

Cambio climático en un paisaje vivo:
**Vulnerabilidad y adaptación
en la Cordillera Real Oriental**

Colombia, Ecuador y Perú





Cambio climático en un paisaje vivo

Vulnerabilidad y adaptación en la Cordillera Real
Oriental de Colombia, Ecuador y Perú

**Cambio climático en un paisaje vivo:
Vulnerabilidad y adaptación en la Cordillera
Real Oriental de Colombia, Ecuador y Perú**

© WWF y Fundación Natura

ISBN: 978-958-8353-20-3

Edición:

Luis Germán Naranjo

Coordinación editorial:

Comunicaciones WWF

Fotografías:

Luis Germán Naranjo / WWF

Diego Miguel Garcés / WWF

Luz Eliana Bossa / WWF

Diseño y diagramación:

El Bando Creativo

Santiago de Cali, agosto de 2010

Un proyecto implementado por:



Con el apoyo de:



Unión Europea

MACARTHUR
The John D. and Catherine T. MacArthur Foundation

DFID Ministerio Británico para el Desarrollo Internacional

hp HEWLETT®
PACKARD



■ Esta publicación se realizó en el marco del proyecto cofinanciado por la Unión Europea: “Un Paisaje Vivo: Conservación, Integración Regional y Desarrollo Local en la Cordillera Real Oriental (CRO), Colombia, Ecuador y Perú”.

■ Las denominaciones en este documento y su contenido no implican endoso o aceptación por parte de las instituciones participantes, juicio alguno respecto de la condición jurídica de territorios o áreas ni respecto del trazado de sus fronteras o límites.



Contenido

■ Executive Summary	5
■ Resumen Ejecutivo	8
■ Prólogo.....	11
■ Introducción.....	13
■ Capítulo 1: Determinación de la vulnerabilidad de ecosistemas andinos al cambio climático:	
¿Quién es vulnerable a qué?.....	17
¿Que es vulnerabilidad?.....	18
La evaluación de la vulnerabilidad en los Andes tropicales.....	20
Perspectivas y limitaciones.....	22
Literatura citada.....	23
■ Capítulo 2: Vulnerabilidad al cambio climático en la Cordillera Real Oriental (Colombia, Ecuador y Perú).....	25
Precisiones conceptuales.....	26
Área de estudio.....	27
Evidencias de cambio climático en el área de estudio.....	29
Metodología del análisis de vulnerabilidad para la Cordillera Real Oriental.....	29
• Exposición.....	30
• Sensibilidad.....	30
- Sistema 1: Biodiversidad.....	31
- Sistema 2: Hidrología.....	32

Oferta hídrica	34
Índice de capacidad adaptativa.....	34
Cálculo de las variables socioeconómicas	35
Infraestructura.....	35
Ambiental.....	36
Cálculo del Índice de capacidad de adaptación actual de la CRO	36
Identificación de vulnerabilidad.....	36
Resultados.....	36
• El clima en el futuro	36
Análisis de la sensibilidad de los sistemas en la Cordillera Real Oriental.....	38
• Sistema 1: Biodiversidad.....	38
• Sistema 2: Hidrología.....	45
Índice de capacidad adaptativa.....	55
Vulnerabilidad.....	57
• Sistema 1: Biodiversidad.....	57
• Sistema 2: Recursos hídricos.....	58
Conclusiones.....	61
Referencias.....	63
■ Capítulo 3: Adaptación al cambio climático basada en ecosistemas	65
La adaptación.....	66
La adaptación basada en los ecosistemas	68
Referencias.....	74
■ Capítulo 4: Adaptación al cambio climático en la Cordillera Real Oriental: síntesis de los talleres nacionales.....	75
Los talleres nacionales.....	76
Recomendaciones para la construcción de una estrategia regional de adaptación.....	79
■ Capítulo 5: Adaptación al cambio climático en la Cordillera Real Oriental: Lineamientos para una estrategia regional	83
Efectos del cambio climático y la transformación antropogénica de los ecosistemas.....	84
Posibilidades y limitaciones para la adaptación en la CRO	87
Marco de referencia institucional.....	90
Lineamientos para una estrategia regional de adaptación al cambio climático en la CRO (Colombia, Ecuador y Perú).....	91
Recomendaciones operativas para la puesta en marcha de la estrategia.....	93
■ Anexo 1	95
■ Anexo 2	96
■ Anexo 3	97
■ Anexo 4	99



Executive Summary

Climate change in a living landscape: Vulnerability and adaptation in the Eastern Cordillera Real of Colombia, Ecuador and Peru

The Eastern Cordillera Real (ECR) is one of the most biologically and culturally diverse ecoregions in the whole of the Northern Andes, and at the same time one of the most threatened from a multitude of human induced pressures. From 2006 to 2009, WWF in Peru and Colombia and Fundacion Natura Ecuador developed a tri-national project in the ECR funded by the European Union that aimed to improve regional coordination, maintain the integrity of natural ecosystems and promote sustainable livelihoods. To achieve this goal, the project targeted actions that could contribute to reduce major conservation threats, including climate change and the urgent need to develop adaptation strategies. This work combined analysis and assessment of the vulnerability of ecological and social systems to climate change with a participatory process with local and national stakeholders for the development of adaptation strategies. The analytical work provided the technical information and framework for the dialogue and development of local and regional adaptation plans. The results of these analyses and the stakeholder engagement are presented in this document.

The introductory section examines conceptual elements of vulnerability to climate change in Andean ecosystems, distinguishing between their

exposure to climate irregularities, their sensitivity to the effects of such changes and their capacity to recover from the impacts of climate irregularities. This chapter defines the theoretical framework and scope of the analyses, and identifies the limitations of methodology and information available for the analysis.

In Chapter 2, the methodology and results of the vulnerability analyses are described. Using information provided by the hydrology and meteorology Institutes of the three countries and regional models of future climate generated by the Ecuadorian Ministry of the Environment (2008), the exposure and sensitivity of a select group of species, the life zones and the primary watersheds of the Eastern Cordillera Real (ECR) were modeled and assessed. The analyses took into account expected changes of air temperature, rainfall and humidity according to the model Ecam4 for the A2 (pessimistic) and B2 (optimistic) scenarios of emissions of greenhouse gases. The models of current distribution of life zones were made using the Bioclim temperature and precipitation overlays (Hijmans *et al.*, 2005) and future models were calculated for 2030 and 2050. Expected distributions of 42 bird species and 47 species of flowering plants were modeled for 2050 according to the A2 and B2 scenarios, as compared to current distributions modeled with the MaxEnt software (Phillips *et al.*, 2006) by Cuesta *et al.* (2006). Finally, the hydrologic sensitivity of the watersheds was determined following the National Engineering Handbook

(2004) methods to use GIS analyses to relate rainfall with moisture for each hydrologic soil complex. Estimates of future water availability assumed similar soil conditions and plant cover.

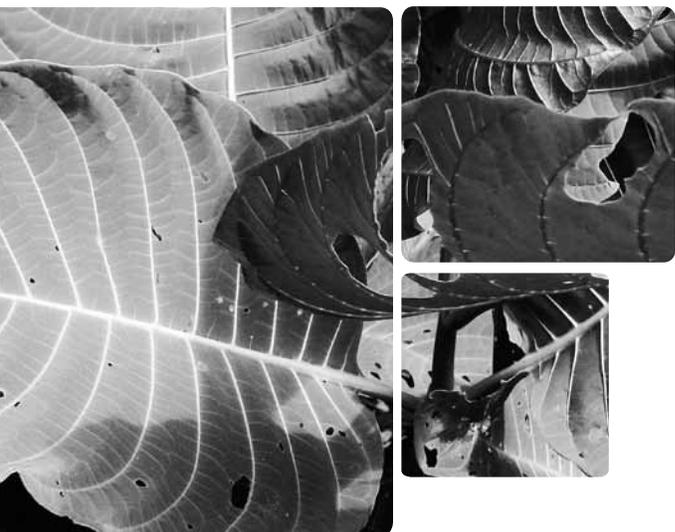
Under both GHE scenarios, the single most sensitive area to climate change in the ECR is the upper Pastaza River in Ecuador. The Napo, Zamora/Cenepa and the Marañón watersheds are expected to suffer more under the A2 scenario, while the Caquetá, Putumayo and Santiago seem to be more sensitive to the B2 scenario. The adaptive capacity of different sectors of the ECR was calculated based on three different indices corresponding each to a major theme: socioeconomic, infrastructure and environmental protection. The socioeconomic theme included population density, infant population, elderly population, illiteracy and unsatisfied basic needs; this information was obtained from the most recent population censuses for the three countries. Data on unsatisfied basic needs for Ecuador were kindly provided by TNC, and for Peru were taken from the 1996 map of poverty. Data were normalized from 0 to 100 before calculating the socioeconomic index. For infrastructure, an accessibility index was calculated in relation to roads, slopes, urban centers and vegetation cover, and for environmental protection, both the proportion of the study area that has been transformed and the proportion included within existing protected areas were calculated. Resulting values for the three analyses were averaged to obtain a single value of the

relative adaptation capacity for the units of analysis. The highest values of this index were obtained for the upper Napo River and the eastern Zamora/Cenepa watershed. The rest of the ECR has medium to low adaptation capacity.

Chapter 3 presents some considerations on ecosystem-based climate change adaptation, explaining general principles of this approach as established by the Convention on Biological Diversity and the Intergovernmental Panel on Climate Change, the different levels that are necessary to contemplate when developing adaptation plans, and specific recommendations for adaptive management of situations where uncertainties are very high.

The results of the combined vulnerability analyses (biological, hydrological and socio-economic) for the ECR demonstrate the need for actions oriented at maintaining the continued provision of ecosystem services as well as the biological and cultural riches of the region. During the second phase of this process, Fundación Natura and WWF carried out a series of participatory

exercises and stakeholder consultations in specific landscapes, at a national level and during a region wide (three country) workshop. The recommendations that emerged out of these dialogues are compiled in the last two sections of this publication. The guidelines for a regional strategy are developed based on the outcomes and agreements from a region wide workshop that was convened jointly by the Ministries of Environment and the Institutes of Hydrology and Meteorology of Colombia, Ecuador and Peru, the Andean Community of Nations, the European Union, Fundación Natura and WWF. Priority adaptation measures include actions to develop and strengthen the capacity and the production systems of the local communities and institutions, aiming to maintain and recover ecosystem resilience, strengthen a regional policy framework with considerations of vulnerability and adaptation to climate change and strengthen the capacity to generate and disseminate information necessary to increase citizen participation in decision making processes.



Resumen Ejecutivo

Cambio climático en un paisaje vivo: Vulnerabilidad y adaptación en la Cordillera Real Oriental de Colombia, Ecuador y Perú

En el marco de un proyecto trinacional financiado por la Unión Europea entre 2006 y 2009, la Fundación Natura de Ecuador y las oficinas de WWF en Perú y Colombia lideraron un esfuerzo orientado a la reducción de grandes amenazas a la conservación en la ecorregión más biodiversa de los Andes del Norte. Una parte significativa de este trabajo consistió en la evaluación de la vulnerabilidad de sistemas ecológicos y sociales frente al cambio climático global, con el objeto de aportar elementos para el diseño de planes locales y regionales de adaptación. El presente documento recoge el resultado de este componente del proyecto.

La sección introductoria contiene elementos conceptuales que ayudan a entender en qué consiste la vulnerabilidad de los ecosistemas andinos al cambio climático, precisando la distinción entre la exposición de un sistema a las alteraciones del clima local, su sensibilidad a los efectos manifiestos de estas perturbaciones y su capacidad de recuperación después de haber estado sometidos a dichos impactos. Este capítulo define entonces el enfoque de los análisis hechos durante la ejecución del proyecto e identifica los alcances y limitaciones de los mismos.

El segundo capítulo presenta la metodología empleada y los resultados de los análisis de vulnerabilidad. A partir de la información primaria aportada por los institutos de hidrología y meteorología de los tres países y la modelación del clima futuro generada por el Ministerio del Ambiente en Ecuador (2008), se examinó la exposición y se determinó la sensibilidad de especies selectas, zonas de vida y balance hídrico en las cuencas primarias de la Cordillera Real Oriental. Para los análisis se tomaron en cuenta los cambios de temperatura, precipitación y humedad esperados en la región según el modelo ECHAM4 y los escenarios A2 (pesimista) y B2 (optimista). Utilizando las coberturas de temperatura y precipitación de Bioclim (Hijmans *et al.*, 2005) se modelaron las zonas de vida de Holdridge para el período actual y para las décadas de 2030 y 2050. Para especies, se usaron las modelaciones MaxEnt (Phillips *et al.*, 2006) hechas por Cuesta *et al.* (2006), de la distribución de 42 especies de aves y 47 especies de plantas vasculares, para calcular las distribuciones para el año 2050 de acuerdo con los escenarios A2 y B2. Por último, la sensibilidad del recurso hídrico fue hecha de acuerdo con el *National Engineering Handbook* (2004) utilizando herramientas de SIG para relacionar la precipitación con el complejo de suelo hidrológico y la condición de humedad antecedente. La estimación de la oferta futura asumió condiciones semejantes de suelo y cobertura vegetal y se tomaron las diferencias de precipitación de acuerdo con los escenarios de cambio climático futuro.

De acuerdo con estos análisis, se espera un incremento progresivo de la temperatura media mensual en la CRO hasta un total aproximado de 2°C en el año 2099. Las áreas más sensibles al cambio climático en la CRO en ambos escenarios evidentemente corresponden a la cuenca alta del río Pastaza. Las cuencas del Napo, el Zamora/Cenepa y el Marañón presentan cambios mucho más acentuados frente al escenario A2, mientras que las del Caquetá, Putumayo y Santiago tienen valores de sensibilidad más altos para el escenario B2. El cálculo de la capacidad de adaptación de la CRO, se hizo a partir del análisis de variables correspondientes a tres temas: socioeconómico, de infraestructura y de protección ambiental. Para el primero se usaron las variables densidad poblacional, población infantil, población de adultos mayores, analfabetismo y necesidades básicas insatisfechas, tomadas de los censos más recientes de cada país. Los datos de Necesidades Básicas Insatisfechas para Ecuador fueron suministrados por TNC y para Perú fueron tomados del mapa de pobreza de 1996. Los datos fueron estandarizados o normalizados de 0 a 100, para poder hacer los cálculos del índice socioeconómico (ISE). En cuanto a infraestructura, se hizo el cálculo del índice de accesibilidad en relación con vías, pendientes, poblados, cobertura vegetal y para el tema de protección ambiental el porcentaje de área intervenida y el porcentaje por fuera de áreas de conservación. Los valores de los tres índices se promediaron en un solo índice de capacidad relativa de adaptación

actual para las unidades de análisis. De acuerdo con este índice, los mayores valores corresponden a la porción alta de la cuenca del Napo y a la porción oriental de la cuenca del Zamora/Cenepa. El resto de la CRO presenta índices de capacidad adaptativa medianos o bajos.

