

# IMPACTOS DEL CAMBIO GLOBAL EN LA BIODIVERSIDAD DE LOS ANDES TROPICALES

*Riesgo climático, vulnerabilidad y herramientas de toma de decisiones  
para la planificación de la conservación y adaptación*



MacArthur  
Foundation

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los efectos cada vez más perjudiciales del cambio climático pueden verse en todo el planeta. Son particularmente evidentes en regiones montañosas como los Andes tropicales y sobre todo en las mayores alturas. Para enfrentar los efectos de un cambio climático peligroso en un futuro cercano, es necesario desarrollar e implementar estrategias y acciones de adaptación y mitigación.

Este es especialmente el caso de los Andes tropicales que son una de las regiones de mayor biodiversidad del planeta. Sus ecosistemas proporcionan a los habitantes de la región numerosos bienes y servicios, como por ejemplo agua, alimentos y plantas medicinales.

Las especies andinas se encuentran seriamente amenazadas por el efecto combinado del cambio climático y del uso del suelo, es decir el “cambio global”. Ambos factores están teniendo un profundo impacto en la supervivencia y distribución de las especies, lo que pone en peligro la integridad de los ecosistemas. Al desintegrarse los ecosistemas, los bienes y servicios asociados podrían reducirse drásticamente y con ello, la capacidad de sustento de las comunidades locales.

Con el objeto de estudiar esta cascada de efectos negativos, se inició en 2011 un proyecto multidisciplinario en las áreas transfronterizas

de Colombia-Ecuador y Perú-Bolivia. En el marco del proyecto, que concluyó en 2015, se desarrolló una metodología para determinar la vulnerabilidad de la biodiversidad a los impactos del cambio global en escalas locales. Para ello, se realizaron estudios climáticos, de biodiversidad y de uso de suelo. Como resultado se obtuvo una herramienta para la identificación de áreas prioritarias para la conservación climáticamente inteligente y para el diseño de medidas adaptativas en la región.

## LO QUE QUERÍAMOS LOGRAR - META Y OBJETIVOS

Como meta, los investigadores se propusieron dotar a los países de los Andes tropicales de una metodología estándar que permitiera estimar los efectos del cambio global sobre la biodiversidad, y que a su vez proporcionara información importante para el proceso de toma de decisiones en

acciones de conservación y adaptación a escala local.

Durante cinco años (2011 - 2015) se realizaron estudios de caso sobre las tendencias de corto y mediano plazo en las **condiciones climáticas**, los patrones y gradientes de la **biodiversidad**, la cobertura y **uso del suelo**,

y la **vulnerabilidad** de diversas especies y ecosistemas al cambio climático y a los cambios en el uso del suelo. Se eligieron dos áreas transfronterizas, una entre Colombia y Ecuador, la otra entre Perú y Bolivia, para llevar a cabo el proyecto.



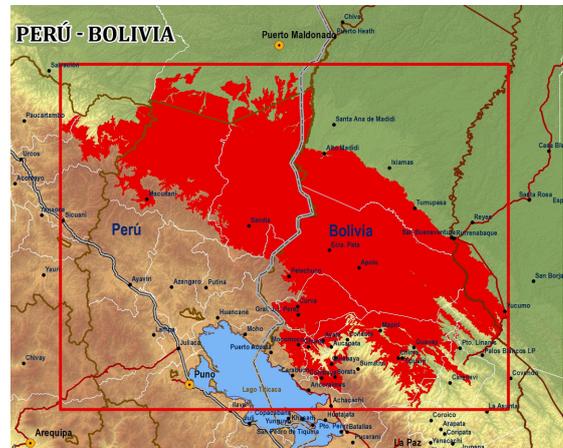
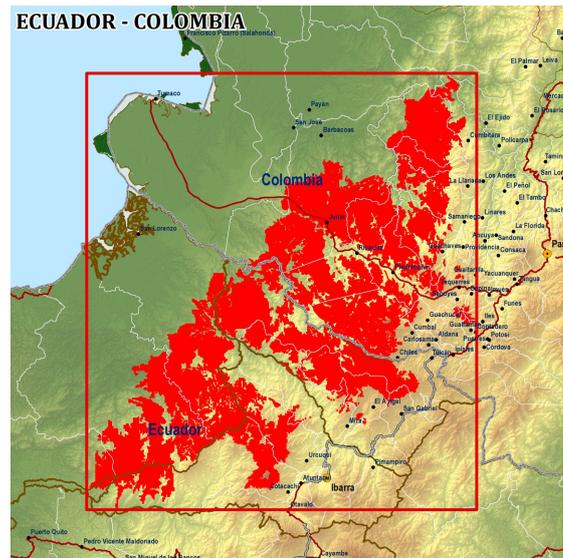
Niebla ascendiendo por una ladera de páramo. Foto de David Andrés Herrera Ramírez

