

Propuestas andinas

Diálogo Andino
entre la Ciencia y la Política



Respuestas de los bosques andinos a los cambios ambientales globales

Nuestro conocimiento de las respuestas de los bosques tropicales a cambios ambientales todavía es limitado (Lewis *et al.*, 2004, Clark, 2004, Wright, 2005). Incluso los patrones generales de dinámica y productividad de bosques andinos han sido pobremente caracterizados debido a la falta de estudios ecológicos de campo, y por la complejidad de la variación ambiental en estos ecosistemas en cuanto a su topografía y clima (Pitman *et al.*, 2011, Killeen *et al.*, 2007, Buytaert *et al.*, 2010, Werner and Homeier, 2014). Esta falta de conocimiento es problemática en vista de que los Andes Tropicales constituyen una de las áreas más importantes para la conservación biológica mundial (Myers *et al.*, 2000) y porque proveen de valiosos servicios ecosistémicos (e.g., provisión de agua, almacenamiento de carbono) a grandes poblaciones humanas (Cincotta *et al.*, 2000, Spracklen and Righelato, 2014, Buytaert W. *et al.*, 2009). Adicionalmente, el funcionamiento ecosistémico de los Andes está íntimamente vinculado con el de los bosques amazónicos, y de otras áreas críticas para la conservación biológica. La falta de conocimiento acerca de la influencia del clima en la dinámica y productividad de los bosques tropicales es de especial interés para desarrollar acciones de adaptación y mitigación del cambio climático global (CCG) (Silva *et al.*, 2013).

En general, las tasas de recambio de individuos arbóreos (mortalidad y reclutamiento) y las tasas de acumulación de biomasa (o carbono) están definidas por factores ambientales. En ecosistemas de montaña, el recambio de árboles y las tasas de acumulación de carbono tienden a disminuir con la elevación, a medida que la temperatura ambiental decrece (Stephenson and van Mantgem, 2005, Girardin *et al.*, 2010, Homeier *et al.*, 2010, Huasco *et al.*, 2013, Leuschner *et al.*, 2013). La influencia de la disponibilidad de agua en la dinámica de los bosques es menos clara. En general, la precipitación tiende a tener un efecto positivo en las tasas de recambio y de acumulación de carbono, pero los patrones no son lineales, y altas tasas de precipitación pueden disminuir la acumulación de carbono (Schoor and Matson, 2001).

Cada vez existen más evidencias de que la temperatura y los patrones de precipitación están cambiando en la región andina (Ruiz *et al.*, 2008, Mora *et al.*, 2014, Urrutia and Vuille, 2009), y de que los bosques andinos ya están respondiendo a estos cambios ambientales. En este boletín de Propuestas Andinas presentamos tres estudios recientes –dos de ellos vinculados con la Red de Bosques andinos (www.condesan.org/redbosques)– que contribuyen a conocer como los bosques y otros ecosistemas de la cordillera de los Andes están respondiendo a los cambios ambientales globales.

Estas investigaciones fueron escogidas porque analizan los impactos del cambio climático en los bosques (y otros ecosistemas) andinos desde la plataforma de la Red de Bosques Andinos. Los estudios brindan una mirada general de cómo el cambio climático y la influencia humana interactúan para generar diferentes patrones de impacto sobre los bosques andinos. Por ejemplo, el estudio “Patrones regionales de dinámica y área basal de bosques andinos” (Báez *et al.* 2015) utiliza información recopilada en parcelas permanentes a lo largo de cuatro países andinos (Figura 1) para demostrar que la dinámica de estos ecosistemas, a pesar de la heterogeneidad dada por variación en el suelo y composición de especies, está fuertemente influenciada por la elevación y, en consecuencia, por la temperatura ambiental. Igualmente, este estudio indica que a escalas espaciales relativamente pequeñas las actividades antropogénicas relacionadas con la recuperación del bosque podrían influir más fuertemente que el clima en la dinámica del bosque. De manera similar, el estudio sobre “Migración térmica de los bosques andinos en Colombia” (Duque *et al.* 2015) utiliza información recolectada en campo y disponible en bases de datos de herbarios para evidenciar patrones de migración de árboles hacia mayores elevaciones. Finalmente, el estudio “Desplazamiento de la vegetación en el volcán Chimborazo en los últimos 200 años” (Morueta-Holme *et al.* 2015) utiliza datos históricos —tomados por el naturalista Alexander von Humboldt— y evaluaciones contemporáneas para evaluar los efectos del cambio climático y las actividades humanas en la distribución de la vegetación zonal del páramo.