El tercer capítulo de este documento presenta consideraciones generales acerca de la adaptación al cambio climático basada en el enfoque ecosistémico propuesto por el Convenio de Diversidad Biológica. Este texto plantea los principios generales sobre el tema establecidos por el panel intergubernamental de cambio climático, los niveles de gestión que deben ser contemplados para abordarlo y recomendaciones específicas para el manejo adaptativo de situaciones que, sin duda alguna, son de gran incertidumbre.

Sin duda, los resultados del análisis de vulnerabilidad de la Cordillera Real Oriental frente al cambio climático demuestran la necesidad de desarrollar acciones que permitan el mantenimiento futuro de los servicios ecosistémicos y de la riqueza biológica y cultural de la ecorregión. Por esta razón, durante el último año de la ejecución del proyecto

se dio inicio a la búsqueda de estos mecanismos en ejercicios participativos con un gran número de actores institucionales y sociales. Los dos últimos capítulos del documento recogen las recomendaciones hechas por los mismos en los talleres nacionales de los tres países y los lineamientos para una estrategia regional de adaptación establecidos en un taller convocado en la ciudad de Quito en abril de 2009 por los Ministerios de Ambiente de los tres países y los Institutos de Hidrología y Meteorología de Colombia y Ecuador, la Comunidad Andina de Naciones, la Unión Europea, la Fundación Natura y WWF. Las medidas de adaptación identificadas incluyen acciones orientadas a desarrollar e incrementar capacidades y vocaciones productivas locales de las comunidades e instituciones que contribuyen a mantener y/o recuperar la elasticidad de los ecosistemas, a fortalecer un marco político regional con consideraciones de vulnerabilidad y adaptación de cambio climático y a fortalecer la capacidad de gestión y socialización de la información para promover e incrementar la participación ciudadana en la toma de decisiones.



Prólogo

El trabajo de conservación durante la primera década del siglo XXI nos deja grandes aprendizajes y retos mayores de los que imaginamos hace apenas pocos años. Aprendimos por ejemplo que la reducción de las amenazas que afectan la biodiversidad solamente es posible si abordamos los problemas de forma simultánea en múltiples escalas espaciales, que la gestión de los ecosistemas es un asunto en el que deben participar por igual los estados, las organizaciones gubernamentales y no gubernamentales y el ciudadano corriente y que el esfuerzo por mantener la integridad ecológica es inseparable de la búsqueda del bienestar humano. Y también nos dimos cuenta que, además de factores causantes de disturbios ambientales cuyos efectos se acumulan paulatinamente, existen otros que se manifiestan en forma no lineal y por lo tanto, una vez se desencadena su impacto, pueden ser devastadores, como aquellos ocasionados por el cambio climático global.

Vivimos en una época en la que el clima de la Tierra atraviesa un proceso acelerado de transformación como consecuencia de las actividades de nuestra especie. Nadie escapa a los efectos de esa transformación y ningún actor es capaz por sí solo de reducir significativamente sus causas ni de enfrentar, con alguna posibilidad de éxito, los impactos negativos sobre su entorno. En la era de la globalización, nos hemos encontrado cara a cara con un problema planetario que demanda la integración de acciones concebidas para solucionar múltiples problemas de conservación y desarrollo que

se interconectan por sus relaciones con el comportamiento del clima.

Sin embargo en el sector ambiental muchas veces olvidamos que la concienciación y participación ciudadana en temas ambientales requiere procesos educativos permanentes. Esta es una deficiencia que debemos corregir con urgencia asegurando la participación requerida para iniciar sobre la marcha medidas de adaptación que permitan sobrellevar los impactos crecientes de un clima cambiante. Mientras llevamos a cabo análisis de vulnerabilidad de sistemas ecológicos y sociales ante el cambio climático, es preciso convocar las distintas fuerzas que pueden contribuir a la implementación exitosa de acciones específicas de conservación. Y en tanto establecemos los acuerdos institucionales necesarios para una gestión concertada, debemos identificar, en los procesos de conservación y manejo sostenible de ecosistemas actualmente en marcha, aquellos elementos que pueden servirnos para el diseño de planes y estrategias de adaptación futura.

Un ejemplo de esta aproximación es el que se recoge en esta publicación. En un esfuerzo por asegurar el mantenimiento de la integridad ecológica de los ecosistemas de montaña de la Cordillera Real Oriental, la Fundación Natura y WWF decidieron liderar conjuntamente un proceso participativo orientado a la construcción de una estrategia de adaptación al cambio climático para esta vertiente de los Andes de Colombia, Ecuador y Perú. Esta iniciativa combinó estudios técnicos basados en la mejor infor-

mación científica y socioeconómica disponible que, en razón de la escala geográfica, tuvieron un alcance ecoregional, abarcando la totalidad de la Cordillera. Por otra parte, la modelación de climas futuros se hizo ajustando la escala de los análisis para dar cuenta de las variaciones esperadas del clima a la escala de las cuencas hidrográficas principales, lo que a su vez sirvió como punto de partida para llevar a cabo análisis de riesgos y amenazas con actores sociales e institucionales. Gracias a este enfoque, fue posible identificar participativamente acciones locales de adaptación e integrar las conclusiones obtenidas para cada uno de los tres países en unos lineamientos estratégicos con alcances regionales.

Aunque este es apenas un paso en un proceso de gran complejidad, estoy segura que será una contribución a los esfuerzos de los gobiernos nacionales en Colombia, Ecuador y Perú para afrontar los retos que impone el cambio climático y fortalecerá al trabajo que viene desarrollando la Secretaría General de la Comunidad Andina desde 2004 para el establecimiento de lineamientos y acciones comunes en este mismo sentido. Por lo pronto, los elementos identificados por todos los actores que participaron en la construcción de este documento servirán para orientar los programas y proyectos de WWF, de la Fundación Natura y de sus numerosos socios y aliados en uno de los paisajes de mayor riqueza biológica y cultural del planeta.

YOLANDA KAKABADSE
Presidenta WWF



Introducción

Elba Fiallo-Pantziou¹

Con más de 9 millones de hectáreas, la vertiente oriental de los Andes que mira hacia la cuenca Amazónica se extiende desde el sur de Colombia hasta el norte de Perú y desde las cumbres nevadas del Ecuador hasta el inicio de la planicie que recorren las aguas de algunos de los principales afluentes del gran río Amazonas, como son el Caquetá, Putumayo, Pastaza, Santiago, Maraón y Chinchipe. Estas laderas contienen aproximadamente 30 ecosistemas diferentes; tal heterogeneidad espacial, sumada a una compleja historia biogeográfica, explica por qué la Cordillera Real Oriental alberga la mayor riqueza de especies de plantas, mariposas diurnas, anfibios, aves y mamíferos en los Andes del Norte, lo que le ha valido el reconocimiento como una de las regiones más biodiversas del planeta.

Por su importancia para la conservación de la biodiversidad y para el desarrollo local y nacional, la Cordillera Real Oriental es una zona prioritaria para Colombia, Ecuador y Perú en el desarrollo de las estrategias y compromisos trazados bajo el Convenio de Diversidad Biológica. Los bienes y servicios que brindan sus ecosistemas y recursos naturales constituyen el sustento económico, social y espiritual de más de un millón de personas de los tres países. La población de esta vasta región está compuesta por

¹ Fundación Natura, Coordinadora del Proyecto "Un Paisaje Vivo".

un complejo mosaico de colonos y comunidades indígenas —algunas pobladoras ancestrales de la zona y otras con un tiempo de ocupación más reciente—.

Los pobladores ancestrales de la región (p. ej. Kamentsá, Inga, Kofán, Shuar y Achuar) por lo general, presentan condiciones de vida difíciles y son marginados como resultado de una larga historia de inequidad social, agravada en las últimas décadas por la pérdida y olvido de conocimientos y costumbres ancestrales, particularmente aquellas que conciernen al buen uso de los recursos naturales. Su supervivencia cultural y bienestar material están estrechamente relacionados con la integridad ecológica de paisajes poco perturbados, tanto por elementos simbólicos y mágico-religiosos como por el mantenimiento de sistemas tradicionales de producción rural y agroforestal. Por su parte, las nuevas poblaciones de colonos, provenientes principalmente de las zonas andinas y costeras, basan sus estrategias de producción y sobrevivencia en sistemas en su mayoría no sostenibles, tales como la ganadería extensiva, la minería artesanal y la extracción maderera, que contribuyen al desmedro de la diversidad biológica.

De cualquier manera, todos los pobladores de la zona dependen directamente de los servicios que generan los ecosistemas naturales y por lo tanto enfrentan una base de recursos naturales frágil y en deterioro, y son extremadamente vulnerables a dinámicas externas que afectan el desarrollo de la región. Y aunque durante los últimos años se

han hecho importantes avances en la consolidación de los sistemas de áreas protegidas estatales de los tres países y los pueblos indígenas han fortalecido el manejo de sus territorios, lo cual ha contribuido a que la región tenga todavía altos niveles de integridad ecosistémica (menos del 25% de su superficie está sometida a algún tipo de intervención), la Cordillera Real Oriental es objeto todavía de enormes presiones, muchas de ellas externas.

La cobertura de áreas protegidas estatales es aún deficiente y tiene importantes vacíos que han sido resaltados en evaluaciones nacionales y regionales (Arango *et al.*, 2003; Conservación Internacional, 2005; Palminteri *et al.*, 2001; *The Nature Conservancy* (TNC)-Ecociencia-Agua, 2005): la expansión de la frontera agropecuaria continúa e incluye en el extremo norte los cultivos de uso ilícito de coca y amapola. Además los tres países presentan conflictos importantes por el acceso a recursos naturales, y las autoridades gubernamentales tienen una limitada presencia y capacidad de respuesta, lo cual se refleja en escasas oportunidades para fomentar procesos de desarrollo en beneficio de las poblaciones locales. Por otra parte, los procesos de globalización e integración económica regional generan cambios importantes en las economías locales y en los patrones de uso del suelo: por su ubicación estratégica y por la riqueza de sus recursos naturales, se concentran en el área proyectos viales, de infraestructura, energéticos y extractivos a gran escala, que involucran concesiones forestales, petroleras y mineras.

Y como si esta batería de amenazas a la integridad ecológica de los ecosistemas de estas montañas fuera poco, el cambio climático global puede exacerbar los impactos de los múltiples procesos de degradación local y regional, dado que los ecosistemas de montaña son frágiles y especialmente vulnerables a los impactos del cambio climático, pues, cambios en patrones regionales y locales de temperatura y precipitación, pueden causar desplazamientos de ecosistemas y especies y extinciones locales. Estos impactos son capaces de comprometer la efectividad de las áreas protegidas para cumplir los objetivos de conservación de la biodiversidad para los cuales fueron creados, y poner en riesgo el bienestar de los habitantes de la Cordillera Real Oriental y el patrimonio de biodiversidad que la caracteriza.

Por esta razón, en el marco del proyecto “Un Paisaje Vivo: Conservación, Integración Regional y Desarrollo Local en la Cordillera Real Oriental (CRO), Colombia, Ecuador y Perú”, ejecutado por la Fundación Natura Ecuador y las oficinas de programa del WWF en Colombia y Perú, con un amplio número de actores sociales e institucionales de los tres países, se trabajó un estudio de vulnerabilidad al cambio climático en la CRO que proporcionará los insumos necesarios para proponer lineamientos de una estrategia regional de adaptación, la elaboración de planes en áreas piloto, y la implementación en campo de algunas medidas de adaptación. El presente documento recoge los resultados alcanzados desde este componente del proyecto.

El componente de cambio climático del proyecto Un Paisaje Vivo fue ejecutado en coordinación con los Ministerios del Ambiente de Ecuador y Colombia y con los institutos meteorológicos INAMHI e Ideam. En Ecuador, las actividades desarrolladas sobre cambio climático se realizaron en estrecha coordinación con el proyecto Segunda Comunicación Nacional.

El estudio de vulnerabilidad al cambio climático de la Cordillera Real Oriental se realizó gracias al aporte de las siguientes instituciones y personas: la información meteorológica e hidrológica fue suministrada por el SENAMHI de Perú, el Ideam de Colombia y el INAMHI de Ecuador. Los escenarios de cambio climático, utilizando el Sistema de Modelado Regional Precip, fueron provistos por el Ministerio del Ambiente del Ecuador. La información utilizada se trabajó en el marco del proyecto GEF/MAE/PNUD “Adaptación al cambio climático a través de una efectiva gobernabilidad del agua en el Ecuador” (PACC) y los datos para la Cordillera Real Oriental fueron trabajados por Abel Centella y Arnoldo Bezanilla.

La información socioeconómica fue provista por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística de Colombia (Dane), el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos de Ecuador (Inec) y el Instituto Nacional de Estadística e Informática de Perú (Inei). La información sobre las Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) para Ecuador fueron suministrados por TNC y para Perú fueron tomados del mapa de pobreza de 1996.

Los Sistemas Ecológicos utilizados se basan en la información de TNC (2005); la distribución de especies terrestres y acuáticas en GARP - TNC / Ecociencia / Fundación Agua 2005; el nicho ecológico de plantas y aves y sus predicciones al cambio climático en EcoCiencia, *National Institute for Public Health and the Environment* (RIVM-NEAA) (Cuesta-Camacho y colaboradores).

La información sobre infraestructura vial se obtuvo de la publicación de TNC / Ecociencia, 2005, Evaluación ecorregional de los páramos y bosques montanos de la Cordillera Real Oriental; y la de áreas protegidas del Sistema de Parques Nacionales de Colombia, del Ministerio del Ambiente de Ecuador y del Sistema Nacional de Áreas Naturales del Perú (Sinanpe).



Determinación de la vulnerabilidad de ecosistemas andinos al cambio climático: ¿quién es vulnerable a qué?

Luis Germán Naranjo² & César Freddy Suárez³

El número anual de desastres relacionados con el clima en la Comunidad Andina de Naciones, entre los años 2002 y 2006, duplicó la cifra alcanzada entre 1977 y 1981 (CAN, 2008). Éste es un doloroso recordatorio de la fragilidad de los ecosistemas de montaña en Suramérica. El incremento en la frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos en los Andes tropicales que condujo a estos desastres ha sido ampliamente documentado, pero las consecuencias de estos fenómenos a largo plazo todavía son pobremente entendidos. No obstante, a pesar de la limitada in-

Capítulo

1

2. Director de Conservación, WWF Colombia.

3. Coordinador de Análisis Geográfico, WWF Colombia.

formación sobre el tema, es clara la necesidad imperiosa de desarrollar estrategias de adaptación al cambio climático a diferentes escalas, orientadas hacia el mantenimiento o el incremento de la elasticidad de los ecosistemas y las comunidades locales frente a estos fenómenos. Un cambio significativo en la temperatura y en los patrones de precipitación en los Andes tropicales seguramente resultará en cambios en la distribución de especies y ecosistemas durante el presente siglo y necesariamente se traducirá en el deterioro de la integridad ecológica a escala de paisaje y del aprovisionamiento de bienes y servicios para las comunidades locales (agua, biodiversidad, clima local) y para la región entera (biodiversidad, agua y captura de carbono) (Urrutia & Vuille 2009).

