

Propuestas andinas

Diálogo Andino
entre la Ciencia y la Política



Construcción de un sistema de observación y monitoreo para evaluar los impactos del cambio climático en la biodiversidad de los ecosistemas de montaña de los Andes:

El trabajo de la Red GLORIA-ANDES

El cambio climático involucra rápidas variaciones de la temperatura y alteraciones en los patrones de la precipitación. En el caso de los ecosistemas y vegetación de montaña, estos cambios tienen grandes implicaciones para las especies y comunidades vegetales. Los estudios ecológicos de larga duración realizados por la Iniciativa Global de observación de ambientes alpinos (GLORIA por sus siglas en inglés) demuestran la alta sensibilidad al clima de muchos elementos de la biodiversidad, en especial de las comunidades de plantas vasculares de alta montaña (Pauli *et al.* 2012). Sin embargo, las respuestas de las diferentes especies que configuran estas comunidades son muy particulares y su grado de susceptibilidad depende de varios factores, como sus adaptaciones fisiológicas y evolutivas, o su plasticidad ecológica y genética (Jump y Peñuelas 2005; Gottfried *et al.* 2012).

En este contexto, se ha conformado la Red GLORIA-Andes con una decena de sitios de monitoreo instalados a lo largo de los Andes para evaluar el impacto del cambio climático sobre la vegetación de altura en los Andes. Este boletín presenta los principales resultados de la Red y los esfuerzos para promover su sostenibilidad.

Para el caso de los Andes, desafortunadamente, existe un limitado conocimiento sobre la sensibilidad de las comunidades de plantas vasculares al cambio climático y, más aún, sobre la manera en que estos factores determinan la sensibilidad de estas especies a las variaciones de temperatura y precipitación proyectadas para los Andes. Esto dificulta comprender y predecir las posibles respuestas de estos organismos a estos escenarios de cambio, con el fin de delinear acciones efectivas que reduzcan su vulnerabilidad. Una de las formas más efectivas para reducir esta incertidumbre es documentar, de forma sistemática y rigurosa, los cambios que puedan estar ocurriendo en estos ecosistemas como una estrategia básica para incrementar nuestra capacidad de respuesta. Este boletín resume el trabajo realizado por la Red GLORIA-Andes para consolidar un sistema de observación que permita comprender las distintas respuestas de la vegetación de los ecosistemas de alta montaña en los Andes a anomalías climáticas. Además, se evidencian los esfuerzos de sus socios por institucionalizar el trabajo de la Red, así como los retos y oportunidades para promover la sostenibilidad del monitoreo en la región como una de las respuestas de adaptación a los cambios ambientales.

▲ Páramo arbustivo. Parque Nacional El Cocuy, Colombia.



© Red Gloria Andes

LA PROBLEMÁTICA DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA BIODIVERSIDAD EN LOS ALTOS ANDES

Durante la últimas décadas, varios estudios concuerdan en que el calentamiento global afecta a la biodiversidad en diferentes escalas y de diversas formas (Araújo y Rahbek, 2006; Broennimann *et al.* 2006; IPCC, 2007; Pearson, 2006; Sala *et al.* 2000; Thuiller *et al.* 2005; Feeley *et al.* 2011). La evidencia sobre las respuestas de las comunidades bióticas de montaña a las variaciones en el clima se basa en estudios que reportan varias dimensiones de estos impactos; entre ellos: (1) alteraciones en la fisiología de las especies y su capacidad de soportar eventos extremos (p.ej. heladas; Sierra-Almeida y Cavieres, 2010; Sklenář *et al.* 2010), (2) cambios en los patrones de distribución de las especies y configuración de las comunidades (Feeley *et al.*, 2011; Gottfried *et al.* 2012; Pauli *et al.* 2012), (3) incrementos en las tasas de extinción locales 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 consecuencia, también se proyectan cambios en los patrones de distribución de los ecosistemas o biomas (Tovar *et al.* 2013; Peñuelas y Boada, 2003; Saenz-Elorza, 2003) y posibles alteraciones en funciones ecosistémicas como los ciclos del carbono y el agua (Buytaert *et al.* 2011).