Figura 1. Distribución de parcelas permanentes en los Andes (Báez *et al.*, 2015).

PATRONES REGIONALES DE DINÁMICA Y ÁREA BASAL DE BOSQUES ANDINOS

El objetivo de Báez *et al.* (2015) fue conocer cómo influyen, a escala continental, la variación en la altitud (o temperatura) y la precipitación en los patrones de recambio de individuos y la tasa de acumulación de carbono en los bosques andinos. El estudio se realizó a partir de datos de 63 parcelas permanentes de monitoreo forestal ubicadas en un gradiente latitudinal de aproximadamente 4000 kilómetros, incluyendo Colombia, Ecuador, Perú y Argentina (Figura 1). Las parcelas variaron de tamaño de 0,4 a 1 ha y fueron establecidas por equipos de investigadores independientes con distintos propósitos. A pesar de ello, todas compartieron métodos de instalación y censos, comparables al protocolo RAINFOR¹. En cada parcela, se identificaron y midieron al menos dos veces todos los árboles con diámetro a la altura del pecho (DAP) ≥ 10 cm. Los primeros censos se realizaron entre 1996 y 2009 (media del año del primer censo = 2003,1 \pm 0,34), en tanto que los censos siguientes se llevaron a cabo entre 2000 y 2012 (media del año del último censo = 2008,3 \pm 0,31). Las parcelas fueron re-medidas en un promedio de 5,2 años después del primer censo. Con esta información se calcularon los porcentajes de recambio de árboles, entendido como el promedio entre la mortalidad y reclutamiento de nuevos individuos a la comunidad, crecimiento de individuos, y cambio neto del área basal de cada parcela del estudio.

Se analizaron las relaciones entre las medidas de demografía de la comunidad de árboles y diversas variables ambientales y geográficas (Tabla 1). Los análisis incluyeron la siguiente información para cada parcela: latitud, altitud, precipitación anual total, temperatura mínima (es decir, el promedio de las temperaturas mínimas mensuales), e índice ombrotérmico del bimestre más seco (Iod2). El índice ombrotérmico expresa la relación entre la precipitación y la temperatura en un sitio determinado y se utiliza para clasificar la vegetación en categorías que van desde árido (índice con valores inferiores a 1) a ultra hiper-húmedo (índice con valores superiores a 24), por lo tanto se utiliza para evaluar variación en humedad entre sitios.

¹ El protocolo de referencia para el monitoreo de diversidad vegetal y carbono en bosques andinos se encuentra disponible en <http://www.condesan.org/portal/publicaciones/monitoreo-de-diversidad-vegetal-y-carbono-en-bosques-andinos-protocolo-extendido-protocolo-2-version>

Tabla 1. Variables ambientales y demográficas de bosques de los Andes Nor-centrales y del Nor-oeste de Argentina

PARÁMETRO	ANDES NOR-CENTRALES MEDIA \pm DS (MIN-MAX) N = 45	NOR-OESTE DE ARGENTINA MEDIA \pm DS (MIN-MAX) N = 18
Latitud	0,74 + 1,17 (11,26 - 13,11)	-25,15 + 0,44 (-22,27 - 26,76)
Precipitación anual total (mm)	2620 + 169 (1007-5977)	1084 + 12 (925-1150)
Índice ombrotérmico (Iod2)	5,43 + 0,64 (0,05 - 16,76)	0,60 + 0,05 (0,32 - 1,01)
Tasa de recambio de árboles (% año ⁻¹)	1,88 + 0,11 (0,25-3,21)	2,42 + 0,24 (1,18-5,54)
Crecimiento de árboles por parcela (m ² ha ⁻¹ año ⁻¹)	0,41 + 0,03 (0,12-0,92)	0,41 + 0,03 (0,27-0,71)
Cambio neto de área basal por parcela (% ha ⁻¹ año ⁻¹) ^a	0,31 + 0,21 (-2,44-2,86)	0,55 + 0,23 (-1,09-3,48)

^a Calculado para 32 parcelas de los Andes Nor-centrales (Perú, Ecuador, Colombia).