El desarrollo de medidas de adaptación para asegurar el futuro del patrimonio de biodiversidad y el bienestar de los habitantes de los Andes tropicales requiere entender qué tan vulnerables son distintos sistemas a los impactos del cambio climático. Esta necesidad plantea múltiples retos en razón de la complejidad de las comunidades bióticas de los Andes, de la variedad de sistemas socioeconómicos a través de la región y de la respuesta diferencial a la variación climática de un lugar a otro, debida a la heterogeneidad espacial de estas montañas, que impide una caracterización de la vulnerabilidad que sea aplicable a toda la región. Por esta razón se esboza a continuación una serie de consideraciones para la evaluación de la vulnerabilidad a gran es-

cala en los ecosistemas de montaña de los Andes del norte.

¿Qué es vulnerabilidad?

La definición del término “vulnerabilidad” dista mucho de ser universal (Downing, 2003) y científicos de distintas disciplinas usualmente difieren en su uso del mismo (Adger *et al.*, 2004; Füssel, 2005, 2007). Una definición muy frecuente, que se refiere a la vulnerabilidad como el grado al cual un sistema, subsistema, o componente de un sistema tiene la posibilidad de experimentar daño como consecuencia de su exposición a un riesgo, a una perturbación o a un factor de estrés, limita el entendimiento de la naturaleza compleja del concepto y conduce al desarrollo de marcos conceptuales de cambio climático más integrados (Turner II *et al.*, 2003).

Según el tercer informe del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (McCarthy *et al.*, 2001), vulnerabilidad es el grado en el que un sistema es incapaz de enfrentar los efectos del cambio climático, incluyendo la variabilidad del clima y sus extremos. La vulnerabilidad es función del carácter, la magnitud y la tasa de variación del clima a los cuales está expuesto un sistema, de su sensibilidad y de su capacidad adaptativa. Siguiendo la tradición de la literatura sobre riesgos, peligros, pobreza y desarrollo, esta definición interpreta los resultados finales de los eventos climáticos como el producto de una combinación de amenazas y el valor intrínseco de vulnerabilidad de un sistema (Downing & Pathwardan, 2004).

La aplicación de esta definición gira alrededor de las respuestas a varias preguntas fundamentales, según Kienberger & Zeil (2005). Primero, es necesario identificar el sujeto vulnerable, que para un área dada puede ser un paisaje, una comunidad local o un componente de la biodiversidad local. En la literatura reciente sobre vulnerabilidad al cambio climático, el sujeto es habitualmente referido como un sistema. La segunda pregunta define a qué es vulnerable el sistema de interés (su exposición); dependiendo de la manifestación local de cambio climático, un sistema puede ser más o menos susceptible de manera directa o indirecta. La tercera pregunta aborda la sensibilidad del sistema en términos de las propiedades intrínsecas específicas que determinan el grado al cual éste responderá a un cambio en las condiciones climáticas. Por último, es importante entender bajo qué circunstancias incrementará su vulnerabilidad el

sistema de interés, lo cual implica analizar los procesos sociales, económicos, políticos e institucionales que determinan su capacidad de adaptarse a nuevas condiciones o su elasticidad.

Turner II *et al.* (2003) desarrollaron un marco teórico que aborda estas tres preguntas y permite entender la vulnerabilidad de un sistema frente al cambio ambiental (Fig. 1.1). El modelo ilustra las complejas interacciones involucradas en este tipo de análisis, resalta los múltiples factores que pueden afectar la vulnerabilidad de un sistema particular en un área determinada y evita separar las condiciones ambientales de las influencias antropogénicas, lo cual permite la identificación de las relaciones entre las diferentes variables que determinan la exposición, la sensibilidad y la elasticidad de un sistema. Esta aproximación es particularmente útil cuando se examinan tensores o amenazas sinérgicas.

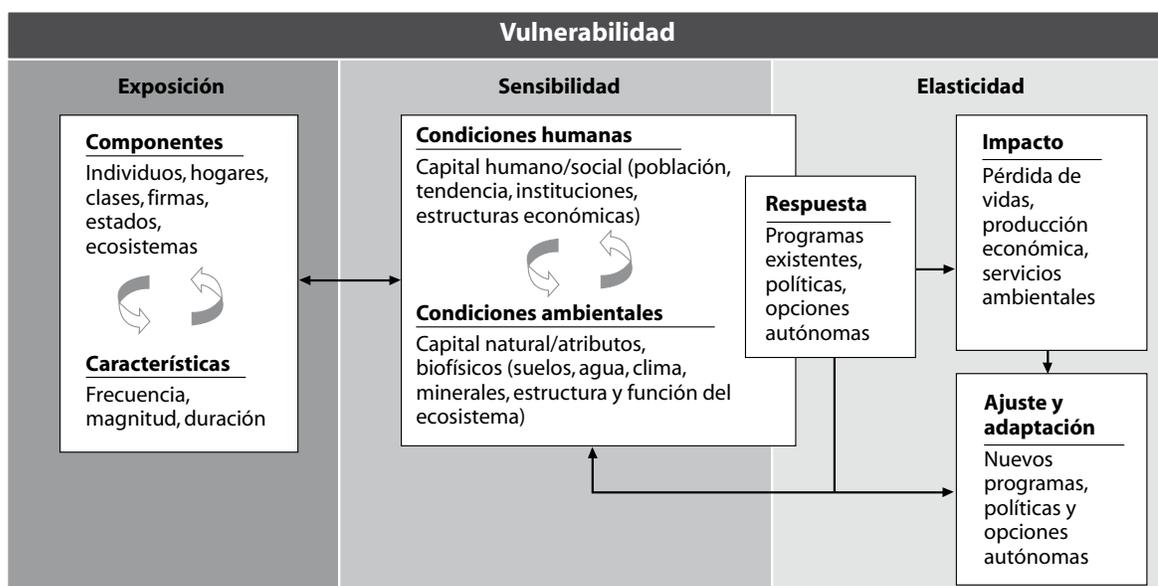


Figura 1.1. Marco conceptual integrado para la evaluación de la vulnerabilidad de un sistema (adaptado de Turner II *et al.*, 2003).

La evaluación de la vulnerabilidad en los Andes tropicales

De acuerdo con este marco de referencia, es posible identificar algunos elementos que deben tenerse en cuenta para evaluar la vulnerabilidad de sistemas ecológicos y socioeconómicos de los Andes tropicales al cambio climático. En razón de la heterogeneidad espacial de la región y del conocimiento limitado de las respuestas futuras de distintos sistemas al cambio climático, en los párrafos siguientes nos referiremos a la vulnerabilidad actual de sistemas ecológicos y sociales, señalando algunos componentes particulares para sistemas específicos.

En términos de la exposición, la temperatura media del aire en los Andes tropicales se ha incrementado 0.1°C por década desde 1939 y la tasa de calentamiento se ha triplicado durante los últimos 25 años (Vuille & Bradley, 2000). Los cambios en precipitación son menos consistentes, pero existe evidencia de áreas en las que ésta se ha incrementado o se ha reducido en forma significativa (Urrutia & Vuille, 2009). La frecuencia de eventos climáticos extremos también se ha incrementado en toda la región (IPCC, 2007). A pesar de estas evidencias, la información disponible sobre clima actual está a una escala muy gruesa y el proceso de refinar espacialmente los análisis apenas está iniciándose. No obstante, es evidente que el cambio climático a escala regional ya está afectando un amplio rango de sujetos, desde poblaciones hasta ecosistemas y paisajes, desde hogares individuales hasta comunidades

y desde firmas particulares hasta sectores económicos completos.

La sensibilidad de todos estos sujetos al cambio climático se deriva de la característica ecológica más prominente de los Andes tropicales, es decir, de su extraordinaria heterogeneidad espacial (ver por ejemplo WWF, 2001). La tasa de cambio de la composición y estructura de los ecosistemas a lo largo de gradientes altitudinales y latitudinales a través de la región es muy elevada y da como resultado complejos mosaicos compuestos por unidades de paisaje relativamente pequeñas que, debido a su tamaño, pueden verse afectadas severamente por el cambio climático y por eventos extremos asociados. Por esta razón, la modelación de la distribución espacial de zonas de vida, ecosistemas, recursos hídricos y especies a niveles de resolución muy finos utilizando variables climáticas a escalas apropiadas es una necesidad, si se quiere entender qué tan sensible es un sistema ecológico o socioeconómico desde el punto de vista biofísico.

Por otra parte, también es preciso el análisis cartográfico de variables socioeconómicas al mismo nivel de resolución para interpretar las condiciones humanas que hacen un sistema más proclive a sufrir los impactos negativos del cambio climático. La densidad poblacional, el acceso a servicios de salud y educación, la estructura económica de la población, los sistemas alimentarios y la gobernanza institucional están distribuidos de manera irregular en la región y distintos sujetos y paisajes, incluso dentro de un solo país o ecorregión difieren en su capacidad para enfrentar los impactos rela-

cionados con el clima (Olmos, 2001; Aguilar 2007; Downing & Ziervogel, 2005).

Pese a lo anterior, los sistemas socioeconómicos andinos son por lo general muy sensibles considerando los altos niveles de pobreza en la región, dado que la pobreza limita las capacidades adaptativas de un área (Watson *et al.*, 1998). Como lo señaló Ribot (1996), la inequidad y la marginación social son determinantes importantes de la vulnerabilidad. En el período comprendido entre 1970 y 2007, todas las provincias de los países andinos sufrieron por lo menos un evento hidrometeorológico extremo (CAN, 2008) con múltiples efectos negativos. El incremento de la temperatura ha causado la aceleración del deshielo de los glaciares andinos (IPCC, 2007), lo que a su vez ha conducido a cambios en el patrón estacional y la cantidad de escorrentía, afectando por lo tanto la disponibilidad de agua y la capacidad hidroeléctrica de distintas regiones (Kundzewitz, 2007). Los cambios en la estacionalidad y en la intensidad de la precipitación han causado un incremento en la frecuencia, intensidad y alcance de las sequías e inundaciones, lo que ha resultado en considerables pérdidas de distintas cosechas y de vidas humanas, demostrando la necesidad de llevar a cabo evaluaciones regionales y locales de la relación entre los servicios ecosistémicos y variables climáticas, ya que la vulnerabilidad futura de los sistemas socioeconómicos en gran medida estará determinada por la disponibilidad de la base de recursos de la cual dependen.

Aunque los impactos del cambio climático local y regional sobre componentes específicos de los sistemas ecológicos todavía son pobremente entendidos, los cambios en la distribución de especies y la expansión o contracción de ecosistemas naturales son previsibles. Por ejemplo, el incremento de la temperatura media del aire favorece la migración altitudinal de comunidades de plantas y esto puede conducir al cambio en la distribución de muchas otras especies de plantas y animales que tienen un estrecho rango en gradientes de elevación y de condiciones climáticas (Epstein *et al.*, 1998; Relman *et al.*, 2008).

De acuerdo con Turner II *et al.* (2003), un último conjunto de variables que es necesario tener en cuenta para la evaluación integrada de la vulnerabilidad en los Andes tropicales corresponde a la capacidad de respuesta y ajuste de los sistemas de interés. Dada la tasa acelerada de cambio de las variables climáticas, se trata entonces de examinar el contexto social, político, económico y cultural de los sistemas analizados, pues la mayor parte de las medidas que se tomen para mantener su elasticidad dependerá de respuestas sociales. Por ejemplo, Schröeter (2007) tiene en cuenta tres componentes mayores de la capacidad adaptativa de un sistema frente al cambio global: concienciación, capacidad y acción, que están determinados, respectivamente, por equidad y conocimiento, tecnología e infraestructura y flexibilidad y poder económico. Tanto los componentes como sus determinantes varían de un sitio a otro y por lo tanto

el mapeo de indicadores socioeconómicos a una escala más fina permite una interpretación del componente humano de la elasticidad de unidades de paisaje y ecosistemas.

De acuerdo con este modelo conceptual, un protocolo para determinar la vulnerabilidad al cambio climático a la escala local y sub-regional en los Andes tropicales, debería contemplar al menos los siguientes pasos:

1. Seleccionar el sistema de interés y los componentes más probablemente afectados por el cambio climático.
2. Obtener series históricas de datos meteorológicos e hidrológicos pertinentes a la escala de análisis requerida.
3. Obtener información secundaria sobre la distribución espacial de información biofísica de interés (p. ej. coberturas vegetales, distribuciones de especies, distribución de cultivos y otros sistemas rurales de producción, etc.).
4. Refinar la escala de los modelos regionales de clima futuro.
5. Modelar la distribución esperada de las variables de interés bajo diferentes escenarios climáticos.
6. Elaborar mapas de la sensibilidad socioeconómica y de la capacidad adaptativa del área de estudio a grandes perturbaciones de su ambiente biofísico.
7. Calcular un índice de vulnerabilidad combinando las capas resultantes de sensibilidad ecológica (p. ej. cambios esperados de zonas de vida, ecosistemas y/o distribución geográfica de plantas y animales) y de la capa-

dad adaptativa descrita anteriormente.

Perspectivas y limitaciones

Aunque el protocolo anterior permite la identificación de sistemas vulnerables a partir de análisis basados en datos reales de variables hidro-meteorológicas, ecológicas y socioeconómicas, la naturaleza de gran parte de la información disponible hace que los resultados contengan altos niveles de incertidumbre. El refinamiento de la escala de los modelos climáticos para dar cuenta de los efectos locales de topografía y elevación es necesario, pero dado que la disponibilidad de datos climáticos para vastos sectores de los Andes tropicales es, a lo sumo, limitada, el ajuste de los modelos a las escalas requeridas muchas veces no es posible.

Una segunda fuente de incertidumbre en las interpretaciones de vulnerabilidad se deriva de la falta de suficientes registros de especies y otras capas de información referenciados geográficamente. La modelación espacial de la distribución de especies asume respuestas individuales al cambio climático, lo cual no tiene en cuenta los efectos sinérgicos de las relaciones interespecíficas en una comunidad biótica.

Por último, la distribución desigual de recursos tecnológicos en la región seguramente da cuenta de la falta de precisión de los análisis geográficos de información socioeconómica. Esta limitación puede resultar en una descripción imprecisa de la capacidad adaptativa de un sistema y hace nece-

sario encontrar alternativas para llenar los vacíos resultantes, tales como el desarrollo de evaluaciones participativas de variables socioeconómicas. Adicionalmente, estos procesos pueden ofrecer

valores agregados, dado que la colecta de información sobre las variables de interés con actores locales seguramente logrará su involucramiento en el desarrollo de medidas de adaptación.