Sin embargo, el entendimiento sobre cómo las alteraciones de los factores ambientales (i.e. temperatura del aire y precipitación) que controlan la configuración de las comunidades de vegetación de los altos Andes afectan a la biodiversidad de estos ambientes es, hasta ahora, primordialmente conceptual (Cuesta *et al.* 2013). Por lo tanto, existe una necesidad apremiante de desarrollar estudios de larga duración (i.e. monitoreo) que caractericen a diferentes elementos de la biodiversidad de los ecosistemas alto-andinos respecto de su grado de susceptibilidad al cambio climático. Estos estudios deben identificar: a) aquellos grupos de especies que tienen una mayor resiliencia—ya sea por su capacidad de adaptación producto de un mayor rango de tolerancia fisiológica o por su mayor acervo genético para adaptarse—, y b) aquellos grupos con un mayor grado de sensibilidad, y que probablemente experimenten extinciones locales (Sierra-Almeida y Cavieres, 2010) o tengan una alta capacidad de dispersión y facilidad para colonizar hábitats climáticamente más aptos (Thuiller *et al.* 2008).



© Priscilla Marín



© Francisco Cuesta



© Red Gloria Andes



© Red Gloria Andes



© Francisco Cuesta

▲ Páramo de pajonal. Cerro Ingapirca, Pichincha, Ecuador.

▲ Humedales altoandinos, Cima Cumbres Calchaquíes, Tucumán, Argentina

▲ Puna húmeda. Cima Socondori, Apolobamba, Bolivia.

▲ Puna xerofítica. Sumac, Parque Nacional Sajama, Bolivia.

▲ Páramo de frailejones, Reserva Ecológica El Ángel, Carchi, Ecuador (*Espeletia pycnophylla*).



© Ricardo Jaramillo



© Ricardo Jaramillo



© Ricardo Jaramillo



© Ricardo Jaramillo



© Ricardo Jaramillo

Los ecosistemas de pastizales altoandinos en los Andes Tropicales comprenden los páramos, jalcas, punas (xerofítica y húmeda) y páramos yungueños. Ocurren por encima del límite natural de los ecosistemas arbóreos, generalmente sobre los 3.500 m de elevación. No obstante, este rango varía mucho dependiendo de las condiciones climáticas locales y la historia de uso del suelo. La vegetación dominante en estos ambientes está caracterizada por la presencia de gramíneas amacolladas, arbustos esclerófilos, hierbas en cojín, hierbas pos-tradas y rosetas acaulescentes y su dinámica es controlada en gran medida por el clima (Sklenář y Balslev, 2007; Navarro, 2011; Ramsay y Oxley, 1997).



▲ La Red GLORIA-Andes ha promovido la instalación de un sistema de observación para monitorear los impactos del cambio climático en la biodiversidad de ecosistemas de montaña en los Andes.

Esto es especialmente relevante para los ecosistemas de pastizales altoandinos, cuyos patrones de diversidad y composición de las comunidades de plantas vasculares están controlados por factores ambientales como la temperatura del aire y del suelo, la radiación solar (i.e. 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 altamente susceptibles a sufrir alteraciones en escenarios de mayor temperatura, mayor concentración de CO₂ y mayor estacionalidad.

En ese contexto, y articulados a esfuerzos globales orientados a comprender el impacto del cambio climático sobre la biodiversidad de los ecosistemas de alta montaña, se ha promovido la instalación de un sistema de observación (alerta temprana) para monitorear los impactos del cambio climático en la biodiversidad de los de ecosistemas de montaña en un conjunto de sitios a lo largo de los Andes, la Red de monitoreo GLORIA-Andes.



© Francisco Cuesta

LA INICIATIVA GLOBAL DE OBSERVACIÓN E INVESTIGACIÓN DE LOS AMBIENTES ALPINOS (GLORIA) EN LOS ANDES

La *Iniciativa para la Investigación y el Seguimiento Global de los Ambientes Alpinos* (GLORIA), fue creada en el año 2000 con el objeto de establecer una red mundial para la observación a largo plazo y el estudio comparativo de los impactos del cambio climático en la biodiversidad de la alta montaña (Pauli *et al.* 2004). Hasta la fecha, GLORIA ha establecido 116 sitios piloto de observación en las principales cordilleras del planeta (p.ej. los Alpes, Himalayas) bajo un protocolo de establecimiento y seguimiento estándar a mediano y largo plazo.

