

El impacto del cambio climático en los bosques de la vertiente oriental de los Andes tropicales

Por: Lucy Hayes*

Resumen

Este artículo forma parte de la serie de documentos de trabajo sobre Adaptación y Mitigación al Cambio Climático en los Andes Tropicales del Perú, desarrollada por **Soluciones Prácticas**. En este artículo se reflexiona acerca de los efectos del cambio climático sobre toda América Latina, y en particular se analiza la situación de la región de bosques tropicales, donde las comunidades más pobres suelen ser las más vulnerables a las variaciones del clima porque están menos preparadas, cuentan con menos recursos para enfrentar los riesgos, y con frecuencia, tienen una mayor exposición a los impactos. Este artículo analiza los riesgos que implican estos cambios en la región, con un enfoque mayor en los Andes orientales, donde haya información disponible. Entender los riesgos y posible impacto del cambio climático es importante porque permite tener en cuenta las necesidades de la adaptación y de gestión de riesgos durante el desarrollo de los proyectos para la reducción de la pobreza. Por eso, para quienes trabajan en este ámbito, es importante considerar los riesgos de las alteraciones del clima y la incertidumbre durante el proceso del diseño. **Soluciones Prácticas** tiene una serie de proyectos en toda América del Sur, en particular en la región andina, y está interesada en entender cómo el cambio climático afectará a esta área en el futuro. En particular, se interesa en los bosques de la vertiente oriental de los Andes (Yungas) que es una zona de alto valor por sus servicios ecosistémicos y por su potencial para la agricultura.

Palabras clave: ecosistemas, cambio climático, variación climática, riesgos, Andes, impacto.

* Asesora científica en cambio climático en el Departamento de Energía y Cambio Climático del gobierno del Reino Unido. Es miembro de la delegación del Reino Unido a la CMNUCC y se especializa en los riesgos del cambio climático.

Contexto general

La evidencia muestra que el clima global está cambiando y hay un sólido consenso científico de que los impactos se agravarán y podrán llegar a ser peligrosos en ausencia de medidas decisivas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero de origen humano. América del Sur ya ha experimentado aumentos de la temperatura y cambios en los patrones de la precipitación. Se espera impactos significativos a causa del cambio climático futuro en la región. A gran escala, estos impactos implican un proceso de reducción de la Amazonía debido a la disminución de las lluvias; así como una reducción de los glaciares de los Andes.

Los impactos de menor escala son menos entendidos. Hay incertidumbre en la predicción del cambio climático a nivel local, sobre todo en términos de los patrones de precipitación. Este hecho hace que resulte difícil entender cómo serán afectados los diversos ecosistemas y sistemas humanos, incluidos los de los bosques andinos orientales.

El problema del cambio climático global

Existe el consenso general de que las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de origen humano están causando el calentamiento global y los cambios asociados en el clima. Esto ha sido reafirmado por la autoridad principal en la ciencia del clima, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC, 2013).

Los modelos climáticos globales (GCM, en inglés) son modelos matemáticos basados en programas informáticos que se utilizan para predecir los futuros cambios en el sistema climático, en respuesta a variaciones tales como el aumento en las concentraciones de GEI. Estos modelos consideran como variables los diferentes componentes del sistema climático. Sin embargo, el sistema a nivel mundial es muy complejo y estos modelos no pueden capturar todos los detalles. Los científicos tampoco saben qué cantidad de gases de efecto invernadero emitirán los seres humanos, lo cual es un factor importante en las variaciones del clima en el futuro. Por estas razones, los científicos no pueden predecir exactamente lo que sucederá en los años que vengan.

Sin embargo, las investigaciones han demostrado que, sin estrategias y voluntades firmes para reducir las emisiones de GEI, es probable que los efectos del cambio climático se tornen muy graves. A nivel mundial, ya se ha detectado un aumento de las temperaturas y los niveles del mar, lo mismo que el deshielo de los glaciares, los patrones de precipitación alterados y perturbaciones climáticas extremas. Ante la indiferencia generalizada, es probable que estos factores negativos se intensifiquen.