Literatura citada

- Adger, W. N., N. Brooks, M. Kelly, G. Bentham & S. Eriksen. 2004. *New indicators of vulnerability and adaptive capacity*. Tyndall Centre for Climate Change Research, Technical Report 7.
- Aguilar, M. 2007. *Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático de los pobladores rurales de la planicie costera central de El Salvador*. GEF/PNUD. 185 p.
- CAN 2008. *El cambio climático no tiene fronteras: Impacto del cambio climático en la comunidad andina*. Secretaría General de la Comunidad Andina, Lima, Perú.
- Downing, T.E. 2003. *Linking sustainable livelihoods and global climate change in vulnerable food systems*. Die Erde 133:363-378.
- Downing, T.E., Patwardhan, A., 2004. "Assessing vulnerability for climate adaptation". Chapter 3 In: Lim, B. & E.Spanger-Siegfried (Eds.). *Adaptation Policy Frameworks for Climate Change: Developing Strategies, Policies, and Measures*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Downing, T.E., Ziervogel, G., 2005. *Food System Scenarios: Exploring Global/Local Linkages. Poverty and Vulnerability Programme* Stockholm Environment Institute (SEI) 28 p.
- Epstein, P. R., H. F. Diaz, S. Elias, G. Grabherr, N. E. Graham, W. J. M. Martens, E. Mosley-Thompson, and E. J. Susskind. 1998. "Biological and physical signs of climate change: focus on mosquito-borne disease". *Bulletin of the American Meteorological Society* 78:409-417.
- Füssel, H. M. 2005. "Vulnerability in Climate Change Research: A Comprehensive Conceptual Framework". *Breslauer Symposium*, No. 6. University of California International and Area Studies. <http://repositories.cdlib.org/ucias/breslauer/6>
- Füssel, H. M. 2007. Vulnerability: "A generally applicable conceptual framework for climate change research". *Global Environmental Change* 17:155-167.
- Kienberger, S. & P. Zeil. 2005. *Vulnerability Assessment and Global Change Monitoring: The Role of Remote Sensing - Potential and Constraints for Decision Support*. <http://www.isprs.org/publications/related/ISRSE/html/papers/636.pdf>
- McCarthy, J. J., O. F. Canziani, N. A. Leary, D. J. Dokken, & K. S. White. 2001. "Climate Change 2001". *Cambridge University Press, Cambridge, U.K.*
- Metzger M. and Schröter D. 2006. "Towards a spatially explicit and quantitative vulnerability assessment of environmental change in Europe". *Regional Environmental Change*. Volume 6, Number 4 / December, 2006

- Olmos, S. 2001. "Vulnerability and Adaptation to Climate Change: Concepts, Issues, Assessment Methods". *Climate Change Knowledge Network Foundation Paper*. <http://www.cckn.net>.
- Relman, D. A. M. A. Hamburg, E. R. Choffnes & A. Mack. 2008. *Global Climate Change and Extreme Weather Events: Understanding the Contributions to Infectious Disease Emergence: Workshop Summary*. <http://www.nap.edu/catalog/12435.html>
- Ribot, J.C. 1996. "Climate Variability, Climate Change and Vulnerability: Moving Forward by Looking Back", in: Ribot, J.C., Magalhães, A.R. and Panagides, S.S. (eds.) *Climate Variability, Climate Change and Social Vulnerability in the Semi-arid Tropics*. Cambridge: *Cambridge University Press*.
- Schröter, D. 2004. *Global change vulnerability - assessing the European human-environment system*. Potsdam Institute for Climate Impact Research. http://unfccc.int/files/meetings/workshops/other_meetings/application/pdf/schroeter.pdf
- Smith, J. B., H. J. Schellnhuber & M. M. Q. Mirza. 1999. *Vulnerability to Climate Change and Reasons for Concern: A Synthesis*. <http://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg2/pdf/wg2TARchap19.pdf>
- Turner II, B. L., R. E. Kasperson, P. A. Matson, J. J. McCarthy, R. W. Corell, L. Christensen, N. Eckley, J. X. Kasperson, A. Luers, M. L. Martello, C. Polsky, A. Pulsipher & A. Schiller. 2003. *A framework for vulnerability analysis in sustainability science*. [http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073_pnas.1231335100](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1231335100)
- Urrutia, R. & M. Vuille. 2009. *Climate change projections for the tropical Andes using a regional climate model: Temperature and precipitation simulations for the end of the 21st century*, *J. Geophys. Res.* 114.



Vulnerabilidad al cambio climático en la Cordillera Real Oriental (Colombia, Ecuador y Perú)

Capítulo

2

Olga Lucía Hernández⁴, César Freddy Suárez y Luis Germán Naranjo

Los ecosistemas de montaña de los Andes del norte, como los páramos, bosques nublados y humedales, son frágiles y especialmente vulnerables a los impactos del cambio climático. En estas montañas, los glaciares han disminuido drásticamente, algunos de ellos han perdido el 80% de su superficie (Secretaría General de la CAN, 2007) y los cambios en los patrones regionales y locales de temperatura y precipitación, pueden causar desplazamientos de ecosistemas y especies y extinciones locales. Estos impactos pueden tener consecuencias negativas previsibles para la población de los tres países, pues el mantenimiento de su biodiversidad y la provisión continua de los bienes y servicios ecosistémicos están en riesgo.

⁴. Consultora
WWF.

Estas tendencias son especialmente preocupantes para regiones de especial importancia hídrica como la Cordillera Real Oriental cuyos glaciares, humedales de alta montaña, páramos y bosques nublados garantizan agua para el consumo humano, generación hidroeléctrica y riego en grandes extensiones aguas abajo. Por esta razón y dentro del marco del proyecto “Un Paisaje Vivo: Conservación, Integración Regional y Desarrollo Local en la Cordillera Real Oriental (Colombia, Ecuador y Perú)” y trabajando en coordinación con otras organizaciones nacionales, la Fundación Natura de Ecuador y las oficinas de programa del WWF en Colombia y Perú abordaron el reto de poner en marcha un plan regional de adaptación al cambio climático para esta cordillera. El planteamiento se hace a partir de ejercicios de modelación de escenarios de vulnerabilidad social, económica y ambiental para las comunidades que dependen directa o indirectamente de los servicios ecosistémicos generados por estas áreas.

En este capítulo describimos la metodología utilizada en el análisis de vulnerabilidad para la región y los hallazgos más importantes del mismo, los cuales fueron, junto con otros elementos, los insumos utilizados para plantear recomendaciones para una estrategia de adaptación al cambio climático a escala de la CRO.

Precisiones conceptuales

Siguiendo las recomendaciones del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), relacionamos la vulnerabilidad con unidades o sistemas sociales y describimos los sistemas biofísicos como variables sensibles al riesgo o estrés climático. De acuerdo con lo anterior, la vulnerabilidad está dada en función de tres elementos (Figura 2.1). En primer lugar, el índice de exposición se relaciona con las influencias o los estímulos que afectan un sistema. En un contexto del cambio del clima, captura los acontecimientos y los patrones importantes del tiempo que afectan el sistema, pero puede también representar influencias

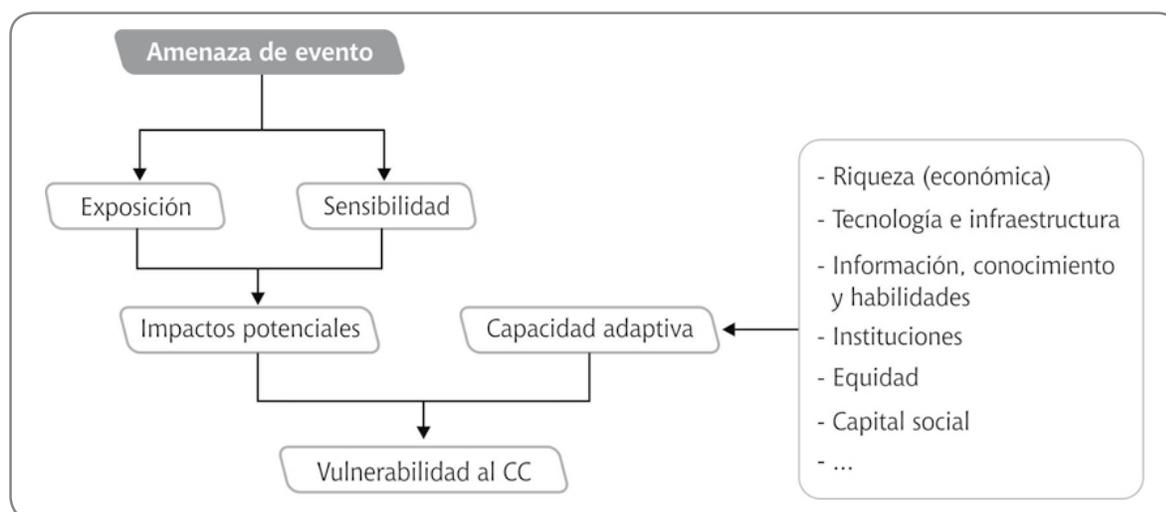


Figura 2.1. Conceptualización de la vulnerabilidad al cambio climático en el 3^{er} informe del IPCC (Ionescu et al., 2005).



más amplias tales como cambios en los sistemas relacionados, causados por efectos del clima. La exposición representa las condiciones de clima intrínsecas contra las cuales un sistema funciona y cualquier cambio en esas condiciones.

La sensibilidad refleja la respuesta de un sistema a las influencias climáticas. Los sistemas sensibles reaccionan de una manera muy alta al clima y se pueden afectar perceptiblemente por pequeños cambios de éste. Entender la sensibilidad de un sistema también requiere una comprensión de los umbrales en los cuales comienza a exhibir cambios en respuesta a influencias climáticas, de la gradualidad de estos ajustes del sistema y su posibilidad de revertirse.

Por último, la adaptación refleja la capacidad de un sistema al cambio, utilizando sus herramientas para afrontar las influencias externas. La adaptación puede ser planeada o autónoma. Una adaptación prevista es un cambio en anticipación de una variación en clima. Es un esfuerzo intrínseco estratégico y consciente para aumentar la capacidad de un sistema de hacer frente (o evitar) a las consecuencias del cambio del clima. Por lo tanto, siguiendo la metodología de Aguilar (2007),

cuanto mayor es la magnitud de la variable amenaza climática, mayor es la vulnerabilidad y cuanto mayor es la magnitud de la elasticidad y la capacidad de adaptación, menor es la vulnerabilidad.

Área de estudio

La Cordillera Real Oriental (CRO) se extiende desde la vertiente oriental del Macizo Colombiano hasta el Abra de Porculla a 6°S en el Perú. Esta región ocupa 109.400 Km² y comprende las montañas de la vertiente amazónica entre la cota de elevación de 300 m y la divisoria de aguas con la vertiente del Pacífico. La escarpada topografía de la cordillera da lugar a una compleja red hidrográfica, que corresponde a 7 grandes cuencas (Tabla 2.1, Figura 2.2).

Tabla 2.1. Extensión de las cuencas hidrográficas en el área de estudio.

Cuenca	Área (Km ²)
Caquetá	7.616,90
Putumayo	19.802,31
Napo	9.837,05
Pastaza	1.623,65
Santiago	14.058,91
Zamora/Cenepa	23.919,82
Marañón	15.543,72
TOTAL	109.401,72

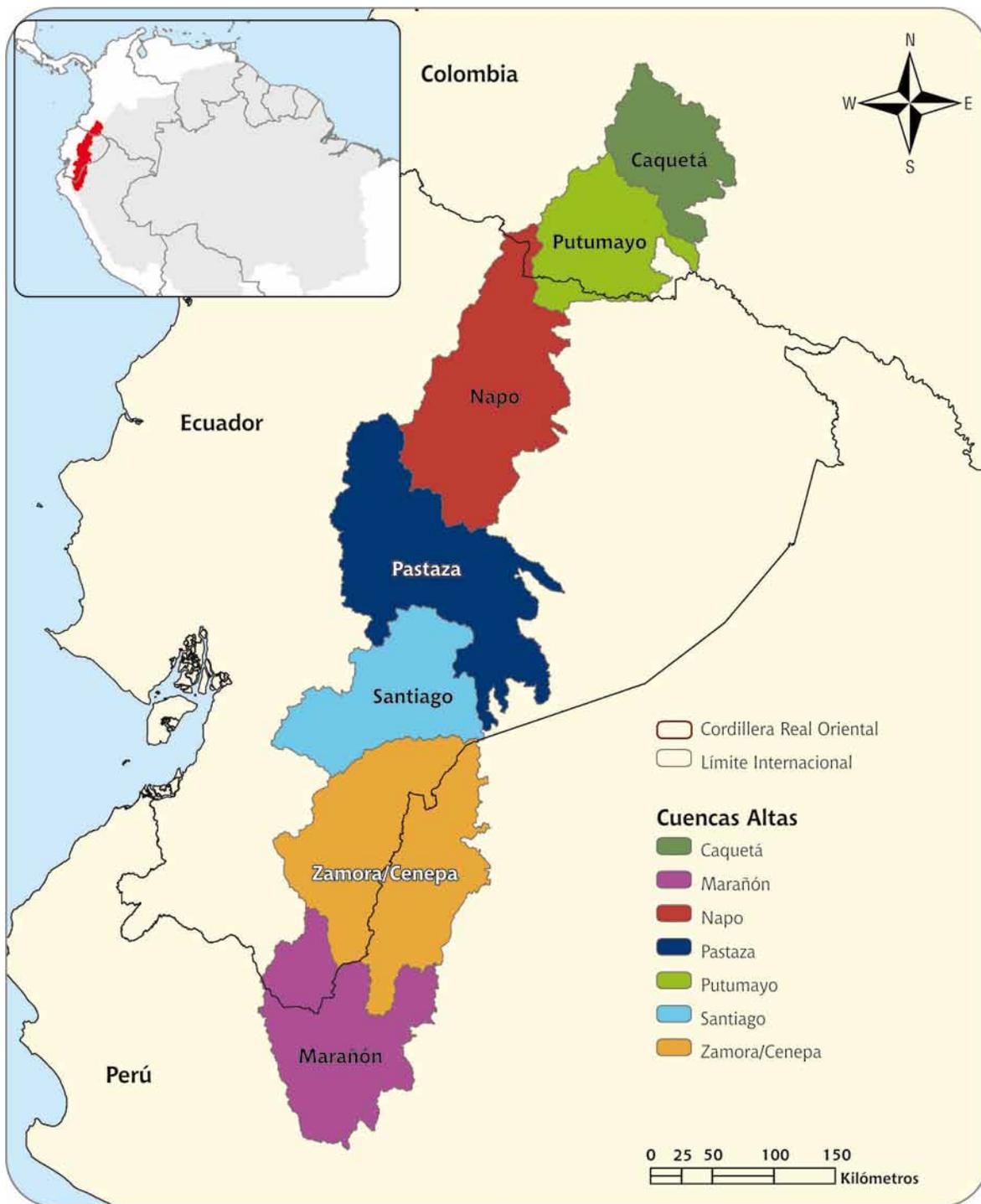


Figura 2.2. Área de estudio y cuencas altas.