Análisis estadísticos

Se utilizó un Análisis de Componentes Principales (PCA) para reducir y caracterizar la heterogeneidad ambiental registrada en las 63 parcelas de monitoreo de dinámica de bosques en pocas variables no correlacionadas. Luego, se realizaron análisis de regresión lineal para examinar las relaciones entre los dos primeros ejes del PCA y el recambio de árboles, las tasas de crecimiento a escala individual y de cada parcela. Los análisis se realizaron por separado para las parcelas ubicadas en los Andes Nor-centrales y para las del Nor-oeste de Argentina para separar parcelas con condiciones ambientales muy diferentes debido a su ubicación geográfica.

En un segundo PCA se incluyeron las variables ambientales de las 32 parcelas de los Andes Nor-centrales (Figura 1). Se utilizaron los valores de cada una de las parcelas en los dos primeros ejes de PCA para identificar dos grupos de parcelas con diferentes condiciones ambientales: Bosques Muy Húmedos Montano Altos (BMHMA) y Bosques Húmedos Montano Bajos (BHMB).

Dinámica de los bosques de los Andes Norte-Centro

Los resultados de este estudio indicaron que la demografía de la comunidad arbórea está determinada principalmente por la elevación (o temperatura). La tasa de recambio de árboles, y el crecimiento de árboles individuales disminuyen al aumentar la elevación. No se detectaron respuestas de los bosques relacionadas con la precipitación, posiblemente debido a que la heterogeneidad geográfica de los Andes dificulta estimar adecuadamente la precipitación utilizando bases de datos como WorldClim (Hijmans *et al.* 2015). Es importante notar que el estudio reveló dos tipos de bosque, cada uno caracterizado por condiciones ambientales y con marcadas diferencias en su demografía. En la Tabla 2 se resumen las características de la dinámica arbórea de estos dos tipos de bosque.