Riesgos regionales

América Latina enfrenta riesgos claros y bien reconocidos relacionados con el cambio climático. La mayoría de los glaciares de los Andes han experimentado una drástica reducción de volumen desde el año 1970 y esta pérdida se está acelerando. Esto tendrá graves consecuencias para la

futura disponibilidad de agua para algunas comunidades. En el Perú, el 60% de la población puede verse afectada por una menor disponibilidad de agua (Chuquisengo Vásquez, 2004).

Por otra parte, la selva amazónica juega un papel muy importante en la regulación del clima local y regional, mediante el intercambio de grandes cantidades de agua y energía entre el bosque tropical y la atmósfera. La Amazonía tiene un papel importante en la retención de dióxido de carbono y ello la convierte en un importante sumidero de gases de efecto invernadero. La selva ya ha sido objeto de gran deforestación, lo que la hace más vulnerable a los efectos del cambio climático. Las investigaciones prevén una estación seca prolongada, lo mismo que el aumento de temperaturas en la Amazonía en el futuro (sobre todo en el noreste) (IPCC WG2, 2007). Estos factores la diezmarán y la harán más proclive a los incendios forestales.

Los cambios observados

El calentamiento ya se ha observado en los Andes tropicales, con el mayor incremento en la vertiente oriental. En los países del norte de los Andes, el aumento medio de la temperatura ha sido de 0,8 °C durante el siglo pasado. Para la precipitación, es difícil obtener información que indique alguna tendencia sistemática; sin embargo, la precipitación total y estacional muestra tendencias distintas entre regiones. Por ejemplo, las tendencias observadas muestran aumentos sistemáticos en precipitación en la vertiente occidental y reducciones en partes de la zona sur y central de la vertiente oriental de los Andes peruanos (Senamhi 2009a, c, Senamhi 2007a, b). Hay indicios de una tendencia a la reducción en eventos de lluvias extremas en los Andes centrales del Perú, mientras que hay un aumento en el número de días de lluvias extremas en los Andes del norte del país.

Proyecciones de cambio climático en los Andes tropicales

Existe incertidumbre significativa sobre los efectos del cambio climático en la región andina en el futuro. Aunque los modelos climáticos globales (GCM) representan los componentes del clima muy bien, no pueden representar cada detalle de un sistema muy complejo. También, el futuro del cambio climático dependerá del nivel de emisiones de gases de efecto invernadero, emisiones que no podremos calibrar con certidumbre.

Lo que los modelos capturan con bastante precisión son cambios en la temperatura. Las proyecciones muestran que las temperaturas seguirán aumentando. La gama de proyecciones es entre 2 y más de 5 °C para el 2100, en comparación con la era pre-industrial (alrededor de 1850), dependiendo del escenario de emisiones y de la ubicación. En general, los meses de junio, julio y agosto verán el mayor calentamiento (Urrutia, R. y Vuille, 2009). Se observará en la vertiente oriental de los Andes un incremento de temperaturas de hasta 4 °C en el 2100 (Solman *et al.* 2007, Nuñez *et al.* 2008). Los cambios previstos en precipitación tienden a ser menos coherentes, con regiones de aumento y disminución en los Andes. Por ejemplo, en los Andes occidentales del norte del Perú, se podrán notar aumentos de hasta del 10% en el 2030 (en la cuenca alta del río

Piura), mientras que es probable que en los Andes occidentales en el Perú, veamos más bien una disminución de hasta 10% en el 2030 para la cuenca Santa (Senamhi 2009 c, a). El flanco central y sudoriental manifestarán un aumento significativo, por ejemplo, de hasta un 35% en la cuenca del Mantaro y hasta un 24% en la cuenca del Urubamba en el 2100 (Senamhi 2007a, b). Más al noreste de los Andes (en la cuenca de Mayo), se espera que la precipitación disminuya hasta un 7% al año 2100 (Senamhi 2009b). Otros cambios esperados, relacionados con el cambio climático, los conforman el movimiento cuesta arriba de la correa de condensación y la reducción de la cobertura de nubes en los Andes del norte (como una consecuencia de más radiación solar recibida a nivel del suelo en la planta baja).