Evidencias de cambio climático en el área de estudio

En la región Andina se están evidenciando cambios tanto en temperatura como en niveles de precipitación y frecuencia de eventos extremos, particularmente precipitaciones más intensas y cortas y vendavales (Soto, 2008). Ecosistemas de alta montaña como los glaciares de Colombia, Ecuador y Perú han tenido retrocesos sin precedentes en los últimos decenios y la mayoría estarían destinados a desaparecer en un período menor a 30 años. Según la primera comunicación nacional sobre cambio climático en Colombia (Ideam, 2001), se ratifica que durante el período 1961-1990 la temperatura media del aire en Colombia aumentó a un ritmo de 0,1 a 0,2°C por decenio, mientras que la precipitación anual ha presentado cambios entre -4% y +6% en diferentes regiones. En Ecuador, la medición de cambios en la temperatura media muestra una tendencia de incremento de 1,5°C en el período 1930-1993, con mayor evidencia de este cambio en la región interandina comparada con la región del litoral (Comité Nacional Sobre el Clima, 2001). La tendencia en la precipitación es bastante irregular, con una mayor inclinación hacia la disminución. Finalmente, en Perú en los últimos 50 años se ha observado un incremento de la temperatura máxima de cerca de 1,3°C (0,24°C por década) y una disminución generalizada de la precipitación de 3% (Consejo Nacional del Ambiente, 2001). A escala local, se observa una tendencia similar de



incremento de temperatura entre los años 1989 y 2005.

La región de la CRO ha soportado una serie de anomalías climáticas con intensidad y frecuencia inusuales en los registros históricos de nuestra época. Tormentas, inundaciones y deslizamientos, principalmente relacionados con eventos del fenómeno climático El Niño, han azotado a los tres países produciendo pérdidas económicas locales además de la pérdida de vidas humanas. De acuerdo a un análisis de la precipitación registrada en las estaciones climáticas de la CRO, es claro un aumento leve de la desviación estándar de los datos mensuales de las últimas tres décadas, lo que significa un aumento de las diferencias de precipitación entre los meses más secos y lluviosos.

Metodología del análisis de vulnerabilidad para la Cordillera Real Oriental

La evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático es importante para responder a riesgos futuros. Para nuestra evaluación de toda la Cordillera Real Oriental seguimos,

en términos generales, los puntos esbozados en el protocolo propuesto en la sección anterior a partir del modelo conceptual integrado de Turner II *et al.* (2003), considerando sistemas y criterios de sensibilidad definidos por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) (Tabla 2.2).

Exposición

Como ya se dijo, la exposición, en un contexto del cambio del clima, se refiere a los acontecimientos y patrones importantes del tiempo que afectan el sistema, pero puede también representar las condiciones intrínsecas de clima y cualquier cambio en esas condiciones que afectan el funcionamiento de un sistema (Ionescu *et al.*, 2005). Para nuestros análisis, utilizamos las siguientes variables en la definición de exposición: ecosistemas, especies y recursos hídricos, y las condiciones cambiantes del clima a las cuales se verán enfrentados dichos atributos de acuerdo con los escenarios del clima futuro, generados por el Ministerio del Ambiente en Ecuador (MAE, 2008) por medio del modelo de circulación regional Precis, que es un sistema de modelado regional desarrollado por el Centro Hadley en Inglaterra, utilizando el modelo

Echam4 para los escenarios A2 y B2. Consideramos los cambios de temperatura, precipitación y humedad del modelo Echam4 y los escenarios A2 y B2 para las décadas de 2030 y 2050.

Para el caso de especies, asumimos las variables de exposición utilizadas por Cuesta *et al.* (2006), obtenidas de la base de datos TYN SC 2.0 (Mitchell *et al.*, 2004), modelo Hadcm3, escenarios A2 y B2, para la década de 2050.

Asumiendo que los escenarios A2 y B2 son similares a la realidad de los países en desarrollo, es decir, un crecimiento constante de su población y el desarrollo fragmentado en la tecnología, y además tomando en cuenta las diferencias en términos de emisiones (Escenario A2 o pesimista y el B2 –optimista), hemos realizado los análisis que se presentan en este documento en relación con sus estimaciones. No obstante, es preciso tener en cuenta que estos escenarios no se pueden considerar como pronósticos ya que poseen muchas incertidumbres.

Sensibilidad

Analizamos para cada sistema la reacción o respuesta frente a los escenarios de cambio del clima. De esta forma, tomamos en cuenta el cambio en la distribución de las zonas de vida, el cambio en el ensamblaje de especies como efecto del cambio de la temperatura y humedad y el cambio en la escorrentía (criterios de sensibilidad para ecosistemas, especies y recursos hídricos) en respuesta a los cambios previstos en la temperatura, la precipitación y la humedad.

Tabla 2.2. Elementos de análisis de vulnerabilidad al cambio climático a partir de la definición del IPCC.

Sistema		Criterio de sensibilidad
Biodiversidad	Nicho climático de especies de aves y plantas	Cambio en el ensamblaje de las especies analizadas
	Zonas de vida	Cambio en la distribución de las zonas de vida
Hidrología	Balance hídrico	Cambio en la escorrentía

Sistema 1: Biodiversidad

La sensibilidad en conjunto para la biodiversidad es el producto de la suma de las áreas sensibles para especies y las áreas sensibles para las zonas de vida en cada escenario (A2 y B2). Estas áreas, por álgebra de mapas, se reclasifican en una sola categoría para calcular la sensibilidad.

Como sustitutos (*proxies*) de ecosistemas, tomamos como punto de partida para nuestros análisis las zonas de vida de Holdridge (1967). Según este sistema, ciertos grupos, asociaciones vegetales o de ecosistemas corresponden a rangos de temperatura, precipitación y humedad, de tal forma que pueden definirse divisiones balanceadas de estos parámetros climáticos para agruparlas en zonas de vida. Las zonas de vida de Holdridge son un modelo de áreas potenciales, ya que no se tienen en cuenta las áreas intervenidas actuales y proyectadas.

Utilizando las coberturas de temperatura y precipitación de Bioclim (Hijmans *et al.*, 2005), modelamos las zonas de vida de Holdridge para el período actual y para los escenarios

A2 y B2 de cambio climático. Para ello promediamos los valores estimados para los años 2021-2030 y los años 2051-2060 y aplicamos la clasificación de Holdridge y su ajuste a la zona de estudio (Tabla 2.3).

La sensibilidad de una región, en términos de las zonas de vida, está dada por el cambio potencial en su distribución geográfica. Áreas con cambios drásticos en las variables climáticas representarán cambios potenciales en las zonas de vida, que así mismo representarán áreas con mayor o menor grado de sensibilidad. Para seleccionar las áreas con mayor cambio en la CRO, hicimos un cálculo de mapas donde se comparan las zonas de vida en 2030 y las actuales. Hicimos además el mismo análisis comparando las zonas de vida en 2050 y 2030 para ubicar las zonas con diferencias atribuibles a los efectos del cambio climático en cada escenario.

Por otra parte, la sensibilidad de especies de aves y plantas al cambio climático se asume por el grado potencial de respuesta en su distribución geográfica. De esta forma, la modelación de los nichos climáti-

Tabla 2.3. Rangos de ajuste para el cálculo de las zonas de vida.

Rango	Elevación		Temperatura	Precipitación	Provincias de humedad (Índice Ombrotérmico - Io)	
1	0 - 1100	Basal	< 1.5	< 62.5	< 0.1	Ultrahiperárido
2	1100 - 2100	Subandino	1.5 - 3	62.5 - 125	0.1 - 0.3	Hiperárido
3	2100 - 3200	Andino	3 - 12	125 - 250	0.3 - 1	Árido
4	>3200	Páramo	12 - 24	250 - 500	1 - 2	Semiárido
5			> 24	500 - 1000	2 - 3.6	Seco
6				1000 - 2000	3.6 - 6	Subhúmedo
7				2000 - 4000	6 - 12	Húmedo
8				4000 - 8000	12 - 24	Hiperhúmedo
9					> 24	Ultrahiperhúmedo

cos de especies permite determinar áreas más sensibles que otras, a partir del número estimado de especies que cambiarían su distribución en respuesta al cambio climático.

Para el análisis de la Cordillera Real Oriental tomamos, como sustitutos de la biodiversidad, las modelaciones MaxEnt (Phillips *et al.*, 2006)⁵ hechas por Cuesta *et al.* (2006) de la distribución esperada para los años 2050 y la distribución actual de 42 especies de aves y 47 especies de plantas vasculares en los Andes del norte ante los escenarios A2 y B2 de cambio climático del HadCM3. Varias de estas especies tienen características que las convierten en buenos indicadores de la diversidad. Su tiempo y modo de radiación está relacionada con el levantamiento de los Andes y los cambios climáticos del Pleistoceno; sus patrones de distribución presentan un alto nivel de reemplazo dentro de los gradientes ambientales de la región, varias especies son endémicas y algunas se encuentran en alguna categoría de amenaza.

A partir de estos modelos evaluamos el impacto potencial del cambio climático analizando los patrones espaciales de cambio en relación con los distintos escenarios climáticos, de acuerdo con Thuiller *et al.* (2005) y Broennimann *et al.* (2006). Para ello, tomamos los patrones espaciales de especies generados por Cuesta *et al.* (2006) y cuantificamos el número y porcentaje de especies ausentes (pérdida) o nuevas (ganancia) para cada pixel en las futuras condiciones climáticas. Estimamos así la tasa de rotación de las especies bajo la hipótesis de que una especie

puede llegar a cualquier zona con condiciones ecológicas adecuadas (dispersión universal) y que la cubierta vegetal actual se mantiene en el tiempo, utilizando la fórmula:

$$T = \frac{(G + L)}{(SR + G)} \times 100 \quad [1]$$

Donde:

T: volumen de especies;

G: ganancia de especies;

L: pérdida de especies;

SR: actual riqueza de especies.

Un valor de 0 indica que el ensamble de especies no cambia (es decir, no hay pérdida o ganancia de especies), mientras que 100 indica que el ensamble de especies es completamente diferente en las nuevas condiciones. De acuerdo al cambio en el ensamblaje (T) de especies se propusieron umbrales de sensibilidad, los cuales se dividieron en cuatro rangos (usando quintiles) tanto para aves como para plantas en cada escenario. Para seleccionar los sitios más sensibles para cada grupo se identificaron los quintiles más altos, luego sumamos las áreas más sensibles para cada grupo de especies en cada escenario.

Sistema 2: Hidrología

La sensibilidad para el recurso hídrico, está dada por el porcentaje de cambio en la oferta hídrica total actual con respecto a los periodos de referencia de 2030 y 2050, expresado en la fórmula 3:

$$\text{Sensibilidad} = \frac{Q_r}{Q_{\text{actual}}} \times 100 \quad [2]$$

5. Es uno de los modelos de regulación climática global.

Donde:

Q_r , es la oferta hídrica proyectada de referencia al año 2030 y 2060, expresado en caudales m^3/seg .

Q_{actual} es la oferta hídrica actual, expresada en caudales m^3/seg .

Metodológicamente, para la estimación de la oferta hídrica actual y futura utilizamos la propuesta del *Soil Conservation Service* (SCS), (1964) en el *National Engineering Handbook* (2004) y su aplicación, utilizando herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) por Castillo *et al.* (2007). Con esta herramienta se relaciona la precipitación con el complejo de suelo hidrológico y la condición de humedad antecedente, con el fin de establecer la escorrentía directa actual. Para la estimación de la oferta futura, se asumen condiciones semejantes de suelo y cobertura vegetal con respecto al estado actual y se toman las diferencias de precipitación, de acuerdo con los escenarios de cambio climático (modelo Echam4, escenario A2 y B2; MAE, 2008), como

factor de cambio en el balance hídrico (Figura 2.3).

La escorrentía (Pe)⁶ es la cantidad de agua después de una lluvia, que fluye, drena o escurre sobre la superficie del suelo. La escorrentía fluye a los cauces, incrementando su volumen a medida que llega agua de las partes más lejanas, y comienza a decrecer el caudal al poco tiempo de terminada la lluvia. El agua sobrante de las lluvias que no alcanza a entrar al suelo corre sobre la superficie de la tierra, dependiendo de varios factores, como el uso del suelo, la cobertura vegetal, las prácticas de manejo, el grupo hidrológico de suelos y la precipitación. La escorrentía se calcula como:

$$Pe = \frac{(Pi - 0.2S)^2}{(Pi + 0.8S)} \quad [3]$$

Donde:

Pe : Escorrentía en mm;

Pi : Precipitación diaria en mm;

S : Máxima retención en la cuenca en mm.

6. El valor de la precipitación para la fórmula de Pe es diaria, sin embargo para el presente balance se cuenta con la precipitación media mensual multianual.

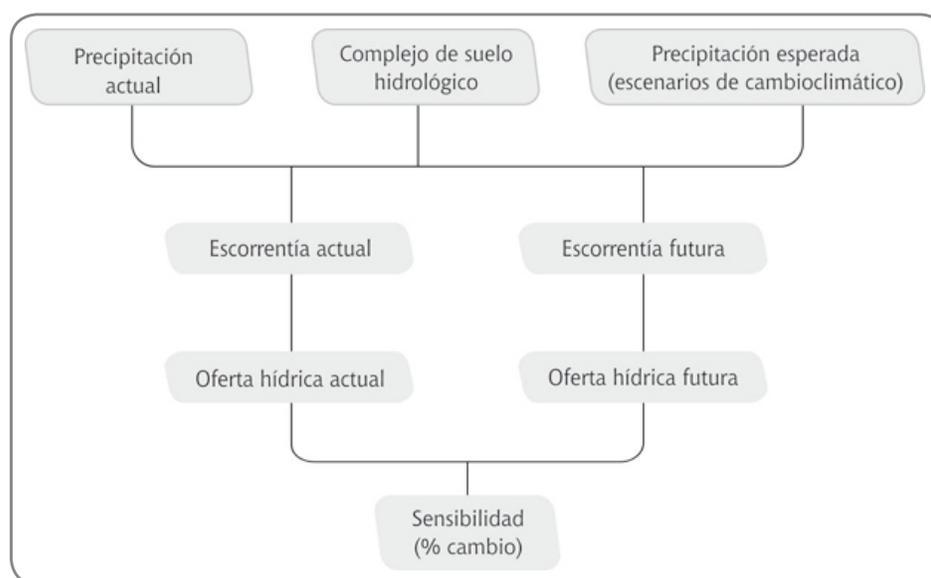


Figura 2.3. Modelo de sensibilidad de recursos hídricos.

