (Phil.) Torres  
Hábito: Hierba, macolla  
Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-ALZ (4.040 m); AR-CUC-HUA  
(4.280 m).

**Neurolepis asymmetrica** L.G. Clark  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PNP-CIA (3.270 m); EC-PNP-CIB  
(3.320 m); EC-PNP-CIC (3.400 m);  
PE-PAC-EHG (3.519 m); PE-PAC-HPV  
(3.570 m).

**Paspalum bonplandianum** Flügge  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
CO-CCY-CAC (4.209 m); PE-PAC-EHG

(3.519 m); PE-PAC-HPV (3.570 m); PE-  
PAC-IMC (3.076 m).

**Poa annua** L.  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-ANG-CP (4.166 m).

**Poa calchaquiensis** Hack.  
Hábito: Hierba, macolla  
Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-ALZ (4.040 m); AR-CUC-SIN  
(4.450 m).

**Poa cucullata** Hack.  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PIC-CHU (4.394 m); EC-PIC-ING  
(4.424 m); EC-PIC-PEN (4.584 m).

**Poa glaberrima** Tovar  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-APL-PUN (4.760 m).

**Poa gymnantha** Pilg.  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-TUC-COP (4.862 m); BO-TUC-PAT  
(5.058 m); BO-TUC-WAT (4.650 m).

**Poa humillima** Pilg.  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-ISA (4.743 m).

**Poa kurtzii** R.E. Fr.  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-SIN (4.450 m).

**Poa lilloi** Hack.  
Hábito: Hierba, macolla  
Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-ISA (4.743 m).

**Poa parviceps** Hack.  
Hábito: Hierba, macolla  
Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-ISA (4.743 m).

**Poa pauciflora** Roem. & Schult.  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-ANG-CC (4.059 m).

**Poa perligulata** Pilg.  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-APL-PUN (4.760 m); BO-APL-SOC  
(4.500 m).

**Poa trivialis** L.  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
CO-CCY-CLG (4.331 m); CO-CCY-MOL  
(4.411 m).

**Stipa brachyphylla** Hitchc.  
Hábito: Mata.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-SAJ-SUM (4.759 m).

**Stipa hans-meyeri** Pilg.  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-APL-PUN (4.760 m); BO-APL-SOC  
(4.500 m); BO-TUC-WAT (4.650 m).

**Stipa ichu** (Ruiz & Pav.) Kunth  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-ANG-CC (4.059 m); EC-ANG-CH  
(4.104 m).

**Stipa leptostachya** Griseb.  
Hábito: Hierba, macolla.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-SAJ-HUI (4.567 m); BO-SAJ-SUM  
(4.759 m).

**Stipa nardoides** (Phil.) Hack. ex  
Hitchc.  
Hábito: Hierba, macolla.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-APL-SOC (4.500 m); BO-TUC-WAT  
(4.650 m).

## Xyridaceae

**Xyris subulata** Ruiz & Pav.  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PNP-CIA (3.270 m); EC-PNP-CIC  
(3.400 m); PE-PAC-EHG (3.519 m);  
PE-PAC-HPV (3.570 m); PE-PAC-IMC  
(3.076 m); PE-PAC-PVO (3.275 m).

## PROTEALES

### Proteaceae

**Lomatia hirsuta** (Lam.) Diels  
Hábito: Árbol.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
PE-PAC-IMC (3.076 m); PE-PAC-PVO  
(3.275 m).

## RANUNCULALES

### Ranunculaceae

**Ranunculus praemorsus** Kunth ex DC.  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PIC-LDP (4.044 m).

## ROSALES

### Rosaceae

**Acaena cylindristachya** Ruiz & Pav.  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
CO-CCY-CAC (4.209 m); CO-CCY-CLG  
(4.331 m); CO-CCY-LGB (4.056 m).

**Hesperomeles lanuginosa** Ruiz & Pav.  
ex Hook.  
Hábito: Árbol, arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
PE-PAC-IMC (3.076 m).

**Hesperomeles obtusifolia** (Pers.) Lindl.  
Hábito: Árbol, arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PNP-CIB (3.320 m); EC-PNP-CIC  
(3.400 m).

**Lachemilla hispidula** (L. M. Perry)  
Rothm.  
Hábito: Roseta acaulescente.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-ANG-CN (4.263 m); EC-ANG-CP  
(4.166 m); EC-PIC-CHU (4.394 m).

**Lachemilla holosericea** (L. M. Perry)  
Rothm.

Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-ANG-CN (4.263 m).

***Lachemilla nivalis*** (Kunth) Rothm.  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
CO-CCY-CAC (4.209 m); EC-ANG-CC  
(4.059 m); EC-ANG-CH (4.104 m); EC-  
ANG-CN (4.263 m); EC-ANG-CP (4.166  
m); EC-PIC-ING (4.424 m); PE-PAC-  
EHG (3.519 m).