Esta iniciativa privilegió los ecosistemas de alta montaña porque son altamente sensibles a variaciones en el clima y, como tal, permiten contar con indicadores de impacto en tiempos relativamente cortos. Adicionalmente, debido a que muchos de los procesos ecológicos de estos ecosistemas están asociados a factores ambientales, se puede identificar fácilmente la causa de los impactos. Por otro lado, debido a que estos ecosistemas se distribuyen a manera de islas entre cada montaña, es relativamente sencillo confinar a las poblaciones biológicas de estudio y comprender mejor sus dinámicas bajo escenarios de cambio ambiental.

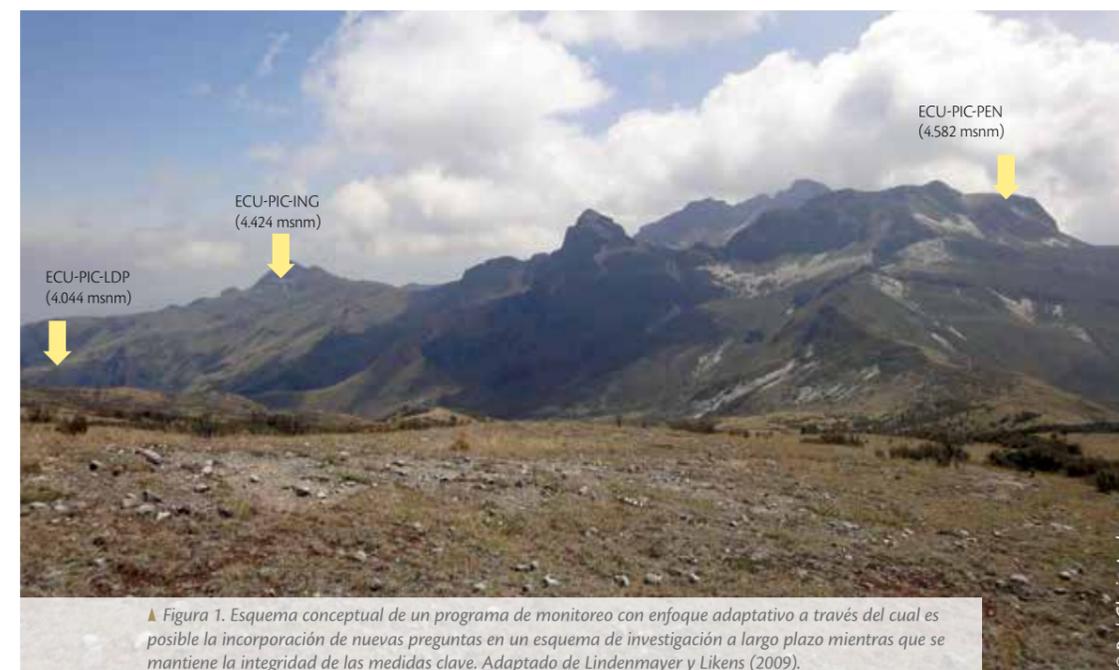
En los Andes, la Iniciativa Global GLORIA promovió hasta el 2008 la instalación parcial de 5 sitios de monitoreo: Cumbres Calchaquíes en Argentina, Sajama en Bolivia, Huaráz y Sibinacocha en Perú, y Chingaza en

Colombia. En base a esta experiencia, y como respuesta al interés de los países de la Comunidad Andina plasmado en varios instrumentos regionales de política para mejorar el conocimiento sobre los potenciales efectos del cambio climático sobre la diversidad biológica, en 2009 nació la Red GLORIA-Andes para promover el monitoreo de los impactos del cambio climático en los ecosistemas altoandinos. La Red forma parte de la Iniciativa Global GLORIA y su operación se sustenta en el establecimiento de sitios de monitoreo a lo largo del gradiente latitudinal y altitudinal de la Cordillera de los Andes, bajo protocolos metodológicos comunes y la adopción de estándares de manejo y administración de la información generada.

La Red GLORIA-Andes ha basado su trabajo en una adaptación de la metodología desarrollada por la iniciativa global GLORIA (Pauli *et al.*, 2004) para ecosistemas tropicales de alta montaña de vegetación densa (Cuesta *et al.*, 2009). Según esta metodología, 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. Posteriormente, en cada cima se establecen 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 (Figura 1). Finalmente, se registra información sobre la composición (i.e. riqueza de especies) y la cobertura de la vegetación (i.e. estructura de la comunidad de plantas) en las parcelas y en toda el área cimera.