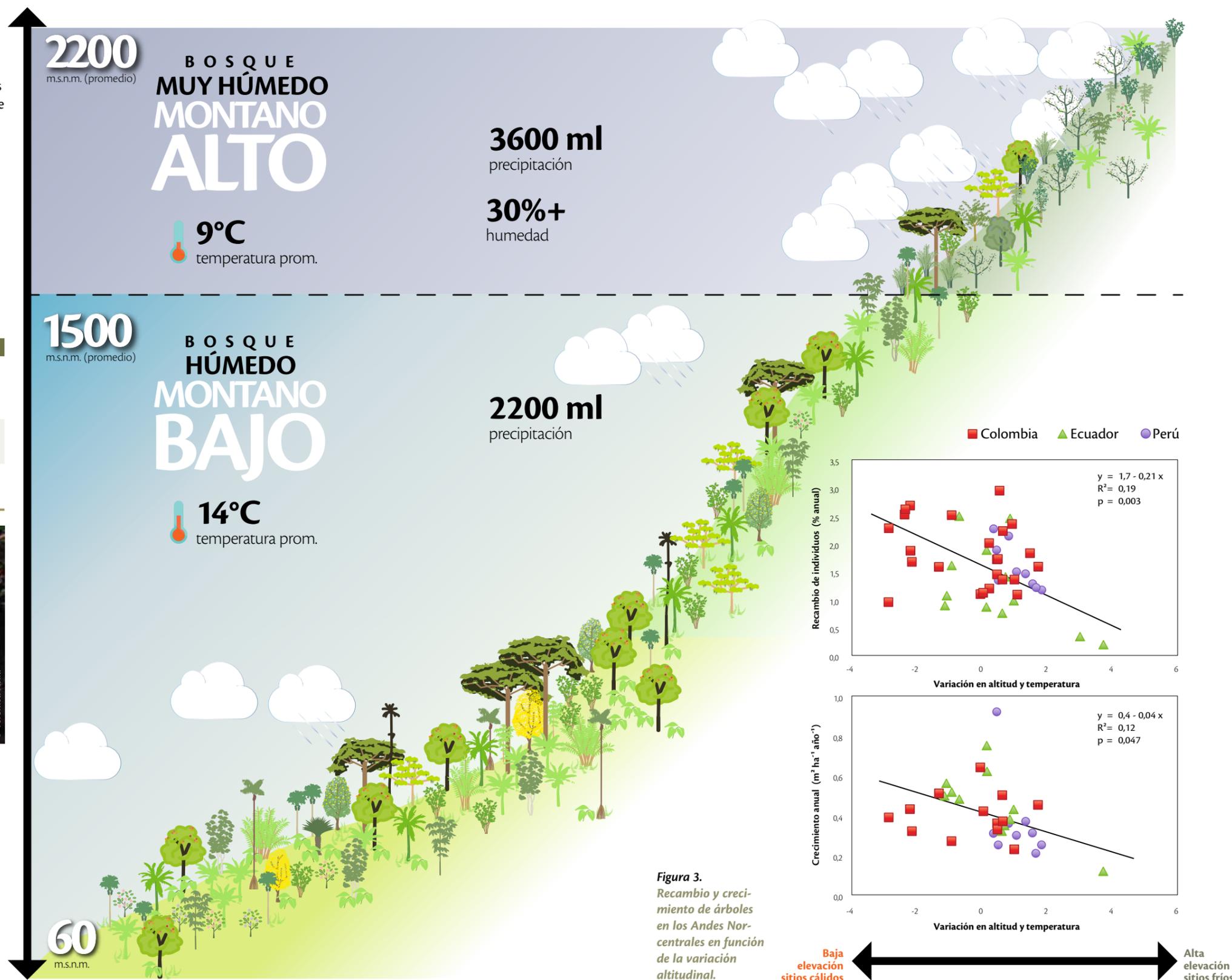
Tabla 2. Tendencias de cambio

BOSQUES HÚMEDOS MONTANO BAJOS	BOSQUES MUY HÚMEDOS MONTANO ALTOS
Aumentaron en área basal (media = 0,84 ± 0,26%)	No presentaron cambios en área basal (media = -0,19 ± 0,25%)
Tuvieron mayor crecimiento relativo de árboles que los BMHMA	Tuvieron menor crecimiento relativo de árboles que los BHMB
Mortalidad y reclutamiento balanceados	Mayor mortalidad que reclutamiento



© Verónica Ávila

Figura 2. Grupos de bosques con características ambientales y dinámica distinta en los Andes del Norte-Centro (Báez *et al.*, 2015).





© Alfredo Grau

Dinámica de los bosques en el Nor-oeste argentino

Los bosques andinos del Nor-oeste de Argentina tuvieron un patrón opuesto al encontrado en los bosques de los Andes del Norte-Centro. A mayores altitudes los árboles crecieron más rápidamente, y las parcelas de mayor altitud ganaron mayor área basal que las parcelas ubicadas en sitios de menor elevación. Esta inversión en los patrones de las tasas aumento de área basal a escala de parcela debido al establecimiento de nuevos árboles podría estar relacionadas con la historia de uso del bosque, principalmente recuperación del bosque al eliminar el pastoreo por ganado.

Figura 4. Bosques de montaña del Nor-oeste de Argentina.

MIGRACIÓN TÉRMICA DE LOS BOSQUES ANDINOS EN COLOMBIA

El estudio de Duque *et al.* (2015), demuestra que los bosques andinos en Colombia están respondiendo al cambio climático de manera direccional y sistemática. Este estudio utilizó datos de censos de árboles juveniles y adultos en 16 parcelas permanentes distribuidas entre 0 y 4000 m de altitud, monitoreadas entre 2006 y 2014. La investigación demostró que los rangos de distribución de las especies de árboles considerados en el estudio están desplazándose hacia sitios de mayor elevación, y están disminuyendo en extensión debido a que su límite inferior está migrando hacia arriba, un

proceso denominado "termofilización". En consecuencia, las especies de bosques andinos están migrando hacia zonas de mayor elevación como una respuesta al calentamiento ambiental. Este estudio sugiere que el riesgo de extinción de especies y la pérdida de biodiversidad local está aumentando. Otros filtros ambientales (e.g., tipo de suelo) y las alteraciones antropogénicas (e.g., pérdida de hábitat, degradación de bosques) pueden limitar la migración de especies y disminuir la capacidad de las comunidades arbóreas de responder al cambio climático (Figura 5).