***Lachemilla orbiculata*** (Ruiz & Pav.)  
Rydb.  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PIC-CHU (4.394 m); EC-PIC-ING  
(4.424 m); EC-PIC-LDP (4.044 m).

***Lachemilla pinnata*** (Ruiz & Pav.)  
Rothm.  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-HUA (4.280 m); AR-CUC-SIN  
(4.450 m); BO-APL-SOC (4.500 m); BO-  
TUC-WAT (4.650 m).

***Lachemilla uniflora*** Maguire  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-ANG-CC (4.059 m); EC-ANG-CH  
(4.104 m); EC-ANG-CN (4.263 m); EC-  
ANG-CP (4.166 m).

***Lachemilla vulcanica*** (Schltdl. &  
Cham.) Rydb.  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PIC-LDP (4.044 m).

***Polylepis tarapacana*** Phil.  
Hábito: Árbol, arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-SAJ-HUI (4.567 m); BO-SAJ-JAS  
(4.931 m); BO-SAJ-SUM (4.759 m).

***Rubus laegaardii*** Romol.  
Hábito: Arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PNP-CIA (3.270 m); EC-PNP-CIB  
(3.320 m); EC-PNP-CIC (3.400 m).

***Tetraglochin cristatum*** (Britton)  
Rothm.  
Hábito: Arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-ALZ (4.040 m); BO-SAJ-PAC  
(4.192 m).

***Tetraglochin inermis*** (I.M. Johnst.)  
Rothm.  
Hábito: Cojín.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
AR-CUC-ALZ (4.040 m); AR-CUC-HUA  
(4.280 m).

## SAXIFRAGALES

### Crassulaceae

***Echeveria bicolor*** (Kunth) E. Walther  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
CO-CCY-CLG (4.331 m); CO-CCY-MOL  
(4.411 m).

### Grossulariaceae

***Escallonia myrtilloides*** L. f.  
Hábito: Árbol, arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PNP-CIB (3.320 m); EC-PNP-CIC  
(3.400 m).

# Anexo II: Especies potencialmente presentes o por confirmar en los sitios de monitoreo de la Red GLORIA-Andes

PRISCILLA MURIEL, STEPHAN BECK, NATALI THOMPSON,  
FRANCISCO CUESTA, EDITORES

## PTERIDOPHYTA

Cumbres donde se reporta la especie:  
CO-CCY-MOL (4.411 m).

## LYCOPODIALES

### Lycopodiaceae

***Huperzia* cf. *columnaris*** B.Øllg.  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
PE-PAC-HPV (3.570 m); PE-PAC-PVO  
(3.275 m).

***Huperzia* cf. *crassa*** (Humb. & Bonpl.  
ex Willd.) Rothm.  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PIC-CHU (4.394 m).

## POLYPODIALES

### Aspleniaceae

***Asplenium* aff. *castaneum*** Schltdl. &  
Cham.  
Hábito: Hierba terrestre.

### Dryopteridaceae

***Elaphoglossum* aff. *matheusii*** (Fée) T.  
Moore  
Hábito: Hierba terrestre o epífita.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
CO-CCY-CLG (4.331 m).

***Polystichum* aff. *polyphyllum*** (C.Presl)  
C.Presl  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
CO-CCY-MOL (4.411 m).

### Pteridaceae

***Jamesonia* cf. *goudotii*** (Hieron.)  
C.Chr.  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
PE-PAC-EHG (3.519 m); PE-PAC-PVO  
(3.275 m).

## ANGIOSPERMAE

### ASPARAGALES

#### Orchidaceae

*Aa* aff. *maderoi* Schltr.  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PIC-CHU (4.394 m); EC-PIC-ING  
(4.424 m); EC-PIC-PEN (4.584 m).

### ASTERALES

#### Asteraceae

*Pentacalia* cf. *zamorana* H. Rob. &  
Cuatrec.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PNP-CIB (3.320 m); EC-PNP-CIC  
(3.400 m).

#### Campanulaceae

*Lobelia* aff. *nana* Kunth  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PIC-LDP (4.044 m).

### BRASSICALES

#### Brassicaceae

*Draba* cf. *inquisiviana* Al-Shehbaz  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-APL-PUN (4.760 m).

### CARYOPHYLLALES

#### Caryophyllaceae

*Arenaria* aff. *musciiformis* Triana &  
Planch.  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:

CO-CCY-CAC (4.209 m); CO-CCY-CLG  
(4.331 m); CO-CCY-LGB (4.056 m).

*Cerastium* aff. *arvense* L.  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
CO-CCY-CAC (4.209 m).