Las consecuencias de los cambios en los Andes, con enfoque en la vertiente oriental

Incluso con el escenario más optimista, las proyecciones señalan cambios importantes en el clima andino para finales del siglo 21, lo que probablemente producirá graves impactos en la actividad socioeconómica, los ecosistemas y el mantenimiento de la biodiversidad. Algunos de los principales impactos en la región están resumidos aquí, destacándose los resultados disponibles para la vertiente oriental de los Andes, en particular, los de los bosques 'Yungas'. **Soluciones Prácticas** reconoce que las comunidades ubicadas en estos bosques son poblaciones potencialmente muy vulnerables al cambio climático, sin embargo, hay pocas organizaciones que trabajan en la zona en el tema de la reducción de la pobreza en el contexto de las alteraciones del medioambiente.

Como ya hemos comentado, el panorama general del cambio de clima en el futuro en los Andes sigue siendo incierto, y esto también es aplicable para la vertiente oriental. Por lo tanto, hacer predicciones sobre el destino de los ecosistemas se vuelve difícil. Así, algunos de los resultados presentados están, por tanto, tomados de la opinión de expertos —como se publicó en Anderson. *et al.* 2011—, así como de la revisión de la literatura disponible.

La agricultura

La vertiente este de los Andes no es la más rica en términos de agricultura por causa de sus suelos relativamente poco profundos y sus vertientes empinadas. Sin embargo, la degradación forestal causada por humanos ha aumentado durante los últimos 60 años como consecuencia de la extracción de madera de zonas convertidas al pastoreo. Hoy en día, se ve un mosaico de usos de suelos para la agricultura. Entre los productos agrícolas más importantes están la yuca, el ganado, la coca, el café, el maíz, el plátano y el arroz. Algunos estudios han considerado en una manera muy amplia los riesgos para la agricultura en esta zona, como veremos a continuación.

Caldas *et al.* (2011) muestran que se pueden notar impactos tanto positivos como negativos del cambio climático en la agricultura a través de los Andes. El estudio no se enfoca en la vertiente oriental de los Andes, pero cubre una parte importante de toda la región. Demuestra que Colombia y Bolivia pueden ser especialmente afectadas, en particular en la producción de café y papas. Como contraparte, Ecuador y Perú obtendrían beneficios. En el caso de Ecuador, implicaría

una posibilidad de mayor crecimiento de la papa, y en Perú, el incremento de este tubérculo y el frijol. Los impactos localizados pueden ser más pronunciados, por ejemplo, como en el caso del café que es un cultivo de gran importancia en la vertiente oriental de los Andes y está en riesgo de una reducción en su producción debido al calentamiento (Guzman Vidal 2013).

En términos de agua, hay una alta demanda para el riego de la agricultura dentro de la cordillera andina. La evapotranspiración de los cultivos se incrementa con el aumento de la temperatura, por lo tanto, los requerimientos de agua para la producción de cultivos aumentarán. Adicionalmente, en áreas donde la precipitación suministra agua para los cultivos, una reducción en la precipitación puede significar un incremento en la demanda de agua para riego. Una reducción en la humedad puede ser favorable para la agricultura cuesta arriba, facilitando la intensificación de la agricultura o de pastoreo existentes, o puede expandir la frontera agrícola: por un lado hacia arriba, hacia elevaciones superiores, como ya se está observando (Halloy *et al.* 2005a); y de otro lado, hacia abajo, en los bosques tropicales de tierras bajas.

Los cultivos pueden ser cada vez más susceptibles al daño por insectos herbívoros y plagas bajo condiciones más cálidas y aumentos de CO₂ atmosférico. Los análisis de los fósiles de hojas de hace 55,8 millones de años, cuando se produjo una elevación súbita y transitoria de la temperatura y del CO₂ atmosférico, encontraron cambios climáticos vinculados a un aumento significativo en el porcentaje de hojas dañadas y la diversidad de los daños causados por insectos herbívoros (De Lucia *et al.* 2008). Además, muchas especies cultivadas son estrechamente dependientes de la polinización de los insectos, las aves y los murciélagos. Los efectos de cambio climático sobre estas especies podrían manifestarse en los rendimientos de los cultivos (ver Buchmann y Nabhan 1996, para los ejemplos de América del Norte). Disminuciones en esas especies podrían incrementar sustancialmente el riesgo de una mala cosecha, especialmente en combinación con fenómenos climáticos extremos (Garrett 2008).