La ecuación 4 tiene una limitante y es la estimación de S, pero en general permite una buena aproximación de Q para cuencas por uso del suelo. El valor de S es igual a la capacidad útil de almacenamiento del suelo. Se definió S en función de la Curva Número (CN), descrito posteriormente de acuerdo a:

$$S = \left(\frac{2540}{CN} - 25.4 \right) \quad [4]$$

Oferta hídrica

Tomando en cuenta la expresión de escorrentía, expresada en términos de lámina de agua en milímetros, se despeja Q, que determina la oferta hídrica superficial para cada período de agregación, que para el caso es mensual.

$$Y = \frac{Q \times T}{A \times 10^3} \quad [5]$$

Donde

Y, es la escorrentía superficial en mm;

Q, es el caudal mensual total m³/seg;

T, es la cantidad de segundos en un mes;

A, es el área de la cuenca referente a la estación hidrométrica.

$$Q = \frac{Y \times A \times 10^3}{T} \quad [6]$$

Índice de capacidad adaptativa

La capacidad de adaptación se refiere a la habilidad de evolucionar y adaptarse a un entorno cambiante. Los sistemas naturales y humanos

pueden retroalimentarse para superar los cambios. Esta adaptación se fortalece mediante el potencial de los recursos disponibles en un área dada, para generar nuevos procesos o implementar nuevas técnicas (Aguilar, 2007; Sietchiping, 2006). De igual manera, el IPCC (2007) plantea que “La capacidad de adaptarse es dinámica y en ella influye la base productiva de la sociedad, en particular, los bienes de capital naturales y artificiales, las redes y prestaciones sociales, el capital humano y las instituciones, la gobernanza, los ingresos nacionales, la salud y la tecnología. Influyen también en ella una multiplicidad de factores de estrés climáticos y no climáticos, así como las políticas de desarrollo”.

Bajo la anterior premisa y tomando como referencia el documento técnico V del IPCC (2002), sobre cambio climático y biodiversidad, donde se asevera que la capacidad de los países para implementar actividades de adaptación está relacionada con la consideración de aspectos económicos, sociales y ambientales, hemos desarrollado los siguientes indicadores que continúan los anteriores lineamientos. De esta forma, se ofrece un panorama real de las condiciones de adaptación en la CRO.

En este orden de ideas, la capacidad de adaptación actual de la CRO tiene en cuenta tres aspectos básicos: socioeconómico, infraestructura y ambiental. Estos temas están compuestos por indicadores y medidas (Figura 2.4).

Cálculo de las variables socioeconómicas

Las variables socioeconómicas están medidas por las divisiones político-administrativas de cada país en el nivel 3. Se utilizó la información de población rural (también definida como resto) de los censos más recientes de cada país: 2005 para los municipios en Colombia, 2001 para los cantones en Ecuador y 2005 para las provincias en Perú (respectivamente, Dane⁷, 2005; INEC⁸, 2001; INEI⁹, 2005). Los datos de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) para Ecuador fueron suministrados por TNC y para Perú fueron tomados del mapa de pobreza de 1996. Los datos fueron estandarizados o normalizados de 0 a 100 para poder hacer los cálculos del índice socioeconómico (ISE), el cual, se basa en la siguiente relación para su cálculo:

$$ISE = \frac{Dp+In+Te+An+NBI}{5} \quad [7]$$

Donde:

ISE, es el índice socioeconómico;

Dp, es la densidad poblacional;

In, es el número de infantes o población infantil dado por los menores de 10 años;

Te, es el número de adultos mayores o tercera edad, dado por los mayores a 65 años;

An, es el número de personas que no saben leer y escribir o analfabetas;

NBI, es el índice de necesidades insatisfechas.

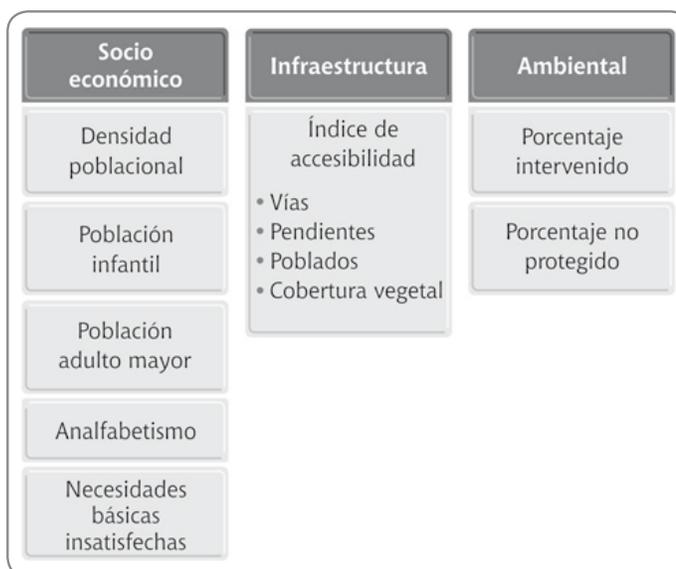


Figura 2.4. Temas y variables utilizadas en la Capacidad de Adaptación Actual de la CRO.

Infraestructura

La infraestructura es un factor que de igual manera a otros, puede tener varias interpretaciones, dependiendo de la perspectiva desde la cual se analice, ya que puede favorecer o impedir la implementación de actividades frente a la reducción de la vulnerabilidad de los sistemas analizados. De esta manera, la existencia de una carretera o una zona de fácil acceso, por ende, facilitará la intervención y posterior degradación del medio natural, por lo que sería un elemento que restringe la capacidad de adaptación (elemento negativo). Por otro lado, existen otros factores que es preciso incluir en el presente análisis, como la existencia y operatividad de sistemas de monitoreo en biodiversidad, o sistemas de alertas tem-

7. Dane: Departamento Administrativo Nacional de Estadística de Colombia.

8. INEC: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos de Ecuador.

9. INEI: Instituto Nacional de Estadística e Informática de Perú.

pranas, ojalá tomando en cuenta indicadores que den una visión de la sensibilidad y cambios frente a las variables climáticas. Estos serían elementos que favorecen la capacidad de adaptación (positivos). Sin embargo, estas iniciativas son nulas y no se cuenta con información adecuada, por lo que finalmente no se han tomado en cuenta. Por lo anterior hemos propuesto el índice de accesibilidad como elemento para evaluar la capacidad de adaptación, en el contexto de un factor de infraestructura.

Ambiental

En este aspecto se han seleccionado dos indicadores de las implicaciones de las actividades humanas sobre los recursos naturales. Interpretados en el contexto de la capacidad de adaptación, nos reflejan de manera cuantitativa una aproximación de cuanto puede hacer el ser humano a favor o en contra de la biodiversidad y sus servicios ambientales.

- *Porcentaje intervenido*, dado por la extensión de ecosistemas transformados en relación con un área determinada, que para este caso son las divisiones político-administrativas.
- *Porcentaje no protegido*, definido como el grado en el cual una unidad administrativa no posee figuras de conservación; se refleja en relación con la extensión de cada unidad administrativa ubicada geográficamente.

Cálculo del índice de capacidad de adaptación actual de la CRO

Después de hacer los análisis arriba descritos, promediamos los valores estandarizados de las tres variables (socioeconómica, infraestructura y ambiental) para obtener el índice de capacidad actual de la CRO, de acuerdo a la ecuación 8.

$$ICA = \frac{ISE+II+IA}{3} \quad [8]$$

Identificación de vulnerabilidad

La agrupación de la sensibilidad junto con el índice de capacidad adaptativa, proporcionan escenarios que permiten tener un panorama del grado de vulnerabilidad en la Cordillera Real Oriental (Tabla 2.4). Determinamos así cuatro escenarios de vulnerabilidad de acuerdo con la propuesta de Downing (2003), teniendo en cuenta el grado de riesgo/impactos climáticos, clasificados previamente en Alto y Bajo y la capacidad de adaptación clasificada como Alta, Media y Baja, e identificamos el grupo de alto riesgo como comunidades vulnerables.

Resultados

El clima en el futuro

El incremento progresivo de la temperatura desde el año 2010 hasta el 2099 (Fig. 2.5), calculado con base en el modelo de circulación regional Precip para los escenarios Echam A2 y B2, del Ministerio del Medio Am-

biente de Ecuador, continúa una tendencia similar a la observada en las estaciones climáticas de la CRO examinadas (datos históricos). Se esperarían diferencias máximas de alrededor de 2°C para finales del siglo y mínimas para las décadas de 2030 y 2060. Estas tendencias se mantienen iguales para toda el área de estudio, como se observa al comparar cada una de las cuencas hidrográficas de la Cordillera Real

Tabla 2.4. Agrupación del riesgo climático por riesgo y capacidad de adaptación.

Riesgos	Capacidad de adaptación		
	Baja	Media	Alta
Alto	Áreas de alta vulnerabilidad	Áreas de media vulnerabilidad	Áreas de baja vulnerabilidad
Bajo	Riesgos residuales altos	Riesgos residuales bajos	Sostenibilidad

Oriental (Fig. 2.6), con leves diferencias para finales del siglo XXI.

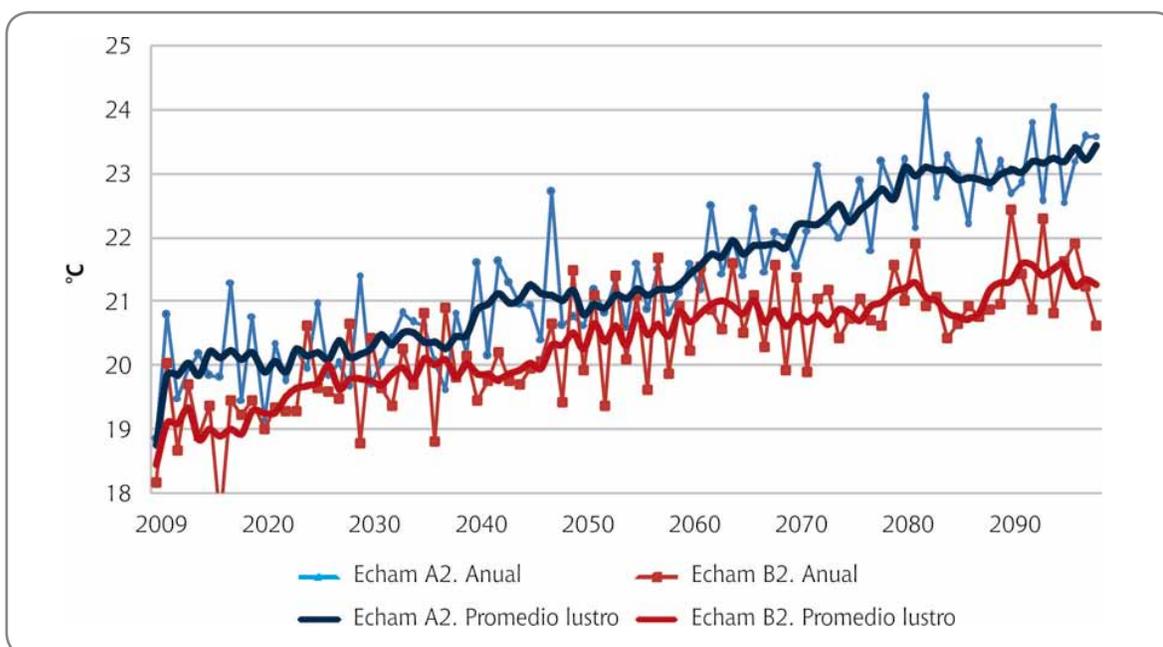


Figura 2.5. Escenarios de cambio en temperatura promedio anual para la CRO.

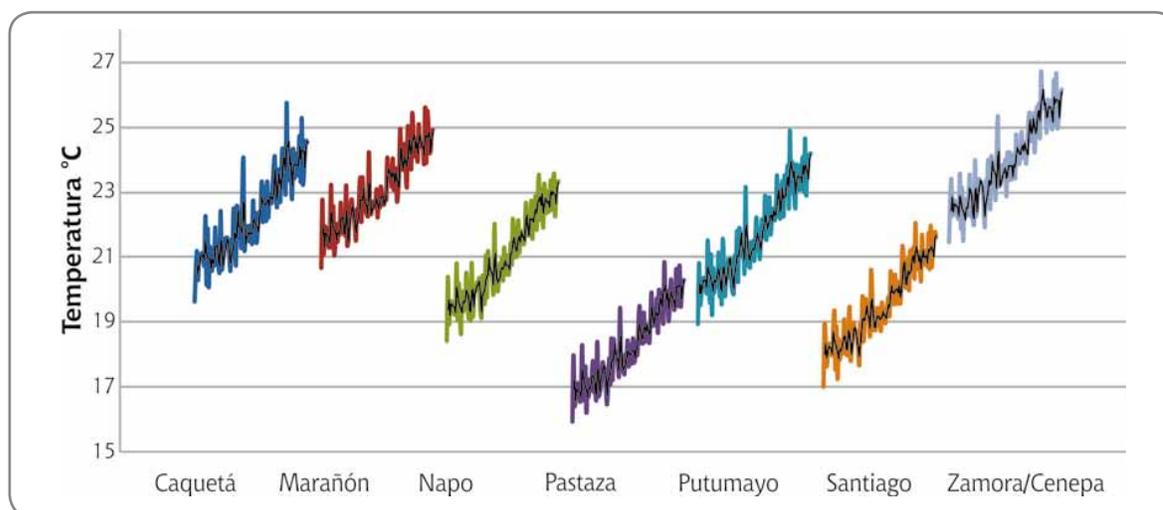


Figura 2.6. Escenario A2 de cambio en la temperatura por cuencas. Modelo Echam.

En lo que respecta a la precipitación podemos presumir, a partir de los promedios quinquenales para toda el área de estudio, que presentará variaciones entre -20 y 60%, altas diferencias de un año a otro y una leve tendencia general al aumento (Fig. 2.7). A diferencia de la temperatura, se esperan cambios marcados de la precipitación para cada una de las cuencas. Para las cuencas de los ríos Caquetá y Putumayo se esperan variaciones tanto negativas como positivas a lo largo del siglo y no se observa una tendencia clara de aumento o disminución. Los escenarios muestran también una variación negativa para la cuenca del Napo (entre 15 y 20%) para la década de 2020 y posteriores variaciones tanto negativas como positivas, con una leve tendencia al aumento. Por otro lado, es evidente una tendencia al aumento para la cuenca del Pastaza a lo largo del siglo, tomando en cuenta los promedios de 5 años, que presentan las variaciones anuales más altas en la CRO.

Las variaciones promedio anuales más bajas, en comparación con las demás cuencas, se esperan para

la cuenca del Zamora-Cenepa, en donde apenas se observa una leve tendencia al aumento, pero al igual que en las anteriores, excepto la del río Pastaza, las variaciones son muy leves como para aseverar tendencias de aumento o disminución de la precipitación.

Análisis de la sensibilidad de los sistemas en la Cordillera Real Oriental

Sistema 1: Biodiversidad

La mayor variación relativa esperada en la distribución de las zonas de vida de la CRO tendría lugar en la cuenca alta del río Napo en Ecuador (Tabla 2.5), seguido de las cuencas altas de los ríos Putumayo y Pastaza, con tendencias cercanas al 37 y 27%, con respecto al cambio relativo de las zonas de vida, en el escenario negativo A2. La cuenca para la cual se espera menor variación en la distribución de sus zonas de vida es la del río Santiago.