*Cerastium* cf. *imbricatum* Kunth  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PIC-CHU (4.394 m).

*Paronychia* cf. *cabreræ* Chaudhri  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-APL-SOC (4.500 m).

*Paronychia* cf. *mandoniana* Rohrb.  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-APL-PUN (4.760 m); BO-APL-SOC  
(4.500 m).

#### Portulacaceae

*Calandrinia* cf. *colchaguensis*  
Barneoud  
Hábito: Roseta.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-APL-SOC (4.500 m).

### ERICALES

#### Ericaceae

*Vaccinium* aff. *floribundum* Kunth  
Hábito: Arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
CO-CCY-CLG (4.331 m); CO-CCY-LGB  
(4.056 m).

### GENTIANALES

#### Gentianaceae

*Halenia* aff. *gentianoides* Wedd.  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
CO-CCY-CAC (4.209 m).

### LAMIALES

#### Lentibulariaceae

*Pinguicula* cf. *calytrata* Kunth  
Hábito: Roseta acaulescente.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PIC-PEN (4.584 m).

#### Orobanchaceae

*Bartsia* aff. *santolinifolia* (Kunth.)  
Benth.  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
CO-CCY-CAC (4.209 m); CO-CCY-CLG  
(4.331 m); CO-CCY-LGB (4.056 m); CO-  
CCY-MOL (4.411 m).

#### Scrophulariaceae

*Castilleja* aff. *arvensis* Cham. &  
Schltdl.  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
CO-CCY-CAC (4.209 m); CO-CCY-MOL  
(4.411 m).

### MALPIGHIALES

#### Hypericaceae

*Hypericum* aff. *laricifolium* Juss.  
Hábito: Arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
CO-CCY-CAC (4.209 m); CO-CCY-CLG  
(4.331 m); CO-CCY-LGB (4.056 m).

*Hypericum* aff. *mexicanum* L.  
Hábito: Arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
CO-CCY-CAC (4.209 m); CO-CCY-CLG  
(4.331 m); CO-CCY-LGB (4.056 m).

### MALVALES

#### Malvaceae

*Nototriche* cf. *pellicea* A.W. Hill  
Hábito: Roseta.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-APL-PUN (4.760 m); BO-APL-SOC  
(4.500 m).

### MYRTALES

#### Melastomataceae

*Miconia* aff. *rotundifolia* (D. Don)  
Naudin  
Hábito: Arbusto.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PNP-CIC (3.400 m).

### POALES

#### Poaceae

*Agrostis* cf. *tolucensis* Kunth  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
EC-PIC-CHU (4.394 m).

*Bromus* aff. *lanatus* Kunth  
Hábito: Hierba, macolla  
Cumbres donde se reporta la especie:  
CO-CCY-LGB (4.056 m).

*Calamagrostis* aff. *effusa* (Kunth)  
Steud.  
Hábito: Hierba terrestre.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
CO-CCY-CAC (4.209 m); CO-CCY-CLG  
(4.331 m); CO-CCY-LGB (4.056 m); CO-  
CCY-MOL (4.411 m).

*Deyeuxia* aff. *cabreræ* (Parodi) Parodi  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-SAJ-JAS (4.931 m).

*Deyeuxia* aff. *curvula* Wedd.  
Hábito: Hierba.  
Cumbres donde se reporta la especie:  
BO-SAJ-SUM (4.759 m).

*Deyeuxia* cf. *curvula* Wedd.

Hábito: Hierba.

Cumbres donde se reporta la especie:

BO-TUC-WAT (4.650 m).

*Deyeuxia* cf. *heterophylla* Wedd.

Hábito: Hierba.

Cumbres donde se reporta la especie:

BO-TUC-WAT (4.650 m).

*Poa* aff. *orthophylla* Pilg.

Hábito: Hierba.

Cumbres donde se reporta la especie:

CO-CCY-CAC (4.209 m); CO-CCY-CLG  
(4.331 m); CO-CCY-MOL (4.411 m).

## ROSALES

### **Rosaceae**

*Lachemilla* aff. *aphanoides* (Mutis ex

L. f.) Rothm.

Hábito: Hierba.

Cumbres donde se reporta la especie:

CO-CCY-CAC (4.209 m); CO-CCY-CLG  
(4.331 m); CO-CCY-LGB (4.056 m); CO-  
CCY-MOL (4.411 m).

*Lachemilla* aff. *polylepis* (Wedd.)

Rothm.

Hábito: Arbusto.

Cumbres donde se reporta la especie:

CO-CCY-CLG (4.331 m); CO-CCY-LGB  
(4.056 m).