Los ecosistemas

El bosque de Yungas abarca desde bosques de tierras bajas hasta los de neblina y de montaña de hojas perennes, cubriendo una serie de sistemas ecológicos. Las condiciones ecológicas de los Yungas son interesantes, formando un mosaico espacial de especies andinas y amazónicas rodeadas de laderas cubiertas de bosques montanos. El rango altitudinal ocupado por los Yungas es grande (alrededor 600-3.500 msnm). Hay algunas discusiones en la literatura sobre los impactos en esos ecosistemas.

Se cree que los ecosistemas normalmente se dispersan hacia arriba como respuesta a un incremento en la temperatura en seguimiento de un clima favorable. También se dice que las especies de bosque de neblina estarían restringidas en su capacidad de hacerlo, porque sus árboles demoran en dispersarse debido al lento crecimiento y el tiempo necesario para la formación de los suelos adecuados (Colwell, 2008., Lutz *et al.* 2013). Sin embargo, estudios realizados en el sur del Ecuador (Bendix 2010) reportan patrones de desplazamiento altitudinal en bosques montanos de la vertiente oriental. Además, ejercicios de modelamiento sugieren un patrón de desplazamiento en las especies de plantas en bosques montañosos de la cordillera oriental peruana en el futuro (Feeley y Silman 2010a, b).

Los bosques de neblina son muy sensibles a los cambios de humedad. El movimiento hacia arriba de la base de las nubes podría conducir a una disminución del agua en la atmósfera, con consecuencias para epífitas y las comunidades de animales que soportan. Se cree que los anfibios son particularmente vulnerables. De hecho, hasta ahora los únicos estudios científicos que sugieren un vínculo entre el cambio de la humedad y la vulnerabilidad de las especies en los Andes tropicales han sido sobre anfibios (Seimon *et al.*, 2007, La Marca *et al.*, 2005). No obstante, en el caso de las aves y plantas, un área muy particular de pérdida posible se concentra en las Yungas del oriente del Perú, donde los impactos proyectados son extremadamente altos, con pérdida en la riqueza de especies superiores al 60% (Cuesta *et al.* 2012). Los bosques de neblina también pueden ser vulnerables a los fenómenos extremos (Young *et al.* 2011). Incluso un solo evento de sequía puede causar mortalidad significativa de las plantas (Benzing 1998, Foster 2001). Además, muchas especies de plantas y animales están adaptadas a zonas con un rango de altitudes muy estrecho y son propensas a ser “expulsadas” por los cambios en el clima, lo que genera el aislamiento de las poblaciones y podría conducir a la extinción local.

Sociedad

Hay muy pocos estudios específicos sobre los impactos del cambio climático en las poblaciones que viven en la vertiente oriental de los Andes, pero hay algunas observaciones sobre sus vulnerabilidades. Las actividades humanas (por ejemplo, la tala de bosques, la alteración de los ríos, la minería, el pastoreo) ya ejercen una presión creciente sobre los ecosistemas tropicales andinos y su capacidad de proporcionar servicios de ecosistemas claves (Jarvis *et al.* 2010). La presión combinada del cambio climático y la degradación antropogénica de los paisajes pueden colocar muchos ecosistemas en peligro y afectar la futura seguridad alimentaria de las poblaciones andino orientales (FAO 1996; Brack 2005; Halloy *et al.* 2005a; Halloy *et al.* 2005b). Los bosques en inclinaciones pronunciadas son vulnerables a un aumento en la frecuencia de deslizamientos durante los eventos extremos de precipitación, especialmente donde los derrumbes exponen roca, lo cual es un riesgo importante para los pobladores locales. La humedad reducida, causada por el aumento de la temperatura y disminución de precipitación, hace que los bosques de neblina sean más propicios para la conversión al uso agrícola. También es posible que algunas partes del bosque de neblina puedan ser más vulnerables a los incendios forestales como consecuencia de la desecación (Young *et al.* 2011), lo que tendría efectos graves para las poblaciones humanas y los ecosistemas.