La variación esperada del área y el porcentaje de reducción de cada una de las zonas de vida de la CRO difiere entre escenarios y periodos

Tabla 2.5. Cambios esperados (en área y porcentaje) en las superficies de zonas de vida para la CRO en el año 2030.

Cuenca	Escenario A2		Escenario B2	
	Área	%	Área	%
Caquetá	1864.09	24.46	1482.86	19.46
Putumayo	5222.2	37.02	4037.29	28.62
Napo	4150.63	42.11	2257.34	22.90
Pastaza	5004.11	26.79	3188.1	17.07
Santiago	2607.67	10.84	2022.08	8.41
Zamora/Cenepa	2587.92	16.51	2007.48	12.81
Marañón	4597.97	23.18	2116.53	10.67

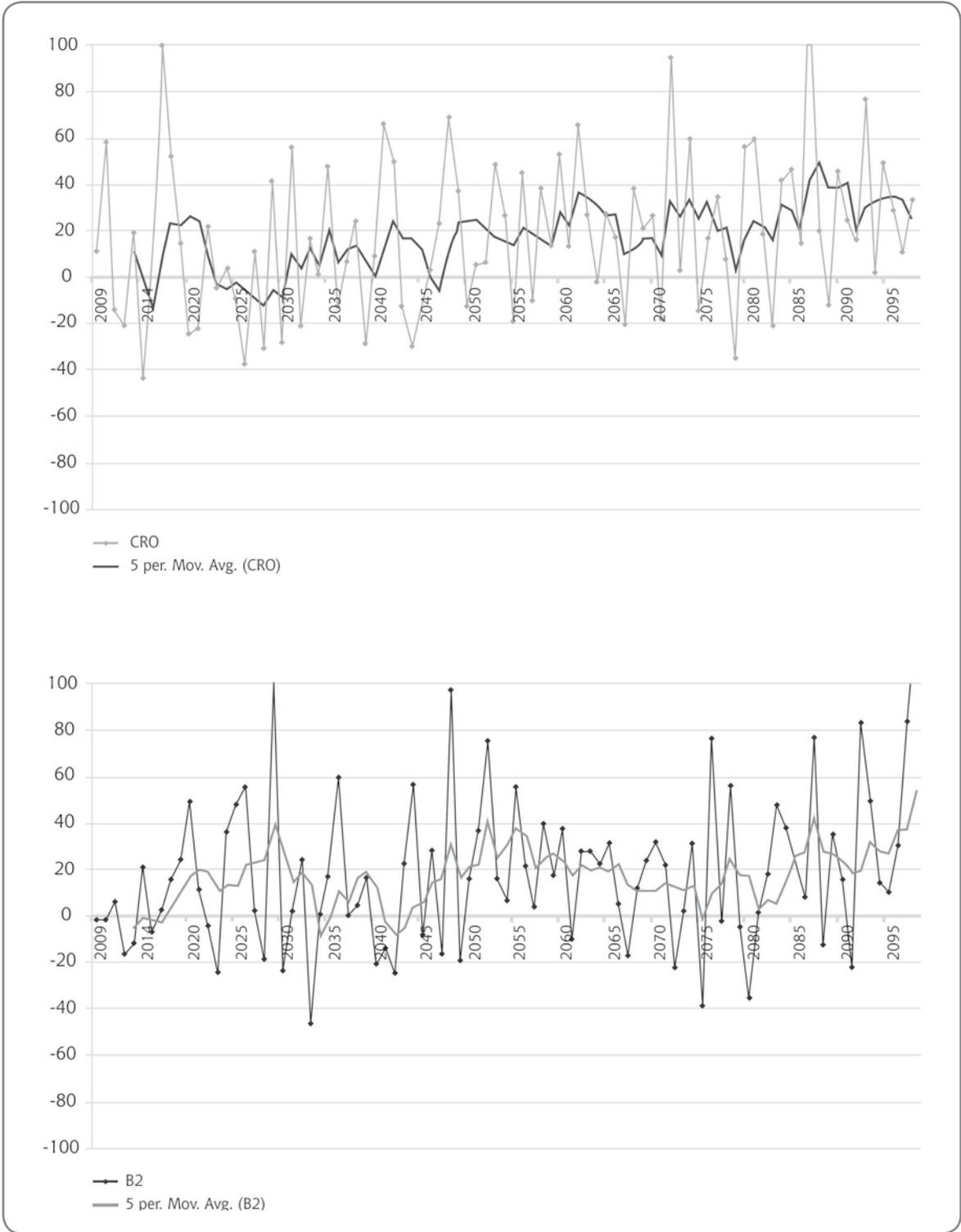


Figura 2.7. Escenario A2 y B2 de cambio en la Precipitación. Modelo Echam.

de análisis (Fig. 2.8). Nueve zonas de vida podrían incrementar su extensión bajo el escenario A2 y 10 bajo el B2 hacia el año 2030, mientras que otras nueve disminuirían hacia el 2050 bajo el escenario A2 y ocho bajo el B2.

Las únicas zonas de vida que tendrían a incrementar en superficie para ambos escenarios en los dos periodos son los ecosistemas secos y con magnitudes muy variables (matorral desértico, el bosque muy seco, el bosque seco, bosque andino seco y el páramo seco). Por su parte, los cascos glaciares, el bosque andino muy húmedo y el bosque andino pluvial tenderían a disminuir bajo ambos escenarios de cambio climático tanto para el año 2030 como para el 2050.

Una consecuencia importante de los cambios en la distribución de las

zonas de vida en la CRO se refiere a la variación en la representatividad ecosistémica de las áreas protegidas en la región. A medida que unas zonas de vida se expanden y otras se comprimen, la integridad ecológica de las áreas protegidas, definida en términos de la proporción de los distintos ecosistemas dentro de ellas, es susceptible de variar de manera significativa. De quince zonas de vida representadas en las áreas protegidas actualmente existentes en la CRO, doce varían consistentemente frente a los dos escenarios de cambio climático: siete incrementan su extensión en más de 100% y el área de las cinco restantes se reduce, aunque en proporciones comparativamente menores (Tabla 2.6).

La evaluación del cambio esperado en los ensamblajes (T) de especies, obtenido mediante la suma de

Tabla 2.6. Cambio porcentual en la extensión de las zonas de vida dentro del conjunto de áreas protegidas existentes en la CRO.

Zona de vida	Escenario A2		Escenario B2	
	2030	2050	2030	2050
Cascos glaciares	53,1	21,9	54,15	25,0
Páramo pluvial	25,9	17,7	27,85	20,3
Páramo muy húmedo	68,0	49,3	66,24	54,1
Páramo húmedo	152,0	175,8	153,63	163,2
Páramo seco	267,5	410,0	294,96	337,5
Bosque andino pluvial	0,0	0,0	58,21	0,0
Bosque andino muy húmedo	56,4	39,0	59,62	42,5
Bosque andino húmedo	102,5	105,4	106,21	109,2
Bosque andino seco	308,6	356,7	223,88	253,7
Bosque subandino muy húmedo	69,3	59,1	67,62	62,6
Bosque subandino húmedo	120,2	126,0	122,28	125,9
Bosque subandino seco	143,6	182,7	120,38	152,5
Bosque muy húmedo	92,5	113,7	86,41	111,8
Bosque pluvial	76,4	5,7	76,73	48,4
Bosque húmedo	101,7	103,0	101,96	103,3

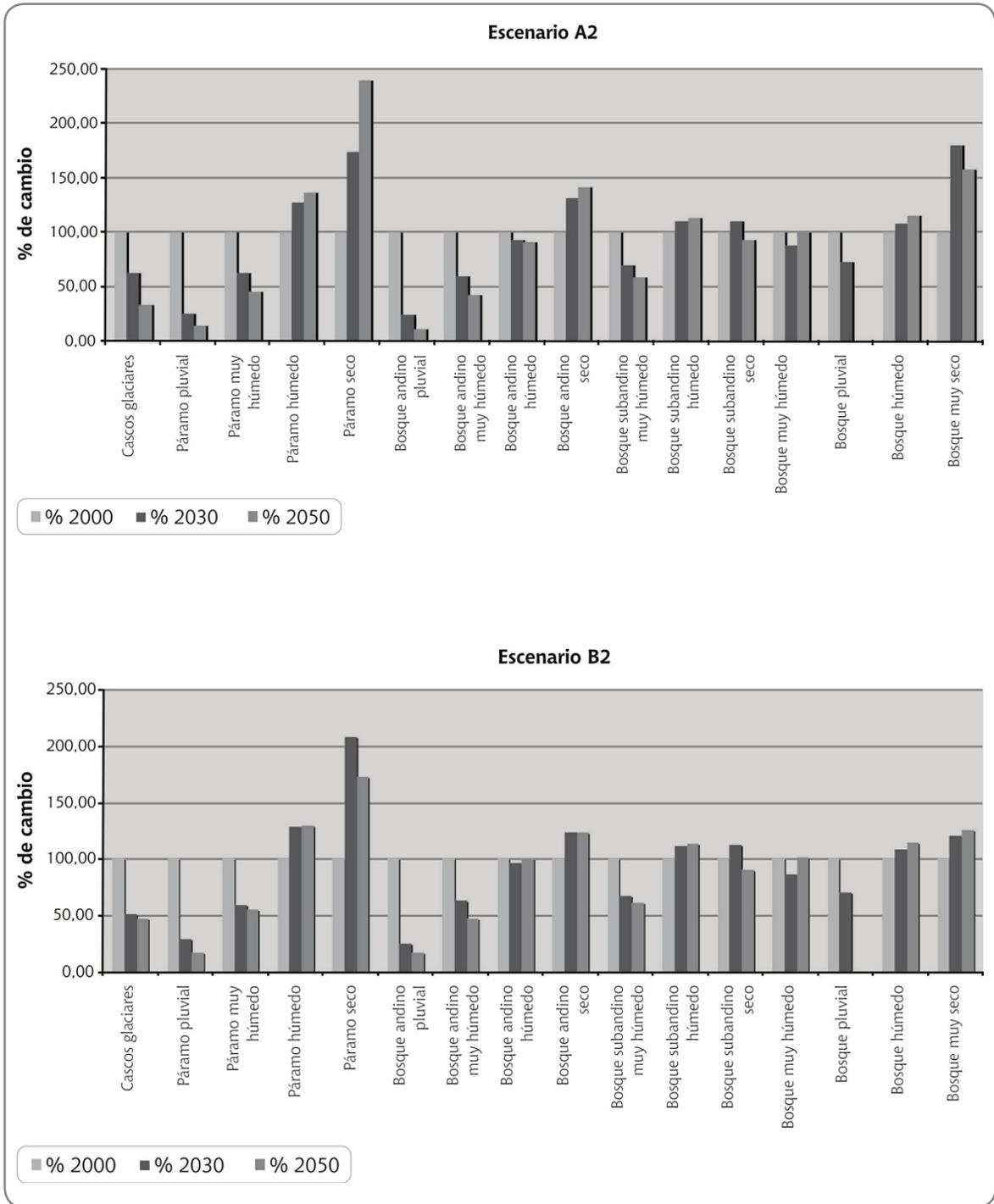


Figura 2.8. Cambio porcentual de la extensión de las diferentes zonas de vida de la CRO en el año 2030.

las áreas más sensibles para cada grupo de especies en cada escenario, reveló diferencias marcadas entre escenarios y entre cuencas principales. Los valores de cambio esperado en las cuencas altas de los ríos Napo y Pastaza son elevados para los dos grupos de especies analizadas y para los dos escenarios de cambio climático. La menor variación esperada en el ensamblaje de plantas vasculares corresponde a la cuenca alta del río Putumayo para el escenario B2 (3,5% del área presenta altos valores de recambio de especies) y la máxima a la cuenca alta del río Pastaza (32,9%), también para el escenario B2 (Tabla 2.7). En cuanto a las aves, la menor variación corresponde a la cuenca de Marañón (0,5%) ante el escenario B2 y la máxima a la del río Pastaza (34,4%) ante el escenario A2 (Tabla 2.7).

Al superponer las modelaciones espaciales de los dos ensamblajes de especies para cada uno de los escenarios (Figs. 2.9a y 2.9b), es evi-

dente la sensibilidad de la cuenca alta del río Pastaza al cambio climático en términos de la proporción del área afectada por el recambio de especies. Aunque la cuenca alta del río Caquetá no se ve muy afectada en la modelación para el escenario A2, sería un área de preocupación mayor de acuerdo con la modelación del escenario B2 y una situación similar se presenta con la cuenca alta del río Napo.

Es importante señalar que el supuesto de una respuesta específica individual ante las variaciones de nicho climático de las especies es exageradamente simplista pues ignora los efectos de los cambios de distribución de una especie sobre otros organismos. Por esta razón, los resultados de nuestros análisis deben ser tomados con cautela pues los niveles de sensibilidad calculados para estas cuencas muy seguramente subestiman el impacto que podrían tener las variaciones observadas sobre la composición y estructura de las comunidades bióticas de la CRO.

Tabla 2.7. Sensibilidad de las distintas cuencas de la CRO al cambio climático expresada como el área y el porcentaje de cada cuenca afectada por cambios en la distribución de especies de plantas vasculares para el año 2050.