## DÓNDE TRABAJAMOS - UBICACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE CASO

El proyecto trabajó en dos regiones estratégicas en los Andes tropicales, con el objetivo de validar la metodología y lograr la experiencia necesaria para replicar las actividades en otras áreas de interés.

**Área Norte:** ocupa la vertiente del Pacífico de los Andes del Norte, en la región fronteriza entre Colombia (depto. de Nariño) y Ecuador (provincias de Carchi, Esmeraldas e Imbabura).

**Área Sur:** está localizada en la vertiente Amazónica de los Andes Centrales, en la región fronteriza entre Perú y Bolivia (áreas protegidas Madidi y Apolobamba en Bolivia, Bahuajasonene y Tambopata en el Perú).



Áreas de estudio. Derecha arriba, Área Norte; abajo, Área Sur

Cada una de las áreas cubre un amplio gradiente altitudinal desde los 200 hasta los 4.500 m s.n.m., e incluye desde bosques piemontanos hasta páramos (en el Área Norte) o la puna (Área Sur). En el Área Norte

se tuvieron en cuenta siete ecosistemas que abarcan una superficie total de 8.752 km<sup>2</sup>, mientras que en el Área Sur se consideraron quince ecosistemas sobre una superficie de 89.550 km<sup>2</sup>. Las condiciones

climáticas en la mayoría de estos ecosistemas son húmedas a muy húmedas, aunque en cada área existe un ecosistema subhúmedo estacional. En el Área Sur hay además un ecosistema xérico.

## CÓMO DESARROLLAMOS LA METODOLOGÍA

Para evaluar la vulnerabilidad al cambio climático de especies claves y representativas de cada ecosistema, la herramienta desarrollada analiza conjuntamente diferentes tipos de información. Específicamente, es necesario conocer:

- los cambios potenciales a mediano plazo en dos variables climáticas fundamentales: la temperatura y la humedad;
- la distribución geográfica por ecosistema y rango altitudinal de cada especie;
- el nivel de susceptibilidad de cada especie a los cambios en las condiciones climáticas;
- aspectos críticos de la ecología y la historia natural de las especies;
- los cambios abruptos en la cobertura y el uso del suelo en cada área de estudio.

### Condiciones climáticas

Para analizar los cambios en las condiciones climáticas se tuvieron en cuenta los resultados de simulaciones de modelos climáticos, registros de estaciones meteorológicas y reconstrucciones del clima pasado (dendrocronología). Esta combinación de técnicas resultó en un período de análisis de casi 200 años, lo que representa en sí un gran aporte al conocimiento del clima y sus variaciones en esta región.

Las salidas de los modelos climáticos fueron corregidas para incluir los efectos de la compleja orografía de los Andes (downscaling o regionalización). La escala resultante fue de 20x20 km. Las proyecciones climáticas a futuro se basaron en las tendencias del escenario de emisiones A1B, definido por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) para un mundo con un rápido crecimiento económico, donde existe un balance en el uso de fuentes de energía renovables y fósiles.