RED ANDINA DE MONITOREO DEL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO  
 SOBRE LA BIODIVERSIDAD DE ALTA MONTAÑA (GLORIA – Andes)

[www.condesan.org/gloria](http://www.condesan.org/gloria)

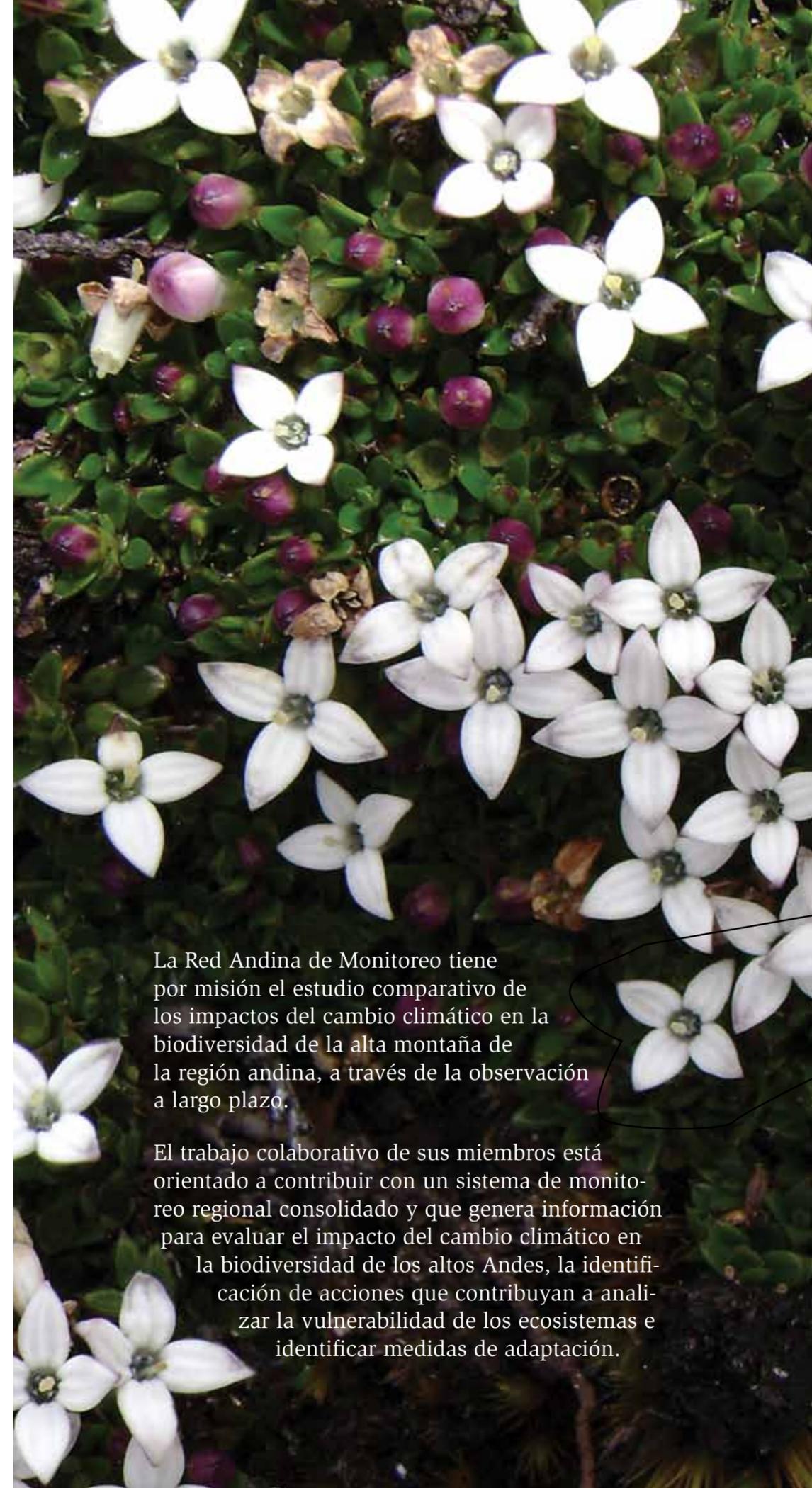
Coordinación regional de la Red:



Miembros de la Red al 2012:



Apoyo financiero para el funcionamiento de la Red:



La Red Andina de Monitoreo tiene por misión el estudio comparativo de los impactos del cambio climático en la biodiversidad de la alta montaña de la región andina, a través de la observación a largo plazo.

El trabajo colaborativo de sus miembros está orientado a contribuir con un sistema de monitoreo regional consolidado y que genera información para evaluar el impacto del cambio climático en la biodiversidad de los altos Andes, la identificación de acciones que contribuyan a analizar la vulnerabilidad de los ecosistemas e identificar medidas de adaptación.

Red de Monitoreo  
GLORIA Andes