En la actualidad, la Red GLORIA-Andes cuenta con 17 sitios de monitoreo ubicados en seis de los siete países andinos. Estos cubren una gran diversidad de hábitats, desde los páramos arbustivos muy húmedos de la Cordillera Oriental de Colombia, pasando por los páramos pluviales y pluviestacionales dominados por herbáceas del Ecuador y el norte de Perú, a 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 Tropical en el noroccidente de Argentina (Figura 2). En esto sitios, más de 800 especies de plantas vasculares y no vasculares son monitoreadas, y se ha logrado generar una serie climática con registros de temperatura que, en varios casos, supera los 5 años de datos continuos a escala horaria. Estas características han consolidado a la Red GLORIA-Andes como el transecto de monitoreo de cambio climático y biodiversidad más extenso de los ecosistemas de montaña tropicales del mundo.

La Red GLORIA-Andes es coordinada a nivel regional por el Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN). A la fecha, más de 60 profesionales y 15 organizaciones entre universidades, organismos estatales y organizaciones no gubernamentales, participan en ella. A través de esta Red se ha facilitado el intercambio de información y experiencias entre los investigadores y las organizaciones vinculadas al monitoreo en los sitios, y se ha promovido el fortalecimiento de capacidades en la región a través la instrucción y entrenamiento sobre los parámetros y protocolos de la Red.



▲ 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).



De manera complementaria, la Red GLORIA-Andes ha promovido la estandarización de procesos importantes, como son: la vinculación de los sitios a instituciones que alberguen colecciones botánicas (p.ej. herbarios) a fin de garantizar la fidelidad de la identificación de plantas; la estandarización de los sistemas de clasificación y nomenclatura para las plantas vasculares presentes en los sitios de monitoreo; la documentación fotográfica de los sitios y la vegetación como una herramienta de apoyo fundamental para la identificación de las especies y el establecimiento de la línea base; el manejo de la

información a través de una plataforma que responda a las necesidades de los distintos miembros de la Red y brinde acceso a toda la información; y algunas consideraciones metodológicas relacionadas con la temporalidad de los sitios y con estudios complementarios que pueden ser realizados en las regiones monitoreadas (Cuesta et. al, 2012). Estos procesos permiten garantizar la calidad de la información generada y acumular de manera organizada un acervo documental que puede ser utilizado en iniciativas de investigación complementarias sobre el tema.

► Figura 2. Mapa de ubicación de los sitios de monitoreo de la Red GLORIA-Andes.



SOSTENIBILIDAD E INSTITUCIONALIZACIÓN DE LA RED GLORIA-ANDES

La Red GLORIA-Andes se ha convertido en un referente de colaboración científica en la región, contribuyendo a generar conocimiento de forma sistémica sobre una temática con mucha incertidumbre. Por esto, un aspecto fundamental es lograr la sostenibilidad de la Red en el largo plazo, permitiendo que los sitios generen información en 5 y 10 años más. De esta forma, los datos observados pueden ser la base para delinear estrategias y políticas, tanto regionales como nacionales, ante las respuestas de la flora altoandina a las nueva configuración del clima en la Cordillera de los Andes durante las próximas décadas.

En este sentido la Red ha dado pasos importantes a través de la vinculación de herbarios, museos y universidades que han adoptado a esta iniciativa de monitoreo como parte de sus programas permanentes de investigación. De esta forma se garantiza un compromiso a mediano y largo plazo de parte de instituciones académicas. Complementariamente, se ha empezado a trabajar con los programas de biodiversidad y cambio climático de los Ministerios de Ambiente de varios países andinos. De esta manera, se está fortaleciendo e institucionalizando tanto los sitios como los protocolos de monitoreo, como herramientas para robustecer el desarrollo de análisis de vulnerabilidad y la construcción de indicadores que apoyen el diseño de acciones de adaptación y mitigación del cambio climático a escalas nacionales.

En esta línea, durante el 2013, el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado Peruano – SERNANP formalizó su participación en la Red con el propósito de promover la instalación del monitoreo en el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado. De igual manera, el Ministerio del Ambiente del Ecuador– MAE ratificó su apoyo al fortalecimiento de los cuatro sitios de monitoreo establecidos actualmente en el país, y al establecimiento de sitios adicionales. Complementariamente el MAE se comprometió, a través de su Dirección Nacional de Adaptación al Cambio Climático, a la creación de una red nacional que coordine a todos los actores vinculados al monitoreo de los impactos del cambio climático en los ecosistemas andinos del país.