### Ecosistemas y especies

En las áreas de estudio, los ecosistemas se clasificaron siguiendo el Atlas de los Ecosistemas de los Andes del Norte y Centro (Secretaría General de la Comunidad Andina – CAN), que tiene un enfoque regional. Si bien recientemente se han desarrollado herramientas complejas para evaluar de forma directa la vulnerabilidad de los hábitats, éstas son difíciles de aplicar aún debido a que nuestro conocimiento de los ecosistemas andinos y de las complejidades que éstos entrañan sigue siendo incipiente.

Sin embargo, pudieron obtenerse pautas confiables sobre la vulnerabilidad de los ecosistemas en estudio de una manera indirecta; a saber, evaluando la vulnerabilidad de ciertas especies claves. Dichas especies pertenecen a tres grupos taxonómicos idóneos –grupos selectos de plantas, escarabajos coprófagos y aves– y abarcan un amplio espectro de formas de vida y rasgos biológicos. Para evaluar el grado de vulnerabilidad de cada especie se utilizó la versión andina del *Índice de Vulnerabilidad al Cambio Climático* de NatureServe.



Los investigadores instalan sensores de humedad y temperatura en el páramo El Ángel, Carchi-Ecuador en agosto de 2011. Foto de Daniel Ruiz-Carrascal



Phanaeus chalcomelas - una de las especies de escarabajos analizados. Foto de Trond Larsen



Passiflora madidiana - una de las especies de plantas analizadas. Foto de Peter Jørgensen



Asthenes urubambensis - una de las especies de aves analizadas. Foto de Sebastian Herzog

### **Uso del suelo y deforestación**

Los cambios en el uso del suelo y las actividades de deforestación se cuantificaron a partir de información de la cobertura vegetal provista por satélites. Se utilizó el parámetro NDVI (Índice de Diferencia Normalizada de Vegetación, por sus siglas en inglés), que mide la actividad fotosintética de la vegetación. El NDVI se utiliza para determinar cómo responde la vegetación a la variabilidad climática natural, incluso en condiciones climáticas extremas, o a cambios abruptos generados por la deforestación. El procesamiento de la información de 1981 al presente permitió establecer el momento y la magnitud de intervenciones humanas importantes en cada ecosistema de ambas áreas de estudio.



Leña de Polylepis. Foto de Sebastian Herzog

### **Análisis integral del riesgo**

En cada área de estudio se aplicó un Análisis Multicriterio para la Toma de Decisiones (AMTD) para integrar la información de cambio climático, vulnerabilidad de la biodiversidad, cambio de uso del suelo y evaluar, a nivel de ecosistemas, los riesgos de la biodiversidad ante el cambio global. Las matrices AMTD se construyeron con la puntuación que cada ecosistema obtuvo para cada uno de los siguientes seis criterios:

- 1) Aumento promedio de la temperatura
- 2) Cambio promedio en la humedad
- 3) Porcentaje de especies de plantas vulnerables al cambio climático
- 4) Porcentaje de especies de escarabajos coprófagos vulnerables al cambio climático
- 5) Porcentaje de especies de aves vulnerables al cambio climático
- 6) Porcentaje de la superficie impactada por cambios en el uso del suelo

Se evaluó el riesgo relativo de cada ecosistema en cada área sobre una escala de 1 (menor severidad) a 5 (mayor severidad). A cada uno de los 6 criterios se le asignó un peso relativo, calculándose de esta forma la media ponderada para cada ecosistema. La media ponderada indica el riesgo relativo de cada ecosistema en comparación con los demás ecosistemas presentes en cada área de estudio.