Conclusión

Ya se ha observado las variaciones medioambientales y sus impactos en los Andes, y para finales del siglo es probable que estos impactos sean más severos. La modelización del cambio climático en la región es un reto, y hay una necesidad de seguir mejorando la calidad de los modelos con el fin de proporcionar las mejores estimaciones de los riesgos futuros.

En los Andes tropicales los recursos hídricos, la biodiversidad, la agricultura y las poblaciones

humanas son todos ellos vulnerables. La vertiente oriental de los Andes, y en particular el bosque Yungas, es también propensa a graves consecuencias, incluyendo el desplazamiento y extinción de las especies, la reducción de la disponibilidad de agua para la agricultura y, posiblemente, más eventos extremos tales como deslizamientos de tierra debido a las lluvias más intensas e incendios forestales. Si bien se pueden proponer conclusiones generales sobre la base de observaciones y comparaciones con otros ecosistemas, esta región ha sido relativamente poco estudiada. Hay una clara necesidad de estudios más detallados sobre los efectos en este ecosistema.

Recomendaciones para investigaciones futuras y para el uso de esta información

A continuación, se dan algunas sugerencias sobre cómo se podría ayudar a mejorar la comprensión de los riesgos del cambio climático en esta región, y la manera en que se pueden tomar decisiones sobre la adaptación al cambio climático cuando hay información limitada acerca de los riesgos.

Tomar decisiones sobre el cambio climático con información limitada

Tal como se describe en el documento, la evidencia sobre los impactos futuros del cambio climático en las Yungas es limitada. Sin embargo, ¿significa esto que no se pueden tomar decisiones sobre la adaptación a las variaciones futuras del medioambiente futuro en dicha zona? Hay muchas situaciones que son similares a esta, especialmente en los países en desarrollo, donde la recolección de datos sobre el clima ha sido restringida y los modelos climáticos solo son capaces de dar una imagen aproximada de los futuros cambios del clima. A pesar de esto, hay formas de tomar decisiones sobre la adaptación al medioambiente en el futuro.

El cambio climático es un problema de largo plazo, y sus efectos serán sentidos con mayor severidad en la segunda mitad del este siglo. Por lo tanto, para muchos proyectos con objetivos o escalas de tiempo de corto plazo, el cambio climático no es la fuente más importante de incertidumbre. Para los proyectos en que se pueda hacer ajustes en el futuro es posible que no sea necesario disponer de información detallada sobre el cambio climático de largo plazo, pero a medida que la comprensión científica mejore con el tiempo, esta información puede ser integrada en el proceso de toma de decisiones y se puedan hacer los ajustes necesarios en el proyecto. Por ejemplo, puede ser preferible usar los cultivos en una región que son apropiados al clima de hoy, y luego ajustar al uso de cultivos más adecuados en el futuro si el conocimiento posterior del medioambiente nos enseña que este será más seco. Esta es una forma flexible de gestionar el riesgo.

En general, es importante adoptar un enfoque basado en escenarios posibles posteriores incluyendo los extremos. En los casos en que los modelos climáticos no arrojen una gama completa de climas futuros, como en el caso de las Yungas, la información necesaria para construir posibles escenarios de futuro podría provenir de la opinión de expertos. De otro lado, se puede empezar con escenarios simples y refinarlos si fuera necesario. Por ejemplo, cuando se inicia un proyecto,

podría ser suficiente considerar escenarios hipotéticos, basados en el clima del pasado en la región o de fuentes accesibles públicamente, como desde el IPCC. Estos escenarios hipotéticos se pueden utilizar para probar la solidez de un proyecto.

Los productos de los modelos deben complementarse con conocimientos de expertos e información local sobre el clima, y los impactos de un clima cambiante. Estos pueden conformar una rica fuente de datos. En el caso de las Yungas, los expertos han indicado que los eventos extremos de lluvia tenderán a ser más frecuentes. El recojo de información de la población local sobre sus experiencias también puede dar información valiosa.