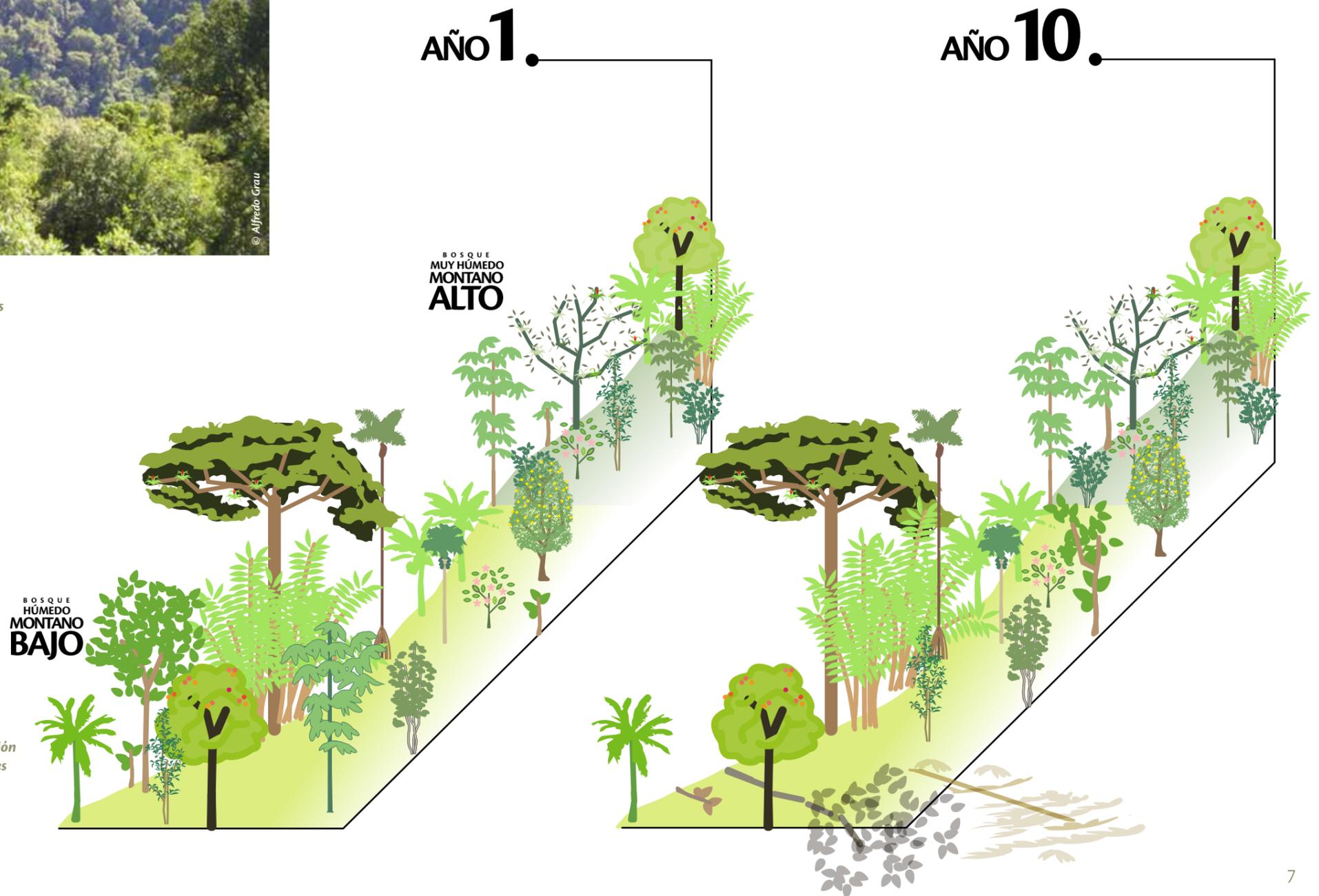


Figura 5. Migración termal de árboles andinos

DESPLAZAMIENTO DE LA VEGETACIÓN EN EL VOLCÁN CHIMBORAZO EN LOS ÚLTIMOS 200 AÑOS

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA LA ACCIÓN

Las maneras en las cuales está cambiando la distribución de las especies en los ecosistemas tropicales de montaña ha sido pobremente documentada a escalas temporales largas debido a la escasez de registros históricos. En 1802, el naturalista alemán Alexander von Humboldt exploró la distribución de las especies y de la vegetación en el gradiente de elevación y en las áreas aledañas al volcán Chimborazo en Ecuador. En 2012, 200 años después de la visita de Humboldt, se evaluaron las distribuciones actuales de las especies de plantas y de la vegetación en el Chimborazo, en comparación con los registros históricos (Morueta-Holme *et al.*, 2015). Los resultados de esta investigación indicaron que en los últimos 200 años las especies de plantas y la vegetación zonal se ha desplazado hacia mayores altitudes, en un promedio de 500 m. Estos cambios en los rangos de distribución son consistentes con temperaturas ambientales más altas, y el retroceso del glaciar del volcán Chimborazo desde el estudio llevado a cabo por Humboldt. Estos resultados proveen evidencias robustas de que el cambio climático global está influenciando fuertemente la distribución de las especies de plantas tropicales. Esta idea es consistente con la propuesta de Humboldt: el clima juega un papel crítico en el control de la distribución altitudinal de la vegetación.

La elevación, a través de su efecto en la temperatura, afecta las tasas de crecimiento de los árboles, y las tasas de acumulación de carbono. En los bosques andinos, la dinámica demográfica disminuye a medida que aumenta la elevación, por el efecto negativo de la temperatura en el metabolismo de las plantas, entre otras razones. En el contexto de la alteración de las condiciones bioclimáticas como resultado del cambio climático, los bosques andinos están cambiando. Por un

lado, los bosques húmedos montano bajos acumulan carbono. En contraste, los bosques muy húmedos montanos altos parecen tener una tendencia a perder biomasa.

Estas tendencias de cambio en los bosques andinos deben ser consideradas en un contexto de influencia antropogénica. Es así que en los bosques andinos del Nor-oeste de Argentina la recuperación del bosque después de la intervención antropogénica puede revertir la influencia de la temperatura en la dinámica del bosque. Los bosques a mayores altitudes tienen tasas de crecimiento de individuos y de acumulación de biomasa más altas