© Harald Pauli

▲ Más de 60 profesionales y 15 organizaciones entre universidades, organismos estatales y organizaciones no gubernamentales participan en la Red GLORIA-Andes.

Durante el último año, y en el marco de su Programa Global de Cambio Climático, la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación – COSUDE ha sido un actor clave en el fortalecimiento de la Red GLORIA-Andes por medio de la instalación de nuevos sitios de observación, el re-muestreo de cumbres monitoreadas, la realización de talleres de discusión, capacitación y coordinación entre los miembros de la Red, y la preparación del primer análisis regional de la información generada presentado en la publicación “Biodiversidad y Cambio Climático en los Andes Tropicales”. Este apoyo ha sido parte del Proyecto “Generación de conocimiento y fortalecimiento de capacidades como respuesta de adaptación a los cambios ambientales en los Andes – CIMA” ejecutado por CONDESAN y una amplia red de instituciones socias. El proyecto ha trabajado en sentar las bases –sociales, científicas, tecnológicas e institucionales– para el establecimiento de sistemas de observación y monitoreo de los impactos de los cambios ambientales en los Andes.

A pesar de que el promover la sostenibilidad de la Red GLORIA-Andes es un reto continuo, el aporte que la Red puede ofrecer en el diseño de políticas y estrategias nacionales, y el compromiso de largo plazo de sus miembros por ampliar el conocimiento sobre el cambio climático en la vegetación de los altos Andes, son una parte fundamental de la estrategia de fortalecimiento en la que todos los miembros de la Red están trabajando colaborativamente.

¿Cuáles son los impactos observados del cambio climático en la vegetación altoandina? Primeros resultados del monitoreo de la Red GLORIA-Andes

La publicación “Biodiversidad y Cambio Climático en los Andes Tropicales” de Cuesta y colaboradores, recoge los principales resultados del trabajo de la Red y constituye una línea base de información sobre la composición y estructura de las comunidades de flora de alta montaña en los Andes. Adicionalmente, la publicación presenta una serie de información climática en ambientes sobre los 3.500 metros.

La información generada para los primeros nueve sitios de monitoreo que hasta el 2012 consolidaron la línea base, confirman que existen importantes diferencias climáticas entre los ecosistemas de páramo y puna, lo que a su vez se expresa en diferencias en la estructura y composición de las comunidades de plantas vasculares (Cuesta *et. al*, 2012). Es así que, los promedios máximos y mínimos de temperatura registrados para cada cima monitoreada, son mucho más extremos en los suelos más secos y expuestos como son los suelos arenosos y graníticos de la puna. En los ambientes puneños, las plantas se encuentran sometidas a varios días de temperaturas bajo cero durante los meses invernales (junio a agosto) generando condiciones muy extremas de estrés y demanda energéticas (Figuras 3 y 4). El monitoreo continuo de la temperatura de estos ambientes permitirá construir indicadores de alerta temprana sobre las variaciones progresivas en la temperatura y los cambios que generan en la vegetación de alta montaña.



Figura 3. Temperatura del suelo (-10 cm) máxima, media y mínima mensual registrada para el período 2010-2013, en la cima Padre Encantado (PEN) del sitio de monitoreo Complejo Volcánico Pichincha (EC-PIC)