Sin embargo, algunos proyectos y decisiones son muy sensibles a la incertidumbre del clima; si los resultados de un proyecto son de larga vida o no se pueden ajustar fácilmente en el futuro. En estos casos, las decisiones tomadas hoy pueden 'fijar' de modo contraproducente un proyecto, siendo el mismo afectado negativamente por el cambio climático. En tales casos, la mejora de la modelización de la variación medioambiental puede ser una prioridad de las investigaciones como para que un proyecto tenga más capacidad de adaptación al cambio climático futuro. Un estudio reciente realizado por el Banco Mundial llegó a la conclusión de que no hay una orientación adecuada sobre cuándo y cómo incorporar los riesgos climáticos en el diseño de proyectos. Sugieren que los procedimientos actuales son *ad hoc* y como consecuencia, los riesgos climáticos son a veces ignorados por las organizaciones que trabajan en la reducción de la pobreza. Varias organizaciones han desarrollado y comenzado a aplicar herramientas de detección de riesgos del cambio climático en sus proyectos y programas. Una muestra de ello es la herramienta del Banco Mundial para Evaluación y Diseño para la Adaptación al Cambio Climático (ADAPT).

Varios resúmenes de las herramientas de detección de riesgo están disponibles, entre estos encontramos el compendio de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

Mejorar el modelaje del cambio climático

Hay dos escalas de modelos climáticos: 1) los modelos climáticos globales (GCM) que tienen una resolución poco fina del orden de cientos de kilómetros, y 2) modelos climáticos regionales (RCM) que producen información sobre el clima a nivel regional mediante el conocimiento de los procesos representados en los GCM y la simulación de las condiciones locales con mayor detalle. Estos resultados regionales son esenciales para la comprensión de cuáles serán los impactos locales del cambio climático. Para mejorar estos modelos, es necesario que haya una mejor recopilación de datos sobre los procesos climáticos y un esfuerzo para incorporarlos en los modelos con mayor precisión. Se están realizando esfuerzos a nivel nacional e internacional para lograr lo anterior.

Entender la vulnerabilidad

Este estudio se ha centrado en información sobre el clima, pero frecuentemente, es la vulnerabilidad de la sociedad o del sistema lo que tiene un mayor efecto sobre la gravedad de los efectos del

cambio climático. Por lo tanto, es importante entender mejor la vulnerabilidad de una población mediante la evaluación de su exposición y de respuesta a los riesgos, su capacidad de adaptación a los cambios, y sus recursos para recuperarse de un impacto negativo si éste se produce.

Otros factores para tener en cuenta

Además de la necesidad de comprender mejor la vulnerabilidad, es importante entender otros procesos físicos que afectan el impacto final de un cambio en el clima. Es importante conocer la cobertura geográfica de los diferentes ecosistemas y de los tipos de suelo. Los impactos del cambio climático se manifiestan a través de las interacciones con la cobertura vegetal, los diferentes ecosistemas y diferentes suelos. Por ejemplo, una zona con más fragmentación de los bosques debido a un mayor uso agrícola puede ser más susceptible a la desecación causada por una prolongación de la estación sin lluvias a causa del cambio climático.

También sabemos que los impactos no ocurren de manera aislada sino que están muy interconectados. Adoptar un enfoque "sectorial" conforma a menudo, el primer paso en el análisis de los impactos del cambio climático. Por ejemplo, un estudio podría analizar cómo la alteración del clima puede afectar la salud. Pero los impactos sobre la salud vendrán a través de múltiples canales, y ella se verá influenciada, a la vez, por los impactos del cambio medioambiental en la producción agrícola (disponibilidad de alimentos) y la infraestructura (tal vez el estado de las condiciones de vida). Los estudios sectoriales tienden a omitir estas otras interacciones, por lo que es importante mirar a través de la gama de impactos potenciales y considerar cómo pueden interactuar.

Bibliografía

Bendix, J., Behling, H., Peters, T., Richter, M. y Beck, E. 2010. Functional biodiversity and climate change along an altitudinal gradient in a tropical mountain rainforest. Pp 239-268 en T. Tschardtke, C. E. Veldkamp, H. Faust, E. Guhardja, A. Bidin (Eds). Tropical Rainforests and Agroforests under Global Change. Springer, Berlín.

Benzing, D. H. 1998. Vulnerability of tropical forests to climate change: the significance of resident epiphytes. *Climate Change* 39:519-540.