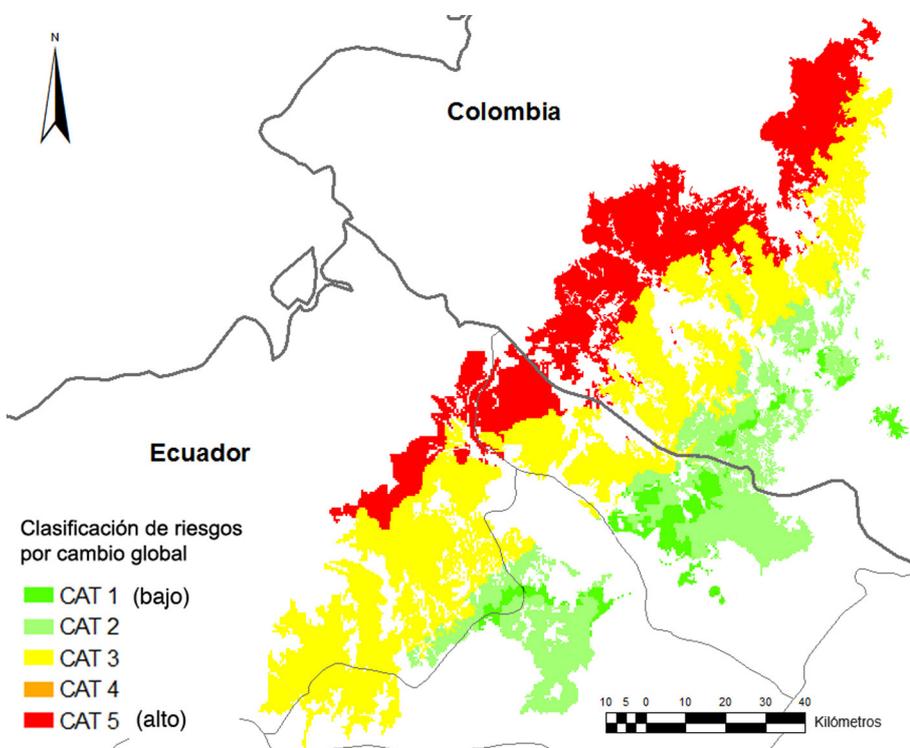


Quechuas de Bolivia. Foto de María Elena Gutiérrez

Los resultados de las simulaciones climáticas a mediano plazo (2050s) sugieren que en una gran extensión de los Andes tropicales la **temperatura** podría aumentar en más de  $+2,0^{\circ}\text{C}$ . Además, se prevé que el aumento de la temperatura podría ser mayor en ecosistemas de mayor altura.

Los cambios en la **humedad** pronosticados a mediano plazo presentan diferentes tendencias. Vistos en su conjunto, son localmente variables con reducciones de hasta un 18% e incrementos de hasta un 20% en toda la región de los Andes tropicales. Las variaciones pronosticadas tanto para el Área Norte como para el Área Sur oscilan entre una reducción del 13% y un aumento del 9% localmente. Sin embargo, el escenario prevalente para ambas áreas de estudio es el de desecación.

El análisis de **vulnerabilidad de la biodiversidad** indicó que las especies más vulnerables al cambio climático se encuentran en zonas específicas, y no distribuidas uniformemente a lo largo de las áreas en estudio.



Área Norte. Clasificación de riesgos por cambio global

### Área Norte

Los incrementos de temperatura en una importante proporción del Área Norte se pronostican cercanos a los  $+2,0^{\circ}\text{C}$ , y en algunos sitios llegarían incluso a  $+2,2^{\circ}\text{C}$ . A nivel de ecosistema, la mayor reducción promedio de humedad se proyecta en el bosque piemontano siempreverde (-5%). El mayor incremento promedio de humedad se daría en los bosques montano y altimontano siempreverde (+3%).

Las especies más vulnerables se concentran en pisos altitudinales opuestos, es decir en dos ecosistemas de bosque piemontano por debajo de los 1.500 m s.n.m. y en dos ecosistemas paramunos por encima de los 3000 m s.n.m.

El escenario de deforestación y cambio en el uso del suelo resulta aún más crítico, ya que al menos la mitad de la superficie de todos los ecosistemas se ha visto afectada. El pajonal altimontano y montano paramuno ha sido afectado en un 87%.

### Análisis integral del riesgo

El Bosque Piemontano Pluvial de los Andes del Norte, es el que **mayor riesgo presenta ante el cambio global**, con una media ponderada de 4,2. Este ecosistema obtuvo la máxima puntuación para 4 de un total de 6 criterios: reducción en la humedad, cambio en el uso del suelo y mayor representación relativa de plantas y escarabajos coprófagos vulnerables al cambio climático. Aunque con un riesgo sustancialmente menor (media ponderada 3,3), le sigue el Bosque Montano Bajo Pluvial de los Andes del Norte.