de lo esperado debido a que se están recuperando de la presión ejercida por la ganadería.

A nivel de especies, se observan patrones drásticos de impactos asociados al cambio climático. En los Andes de Colombia, el aumento de temperatura está ocasionando que los árboles de tierras altas (adaptados a vivir a bajas temperaturas) estén muriendo en sus rangos inferiores de distribución altitudinal. Si a este patrón se suman los efectos de cambios de cobertura y uso de la tierra que generan presiones por deforestación y degradación de bosques andinos, las perspectivas de sobrevivencia de las especies de árboles andinos a largo plazo se vuelven inciertas.

Otros ecosistemas andinos reflejan patrones similares a los observados en los bosques andinos. El aumento en la temperatura ambiental ha ocasionado que en los



© Jan Baiker



© Pablo Lozano

últimos 200 años las especies de plantas de los páramos del Chimborazo migren hacia mayores elevaciones e incluso colonicen zonas que antes estuvieron cubiertas por glaciares. Así mismo, las actividades antropogénicas han promovido la expansión de los páramos de pajonal hacia menores elevaciones, y han ocasionado disminuciones en el área de distribución de los bosques andinos.

Estos estudios indican que los bosques andinos pueden estar sujetos a una doble presión por los efectos combinados del cambio climático y los regímenes históricos y actuales de uso de la tierra. Si se considera el hecho de que las especies de bosques andinos difícilmente pueden establecerse en páramos y punas altoandinas (Rehm y Feeley 2015), es probable que se necesiten respuestas de manejo proactivas para mejorar las posibilidades de persistencia de los bosques andinos.

El uso de información contenida en bases de datos históricas y contemporáneas (e.g., herbarios, colecciones de museos, parcelas permanentes manejadas por investigadores individuales) es de utilidad para evaluar las maneras en que el cambio climático global está afectando la distribución de los ecosistemas andinos y sus especies más representativas. El monitoreo ambiental a largo plazo es una aproximación clave para predecir los cambios en la diversidad y funcionamiento ecosistémico que tendrá lugar en el futuro cercano, y por lo tanto será de gran utilidad para planificar acciones de adaptación y mitigación local y regional del cambio climático global.