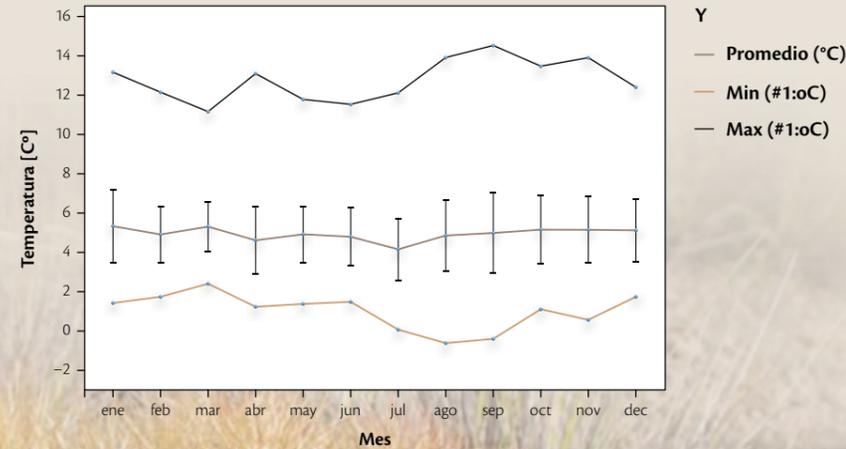
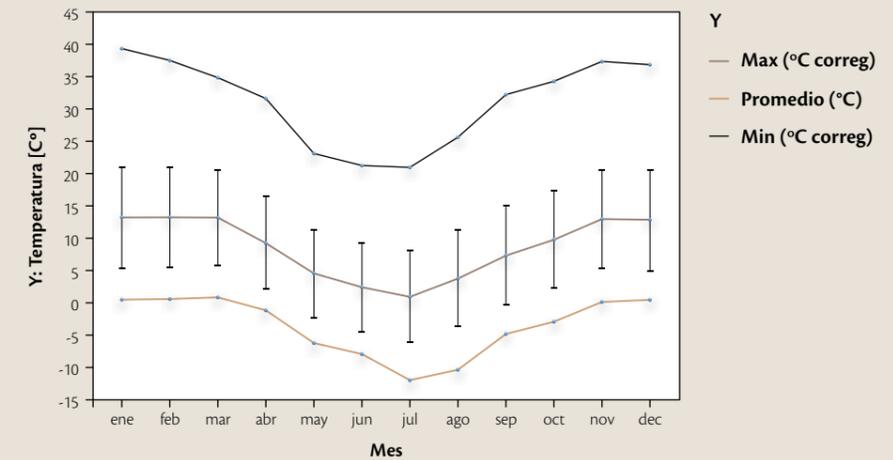
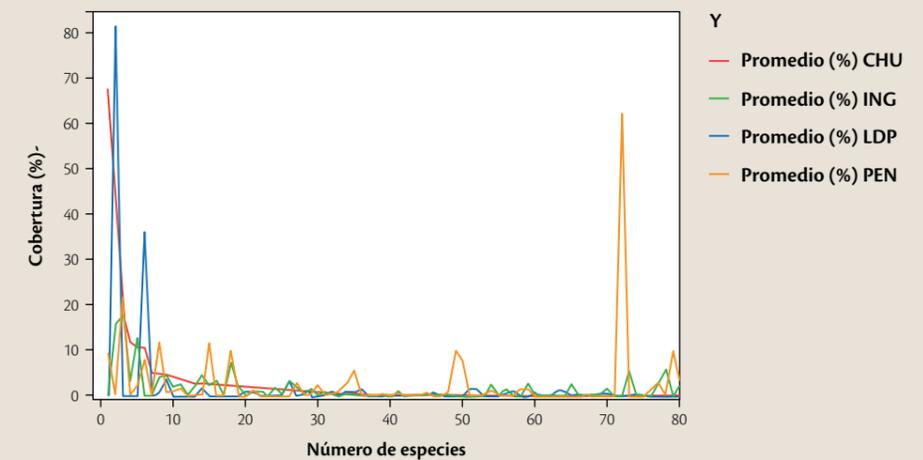


Figura 4. Temperatura del suelo (-10 cm) máxima, media y mínima mensual registrada para el período 2010-2013 en la cima Isabel (AR-CUC) del sitio de monitoreo Cumbres Calchaquies en Argentina.



La línea base de los sitios de monitoreo evidencia los efectos de las extremas condiciones ambientales de los altos Andes en la configuración de las comunidades de plantas con un promedio de 100 especies por sitio, de las cuales solo unas pocas especies tienen una cobertura superior al 10% de la superficie monitoreada (Figura 5). Este patrón sugiere una alta vulnerabilidad de estos ecosistemas debido a que las especies ocurren en poblaciones muy bajas, en niveles de estrés muy altos, en el que pequeños cambios podrían generar procesos de extensiones locales sin precedentes. El monitoreo de estas comunidades nos permitirá identificar el tipo de especies más susceptibles, así como aquellas más resilientes. Este tipo de información es muy útil para delinear acciones de adaptación que reduzcan el grado de vulnerabilidad de estos ambientes.

Figura 5. Cobertura promedio de las especies por cada cima del sitio de monitoreo Complejo Volcánico Pichincha (EC-PIC). El eje Y representa la cobertura de cada especie (%), el eje X el número de especies. Las líneas representan los valores medio de cobertura de cada especie de cada cima.