### Área Sur

Resultados más críticos se obtuvieron para los ecosistemas altoandinos del Área Sur, con aumentos que alcanzarían los +2,7°C. La mayor reducción promedio de humedad se proyecta en los bosques piemontanos y subandinos (-6% al -8%). El mayor incremento promedio de humedad se daría en el bosque altimontano y el pajonal arbustivo altoandino (+3-4%).

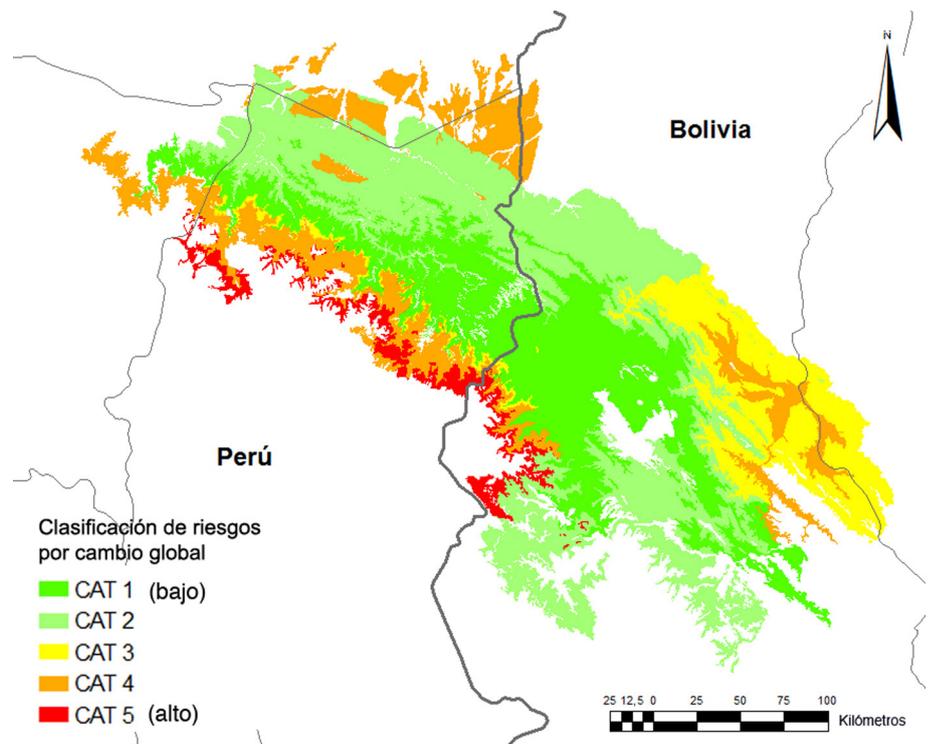
La biodiversidad sería más vulnerable en tres conjuntos de ecosistemas:

- 1) tres ecosistemas de bosques piemontanos y subandinos por debajo de los 1200 m s.n.m.;
- 2) tres ecosistemas de pajonal arbustivo y bosques de *Polylepis* altoandinos por encima de los 3800 m s.n.m.;
- 3) dos ecosistemas de bosques xéricos a subhúmedos situados en valles interandinos con sombra de lluvia.

El análisis de los cambios en el uso del suelo sugiere que al menos el 30% del Área Sur ya sufrió un cambio significativo en su cobertura vegetal en las últimas tres décadas. Los puntos más críticos se presentaron en un ecosistema de bosque piemontano y en el pajonal arbustivo y pajonal altimontano y altoandino, con un área afectada del 55-58% de la superficie total.