© Verónica Ávila

REFERENCIAS:

- Báez, S., Malizia, A., Carilla, J., Blundo, C., Aguiar, M. R., Aguirre, N., Aguirre, Z., Álvarez, E., Cuesta, F., Duque, A., Farfán Ríos, W., García-Cabrera, K., Grau, R., Homeier, J., Linares-Palomino, R., Malizia, L., Melo Cruz, O., Osinaga, O., Phillips, O. L., Reynel, C., Silman, M. R. & Feeley, K. J. (2015) Large-scale patterns of turnover and basal area change in Andean forests. *PLoS One*, 2015. 10: p. e0126594.
- 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. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 14, 1247-1258.
- 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.
- Cincotta, R. P., Wisniewski, J. & Engelman, R. (2000) Human population in the biodiversity hotspots. *Nature*, 404, 990-992.
- Clark, D. A. (2004) Sources or sinks? The responses of tropical forests to current and future climate and atmospheric composition. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 359, 477-491.
- Duque, A., Stevenson, P. R. & Feeley, K. J. (2015) Thermophilization of adult and juvenile tree communities in the northern tropical Andes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112, 10744-10749.
- Girardin, C. A. J., Malhi, Y. M., Aragao, L. E. O. C., Mamani, M., Huaraca Huasco, W., Durand, L., Feeley, K. J., Rapp, J., Silva-Espejo, J. E., Silman, M. R., Salinas, N. & Wittaker, R. J. (2010) Net primary productivity allocation and cycling of carbon along a tropical forest elevational transect in the Peruvian Andes. *Global Change Biology*, 2010. 16: 3176-3192.
- Hijmans, R. J., S. E. Cameron, J. L. Parra, P. G. Jones, y A. Jarvis. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25:1965-1978.
- Homeier, J., Breckle, S.-W., Günter, S., Rollenbeck, R. T. & Leuschner, C. (2010) Tree diversity, forest structure and productivity along altitudinal and topographical gradients in a species-rich Ecuadorian montane rain forest. *Biotropica*, 42, 140-148.
- Huasco, W. H., Girardin, C. A. J., Doughty, C. E., Metcalfe, D. B., Baca, L. D., Silva-Espejo, J. E., Cabrera, D. G., Aragão, L. E. O. C., Davila, A. R., Matthews, T. R., Huaraca-Quispe, L. P., Alzamora-Taype, I., Mora, L. E., Farfán-Ríos, W., Cabrera, K. G., Halladay, K., Salinas-Revilla, N., Silman, M. R., Meir, P. & Malhi, Y. (2013) Seasonal production, allocation and cycling of carbon in two mid-elevation tropical montane forest plots in the Peruvian Andes. *Plant Ecology & Diversity*, 7, 125-142.
- Killeen, T. J., Douglas, M., Consiglio, T., Jørgensen, P. M. & Mejia, J. (2007) Dry spots and wet spots in the Andean hotspot. *Journal of Biogeography*, 34, 1357-1373.
- Leuschner, C., Zach, A., Moser, G., Homeier, J., Graefe, S., Hertel, D., Wittich, B., Soethe, N., Iost, S., Röderstein, M., Horna, V. & Wolf, K. (2013) The carbon balance of tropical mountain forests along an altitudinal transect, Southern Ecuador. *Ecosystem services, biodiversity and environmental change in a tropical mountain ecosystem of South Ecuador. Ecological Studies* (eds J. Bendix, E. Beck, A. Bräuning, F. Makeschin, R. Mosandl, S. Scheu & W. Wilcke), pp. 117-139. Springer, Berlin.
- Lewis, S. L., Phillips, O. L., Baker, T. R., Lloyd, J., Malhi, Y., Almeida, S., Higuchi, N., Laurance, W. F., Neill, D. A., Silva, J. N. M., Terborgh, J., Torres Lezama, A., Vázquez-Martínez, R., Brown, S., Chave, J., Kuebler, C., Nájera Vargas, P. & Vinceti, B. (2004) Concerted changes in tropical forest structure and dynamics: evidence from 50 South American long-term plots. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 359, 421-436.
- Mora, D. E., Campozano, L., Cisneros, F., Wyseure, G. & Willems, P. (2014) Climate changes of hydrometeorological and hydrological extremes in the Paute basin, Ecuadorian Andes. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 18, 631-648.
- Morueta-Holme, N., Engemann, K., Sandoval-Acuña, P., Jonas, J. D., Segnitz, R. M. & Svenning, J.-C. (2015) Strong upslope shifts in Chimborazo's vegetation over two centuries since Humboldt. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112, 12741-12745.
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Fonseca, G. A. d. & Kent, J. (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403, 843-858.
- Pitman, N., Widmer, J., Jerkins, C. N., Stocks, G., Seales, L., Paniagua, F. & Bruna, E. M. (2011) Volume and Geographical Distribution of Ecological Research in the Andes and the Amazon, 1995-2008. *Tropical Conservation Science*, 4, 64-81.
- Rehm, E. M., y K. J. Feeley. 2015. The inability of tropical cloud forest species to invade grasslands above treeline during climate change: potential explanations and consequences. *Ecography* 38:1167-1175.
- Ruiz, D., Moreno, H. A., Gutiérrez, M. E. & Zapata, P. A. (2008) Changing climate and endangered high mountain ecosystems in Colombia. *Science of The Total Environment*, 398, 122-132.
- Schuur, E. A. G. & Matson, P. A. (2001) Net primary productivity and nutrient cycling across a mesic to wet precipitation gradient in Hawaiian montane forest. *Oecologia*, 128, 431-442.
- Silva, C. E., Kellner, J. R., Clark, D. B. & Clark, D. A. (2013) Response of an old-growth tropical rainforest to transient high temperature and drought. *Global Change Biology*, 19, 3423-3434.
- Spracklen, D. V. & Righelato, R. (2014) Tropical montane forests are a larger than expected global carbon store. *Biogeosciences*, 11, 2741-2754.
- Stephenson, N. L. & van Mantgem, P. J. (2005) Forest turnover rates follow global and regional patterns of productivity. *Ecology Letters*, 8, 524-531.
- Urrutia, R. and M. Vuille, Climate change projections for the tropical Andes using a regional climate model: Temperature and precipitation simulations for the end of the 21st century. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 2009. 114(D2): D02108.
- Werner, F.A. and J. Homeier, Is tropical montane forest heterogeneity promoted by a resource-driven feedback cycle? Evidence from nutrient relations, herbivory and litter decomposition along a topographical gradient. *Functional Ecology*, 29: p. 430-440.
- Wright, S. J. (2005) Tropical forests in a changing environment. *Trends in Ecology & Evolution*, 20, 553-560.