REFERENCIAS:

- Araújo M., Rahbek C. 2006. How Does Climate Change Affect Biodiversity? *Science* 313: 1396–1397. Broennimann *et al.*, 2006.
- Bader M., Rietkerk M., Bregt A. 2007b. Vegetation structure and temperature regimes of tropical Alpine treelines. *Artic, Antarctic, and Alpine Research* 39: 353–364.
- Broennimann O., Thuiller W., Hughes G., Midgley G., Alkemade J., Guisan A. 2006. Do geographic distribution, niche property and life form explain plants' vulnerability to global change? *Global Change Biology* 12: 1079–1093.
- Buytaert W., Cuesta-Camacho F., Tobón C. 2011. Potential impacts of climate change on the environmental services of humid tropical alpine regions. *Global Ecology and Biogeography* 20: 19–33.
- 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.
- 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., 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.
- Dullinger S., Gattlinger A., Thuiller W., Moser D., Zimmermann N.E., Guisan A., Willner W., Plutzar 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.
- Feeley, K.J., Silman, M.R., Bush, M.B., Farfan, W., Cabrera, K.G., Malhi, Y., Meir, P., Revilla, N.S., Quisipyanqui, M.N.R. & Saatchi, S. (2011) Upslope migration of Andean trees. *Journal of Biogeography*, 38, 783-791.
- 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. Recent plant diversity changes on Europe's mountain summits. *Science* 336: 353–355.
- 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.
- Jump, A.S. & Peñuelas, J. (2005) Running to stand still: adaptation and the response of plants to rapid climate change. *Ecology Letters*, 8, 1010-1020.
- Körner C. 1998. A reassessment 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.
- Navarro-Sánchez G. 2011. *Clasificación de la Vegetación de Bolivia*. Centro de Ecología y Difusión Simón I. Patiño. Santa Cruz.
- 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., Puşcaş 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.
- 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.
- Ramsay P., Oxley E. 1997. The growth form composition of plant communities in the Ecuadorian paramos. *Plant Ecology* 131: 173–192.
- 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.
- 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.
- Sklenář P., Balslev H. 2007. Geographic flora elements in the Ecuadorian superpáramo. *Flora* 202: 50–61.
- Sklenář, P., Kucerova A, Macek P & Mackova, J. (2010) Does plant height determine the freezing resistance in the páramo plants? *Austral Ecology*, 35, 929–934.
- 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.
- Tovar, C., Arnillas, C.A., Cuesta, F. & Buytaert, W. (2013) Diverging Responses of Tropical Andean Biomes under Future Climate Conditions. *PLoS ONE*, 8, e63634.
- Zavaleta E., Shaw M., Chiariello N., Mooney H., Field C. 2003. Additive effects of simulated climate changes, elevated CO₂, and nitrogen deposition on grass-land diversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 100: 7650–7654.



© Ricardo Jaramillo



© Ricardo Jaramillo

Para conocer más sobre la Red GLORIA – Andes, visite la página web www.condesan.org/gloria



© Ricardo Jaramillo



Propuestas andinas

Diálogo andino entre la ciencia y la política

Este documento ha sido generado en el marco de las actividades promovidas por el Proyecto "Generación de capacidades como respuesta de adaptación a cambios ambientales en los Andes - Proyecto CIMA" financiado por COSUDE.

AUTORAS DE ESTA NOTA:

GABRIELA MALDONADO¹,
FRANCISCO CUESTA¹,
MACARENA BUSTAMANTE¹
PRISCILLA MURIEL^{2,1}

¹ CONDESAN

² PUCE

MAPA ELABORADO POR:

EDWIN ORTIZ

DIAGRAMACIÓN:

VERÓNICA ÁVILA



Consortio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN)

Sede Lima: Av. La Molina 1895.
Centro Internacional de la Papa-Puerta
3. Lima, Perú

Sede Quito: Calle Germán Alemán
E12-28 y Juan Ramírez. Quito, Ecuador

condesan@condesan.org
www.condesan.org

Décima edición. Año 4. Febrero 2014
Lima, Perú

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2011-07813

ISSN 2223-389X

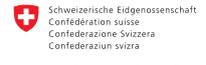
Las publicaciones de CONDESAN contribuyen con información para el desarrollo sostenible en los Andes y son de dominio público. Los lectores están autorizados a citar o reproducir este material en sus propias publicaciones. Se solicita respetar los derechos de autor de CONDESAN y enviar una copia de la publicación en la cual se realizó la cita o publicó el material a nuestras oficinas.



Impreso en papel reciclado.



SECRETARÍA GENERAL



Agencia Suiza para el desarrollo y la cooperación COSUDE