Brack, A. 2005. Deuda genética: los países pobres y la seguridad alimentaria de los países ricos.

Buchmann, S.; Nabhan, G. 1996. *The Forgotten Pollinators*. Washington D.C., Island Press.

Caldas, Z. E., Jarvis, A., Ramirez, J., Lau, C. 2011. Potenciales impactos del Cambio Climático en Cultivos Andinos. Serie Panorama Andino sobre Cambio Climático. Decision and Policy Analysis Program (DAPA). Condesan, SGCAN. Lima-Quito.

Chquisengo Vásquez, O. (ed.). 2004. *El fenómeno El Niño en Perú y Bolivia: experiencias en*

participación local. Lima: Intermediate Technology Development Group. 209 pp. Disponible en: <http://www.solucionespracticas.org.pe/El-fenomeno-el-nino-en-Peru-y-Bolivia-Experienciasde-Participacion-Local>

Colwell, R. K., G. Brehm, C. L. Cardelús, A. C. Gilman, y J. T. Longino. 2008. Global warming, elevational range shifts, and lowland biotic attrition in the wet tropics. *Science* 322:258-261.

FAO. 1996. The state of the worlds plant genetic resources for food and agriculture. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Feeley, K. J. y Silman, M. R. 2010a. Land-use and climate change effects on population size and extinction risk of Andean plants. *Global Change Biology* 16:3215-3222.

Feeley, K. J. y Silman, M. R. 2010b. Biotic attrition from tropical forests correcting for truncated temperature niches. *Global Change Biology* 16:1830-1836.

Foster, P. (2001) The potential negative impacts of global climate change on tropical montane cloud forests. *Earth- Science Review*. 55:73-106.

Guzman Vidal, F. 2013. Evaluación del impacto del cambio climático en el cultivo de café en la cuenca alta del Río Sisa, Provincia de Lamas (Distrito Alonso de Alvarado) y El Dorado (Distrito San Martín De Alao) Región San Martín. (Tesis de Maestría).

Halloy, S.; Ortega Dueñas, R.; Yager, K.; Seimon, A. 2005a. Traditional Andean Cultivation Systems and Implications for Sustainable Land Use. *Acta Horticulturae*. 670(1). 31-55.

Halloy, S.; Seimon, A.; Yager, K.; Tupayachi Herrera, A. 2005b. Multidimensional (Climate, Biodiversity, Socio- Economics, Agriculture). Context of Changes in Land Use in the Vilcanota Watershed, Peru. Spehn, E.; Liberman Cruz, M.; Körner, C. *Land Use Changes and Mountain Biodiversity*. Boca Ratón, CRC Press. 323-37.

IPCC. 2013. Climate change 2013: The Physical Science Basis of Working Group I (WG1) to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

IPCC. 2007. Climate change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II (WG2) to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

Jarvis, A., J. L. Touval, M. Castro Schmitz, L. Sotomayor, y G. G. Hyman. 2010. Assessment of threats to ecosystems in South America. *Journal for Nature Conservation* 18:180-188.

La Marca, E., Lips, K. R., Lötters, S. et al. 2005. Catastrophic Population Declines and Extinctions in Neotropical Harlequin Frogs (Bufonidae: Atelopus)1. *Biotropica* 37:190-201.

Lutz, David, A., Rebecca L. Powell, Miles R. Silman. (2013) Four Decades of Andean Timberline

Migration and Implications for Biodiversity Loss with Climate Change. PLoS ONE 8(9).

Seimon, T. A., A. Seimon, P. Daszak, S. R. P. Halloy, L. M. Schloegel, C. A. Aguilar, P. Sowell, A. D. Hyatt, B. Konecky, y J. E. Simmons. 2007. Upward range extension of Andean anurans and chytridiomycosis to extreme elevations in response to tropical deglaciation. *Global Change Biology* 13:288-299.

Young B, Young KR, Josse C (2011) Vulnerability of Tropical Andean Ecosystems to Climate Change. En: Herzog SK, Martinez R, Jorgensen PM, Tiessen H, (Eds). *Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes*. SCOPE, IAI. pp. 170–181.