Propuestas andinas

Diálogo andino entre la ciencia y la política

AUTORES DE ESTA NOTA:

SELENE BÁEZ
AGUSTINA MALIZIA
JULIETA CARILLA
ORIANA OSINAGA

AGRADECIMIENTOS:

R.M. SEGNITZ Y N. MORUETA-HOLME GENTILMENTE NOS PROPORCIONARON UNA VERSIÓN EN ESPAÑOL DE LA FIGURA «DESPLAZAMIENTO DE LA VEGETACIÓN DEL VOLCÁN CHIMBORAZO EN LOS ÚLTIMOS 200 AÑOS», PUBLICADA INICIALMENTE EN MORUETA-HOLME ET AL. 2016. PNAS. 112, 12741-12745.

MAPA ELABORADO POR:

EDWIN ORTIZ

REVISIÓN TÉCNICA:

MANUEL PERALVO, FRANCISCO CUESTA
CONDESAN

DIAGRAMACIÓN:

VERÓNICA ÁVILA



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

Sede Lima: Av. La Molina 1895
(Puerta Nro. 3 del Centro Internacional de la Papa)
Lima, Perú
Sede Quito: Calle Germán Alemán
E12-123 y Carlos Arroyo del Río
Quito, Ecuador

condesan@condesan.org
www.condesan.org

Este documento se elaboró con el apoyo del Programa Bosques Andinos, una iniciativa regional implementada por CONDESAN y HELVETAS Swiss Intercooperation y financiado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y Cooperación (COSUDE) en siete países de la cordillera Andina, y al Proyecto EcoAndes, implementado por CONDESAN y financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF - por sus siglas en inglés) a través del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

Décima cuarta edición. Año 6. Octubre 2016. Lima, Perú; Quito, Ecuador.

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 de 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.



CONDESAN
Consortio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación COSUDE

ECOANDES



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY
INVESTING IN OUR PLANET