### Análisis integral del riesgo

El ecosistema Pajonal Altoandino de la Puna Húmeda es el que tiene el mayor grado de riesgo ante el cambio global (media ponderada 4,8), pues obtuvo la máxima puntuación para 4 de los 6 criterios: aumento de la temperatura, cambio en el uso del suelo y mayor representación relativa de plantas y aves vulnerables al cambio climático. Otros ecosistemas en alto riesgo son el Pajonal Arbustivo Altoandino y Altimontano Pluvial de Yungas y el Bosque del Piedemonte del Suroeste de la Amazonía (3,8 para ambos).



Área Sur. Clasificación de riesgos por cambio global



Formaciones rocosas del Altiplano. Foto de Sebastian Herzog

## LA MIRADA AL FUTURO CONSIDERANDO LOS RIESGOS PRESENTES

La idea de desarrollar una metodología estándar se nutrió de la necesidad de mejorar los conocimientos que se tienen sobre la vulnerabilidad de los ecosistemas andinos al cambio climático, con la finalidad de identificar las áreas más prioritarias para la implementación de medidas de conservación y adaptación. Los investigadores del proyecto se embarcaron en este esfuerzo sin precedentes con la intención de que la metodología pueda ser replicada por otros investigadores y planificadores de la conservación en toda la región andina más allá de los dos estudios de caso. Es por eso que el proyecto destinó tiempo y esfuerzos considerables para desarrollar las capacidades en los cuatro países y generar un grupo inicial de profesionales que ahora están en condiciones de utilizar la metodología para evaluar la vulnerabilidad de la biodiversidad de manera exitosa en sus áreas de interés.

Todavía existe gran demanda y necesidad de eventos de capacitación en la temática en la región de los Andes tropicales. Por ello, el grupo de trabajo pretende continuar con su programa de capacitación e impulsar la implementación de planes y acciones de adaptación en ecosistemas



Niña guía en Bolivia. Foto de Santiago Ortega

prioritarios. A través de este programa también se aspira encaminar un proceso de retroalimentación y mejoramiento continuo de la metodología propuesta.

## RECOMENDACIONES PARA LAS POLÍTICAS PÚBLICAS

### **Medio ambiente**

El cambio climático es un fenómeno de largo plazo, que afecta los ecosistemas produciendo cambios en la temperatura, la estacionalidad y el régimen de precipitaciones. Sin embargo, algunos de estos cambios ya se están evidenciando en la región de forma preocupante. Estas alteraciones tienen impactos diferenciales sobre las especies y causan una reducción en la biodiversidad con el consecuente debilitamiento de los ecosistemas y la pérdida de servicios ecosistémicos tan importantes para la región.

Se trata de un fenómeno gradual pero constante, que incrementa la vulnerabilidad de los ecosistemas y por consiguiente plantea una amenaza a los medios de vida de las poblaciones locales, sean éstas comunidades indígenas,

rurales o urbanas. Las alteraciones en el ciclo hidrológico y las variaciones de temperatura operan generando en el largo plazo un desplazamiento de los pisos altitudinales y sus ecosistemas característicos. Aparecen así plagas y enfermedades que no son características de la zona ante las que los habitantes se ven más vulnerables aún.

Las tendencias de cambio del clima exacerbaban la variabilidad climática, que se manifiesta, por ejemplo, en la ocurrencia cada vez más frecuente de sequías prolongadas o precipitaciones torrenciales. Se trata de eventos severos o extremos, que actúan en el corto plazo, y cuyas consecuencias pueden ser irreversibles, y causan pérdidas de vidas y económicas de gran magnitud.



Camino de Carabuco a Charazani en Bolivia. Foto de Daniel Ruiz-Carrascal

## RECOMENDACIONES PARA LAS POLÍTICAS PÚBLICAS (cont.)

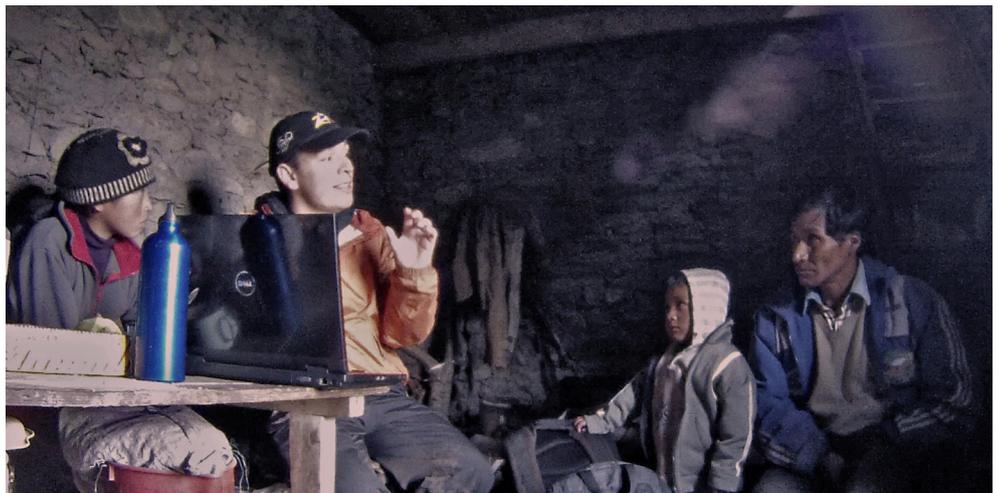
Además, los efectos del cambio y la variabilidad del clima se combinan con los cambios en el uso del suelo y exacerbaban la vulnerabilidad de la rica biodiversidad de la región. Las complejas interacciones resultantes requieren más atención de científicos y tomadores de decisiones con el fin de poder abordar sus consecuencias.

Generar conocimientos que resulten útiles para comprender, priorizar, implementar acciones, programas y políticas de adaptación y conservación en pos de un desarrollo sostenible, requiere formar equipos inter y transdisciplinarios donde se fomente el trabajo y la colaboración entre científicos, tomadores de decisiones y la sociedad civil.

Los investigadores del proyecto consideran que la construcción de capacidades en amplios sectores de la sociedad, incluyendo las comunidades locales y los tomadores de decisiones podría contribuir a la toma de acciones de adaptación y resiliencia dirigidas a una efectiva solución o mitigación de problemas de importancia creciente en la región.

necesidades del entorno, y que se ejecuten de manera cooperativa, interinstitucional, interdisciplinaria y, quizás más importante, transdisciplinaria.

Cuando los tomadores de decisiones participan desde las etapas tempranas de un proyecto, no sólo pueden apropiarse y utilizar las herramientas que se desarrollan, sino que al comunicar sus necesidades, sus tiempos y forma de trabajo, contribuyen a que el desarrollo de esas herramientas sea más adecuado. Esto beneficia a más sectores de interés, ya que permite presentar la información



Un investigador explica cómo funcionan los sensores de temperatura y humedad ubicados en la localidad de Keara Antiguo en Bolivia. Foto de Santiago Ortega

### Ciencia-acción

La experiencia exitosa del presente proyecto genera una reflexión acerca de la importancia de fortalecer las labores de investigación de los grupos que trabajan en torno a los cambios ambientales y la biodiversidad, así como de aquellos que profundizan en los procesos de toma de decisiones e investigación-acción en las áreas de conservación y adaptación.

Es fundamental aunar esfuerzos que permitan el desarrollo de iniciativas que estén en sintonía con las

en un formato amigable (y compatible) con sus plataformas de uso diario.

Los conocimientos generados en el desarrollo del proyecto están disponibles para continuar su divulgación. Se recomienda una adecuación del lenguaje según el público receptor para que círculos aún más amplios de nuestra sociedad estén en condiciones de tomar acciones informadas ante los cambios ambientales que se continuarán presentando desde el corto plazo en adelante.

El proyecto "Impactos del cambio climático en la biodiversidad de los Andes tropicales: Riesgo climático, vulnerabilidad y herramientas de toma de decisiones para la planificación de la conservación", fue financiado por John D. and Catherine T. MacArthur Foundation y coordinado por el Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global.

Textos: Sebastian Herzog, Daniel Ruiz Carrascal, Paula Richter, Marcella Ohira - Diseño: Sebastian Herzog, Paula Richter