Cuenca	Escenario A2		Escenario B2	
	Área (Km ²)	%	Área (Km ²)	%
Caquetá	668,0	8,8	896,4	11,8
Putumayo	772,8	5,5	491,1	3,5
Napo	2075,3	21,1	1619,4	16,4
Pastaza	5024,7	26,9	6136,6	32,9
Santiago	1259,6	5,2	1006,3	4,2
Zamora / Cenepa	2907,3	18,6	1694,9	10,8
Marañón	1625,4	8,2	1637,4	8,3

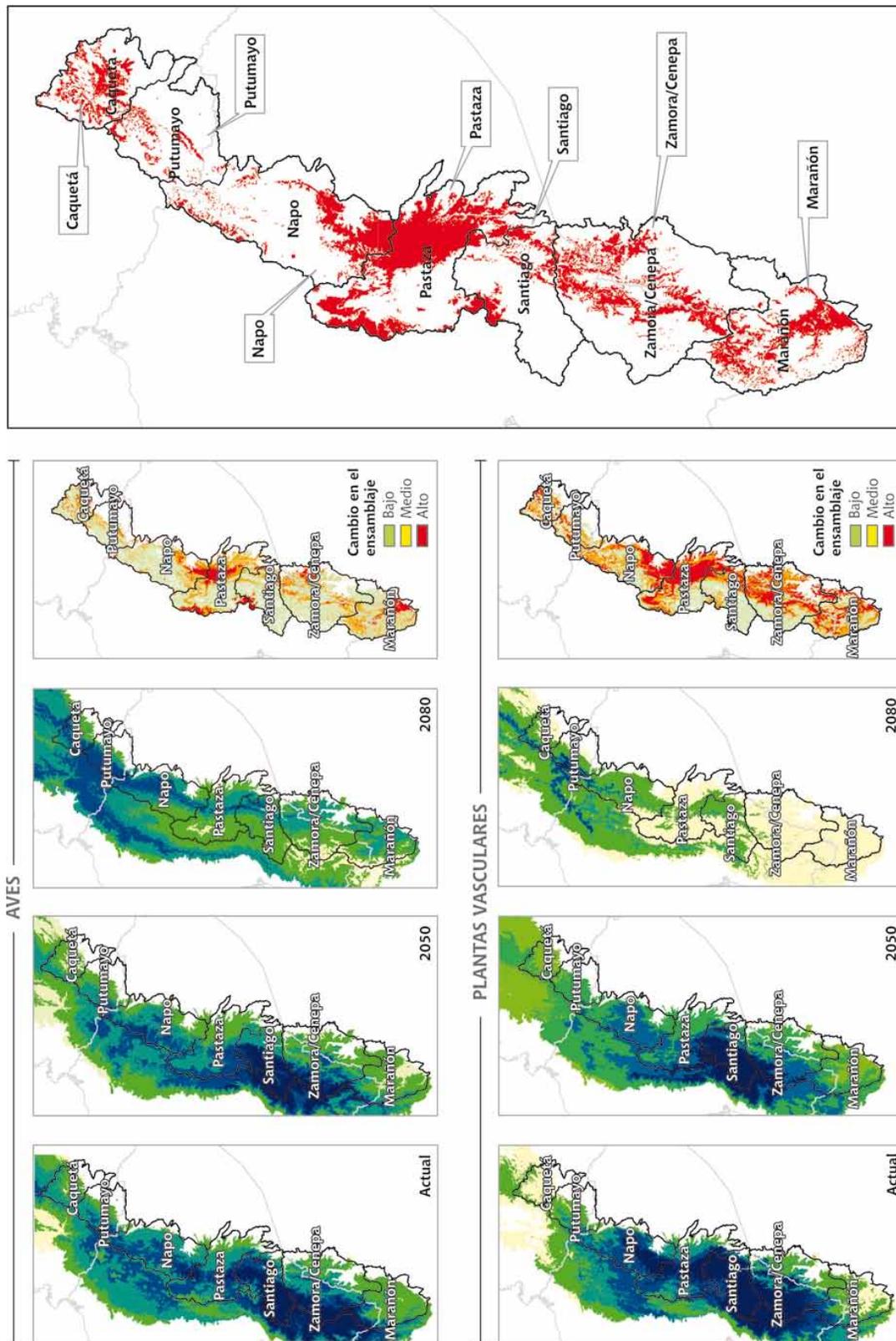


Figura 2.9a. Cambios esperados en los ensambles de especies ante el escenario A2 de cambio climático en la Cordillera Real Oriental.

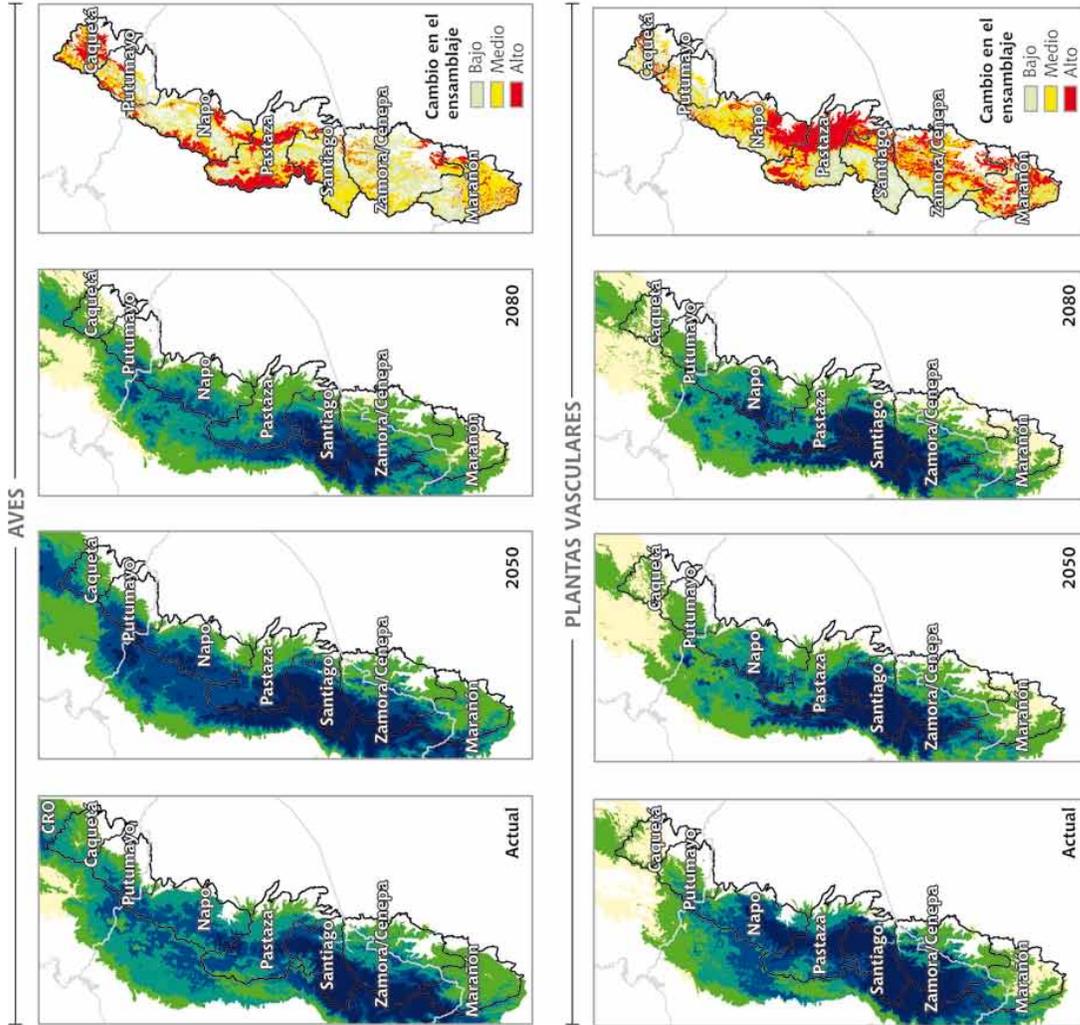
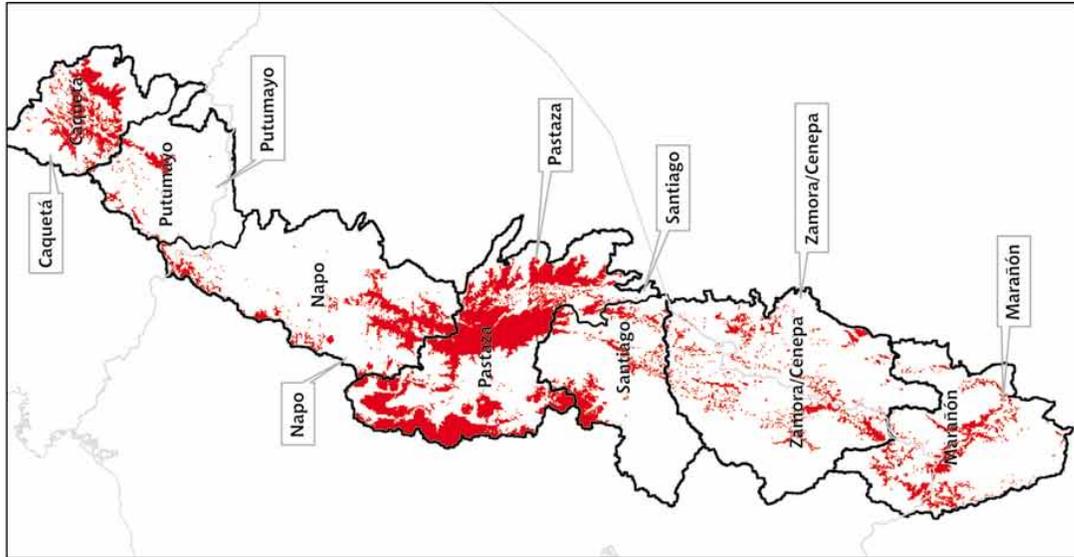


Figura 2.9b. Cambios esperados en los ensambles de especies ante el escenario B2 de cambio climático en la Cordillera Real Oriental.

Tabla 2.8. Sensibilidad de las distintas cuencas de la CRO al cambio climático expresada como el área y el porcentaje de cada cuenca afectada por cambios en la distribución de especies de aves para el año 2050.

Cuenca	Escenario A2		Escenario B2	
	Área Km ²	%	Área Km ²	%
Caquetá	1570,4	20,6	1383,3	18,2
Putumayo	889,5	6,3	721,3	5,1
Napo	2280,5	23,1	278,2	2,8
Pastaza	6432,0	34,4	3614,0	19,3
Santiago	1306,8	5,4	808,0	3,4
Zamora / Cenepa	3088,5	19,7	175,2	1,1
Marañón	2714,1	13,7	96,2	0,5

Todas las cuencas hidrográficas examinadas tienen una porción sustancial sensible al cambio climático desde el punto de vista del sistema biodiversidad, de acuerdo con los valores de sensibilidad (Ic) calculados al sumar las áreas de cambio de plantas y aves para el año 2050 y de zonas de vida para el 2030 para cada escenario (A2 y B2) y reclasificando los resultados en una sola categoría. Las áreas más sensibles al cambio climático en la CRO en ambos escenarios evidentemente corresponden a la cuenca alta del río Pastaza. Las cuencas del Napo, el Zamora/Cenepa y el Marañón presentan cambios mucho más acentuados frente al escenario A2, mientras que las del Caquetá, Putumayo y Santiago tienen valores de sensibilidad más altos para el escenario B2 (Figs. 2.10a y 2.10b).

Sistema 2: Hidrología

La estimación de la oferta de agua superficial lo largo de cada una de las 7 grandes cuencas hidrográficas de la CRO, a partir del balance hídrico de las subcuencas, reveló que la cuenca del río Santiago (cuenca alta

del río Marañón) es la subcuenca de la Cordillera Real Oriental con los menores caudales (773 m³/seg), seguida de la cuenca del Pastaza (1732 m³/seg). Por otro lado, las cuencas de los ríos Zamora y Putumayo a la altura de las estaciones Bomboiza y Angosturas, respectivamente, presentan los mayores caudales (alrededor de 7650 m³/seg).

Con respecto a los escenarios al año 2030 y 2050, las variaciones en los caudales tienen una relación directa con la variación de la precipitación. Por ejemplo, los máximos caudales en la subcuenca del río Zamora se presentan en los meses de abril y mayo y coinciden plenamente con la variación de la precipitación mes a mes (Fig. 2.11). Esta relación se mantiene tanto para la década del 2030 como para la del 2050. Esta misma tendencia se presenta en la cuenca del Alto Napo (Fig. 2.12). La sensibilidad de estas subcuencas muestra una relación inversa. Mientras la diferencia porcentual en los caudales actuales y futuros para el Zamora es positiva en el 2030 y negativa para el año 2050 (Fig. 2.11), en el alto Napo ocurre todo lo contrario (Fig. 2.12).

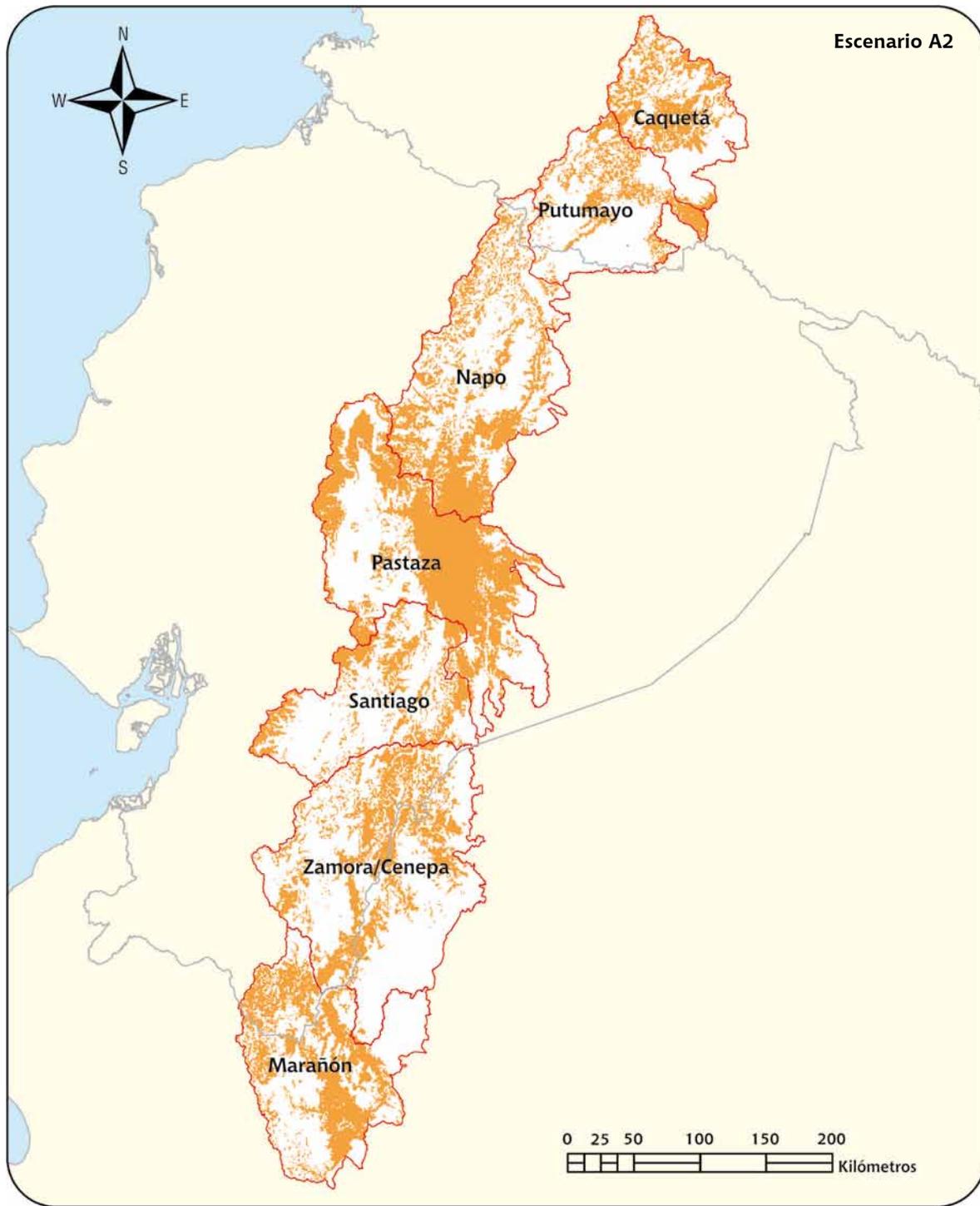


Figura 2.10a. Sitios sensibles para la biodiversidad en el escenario A2 de cambio climático.

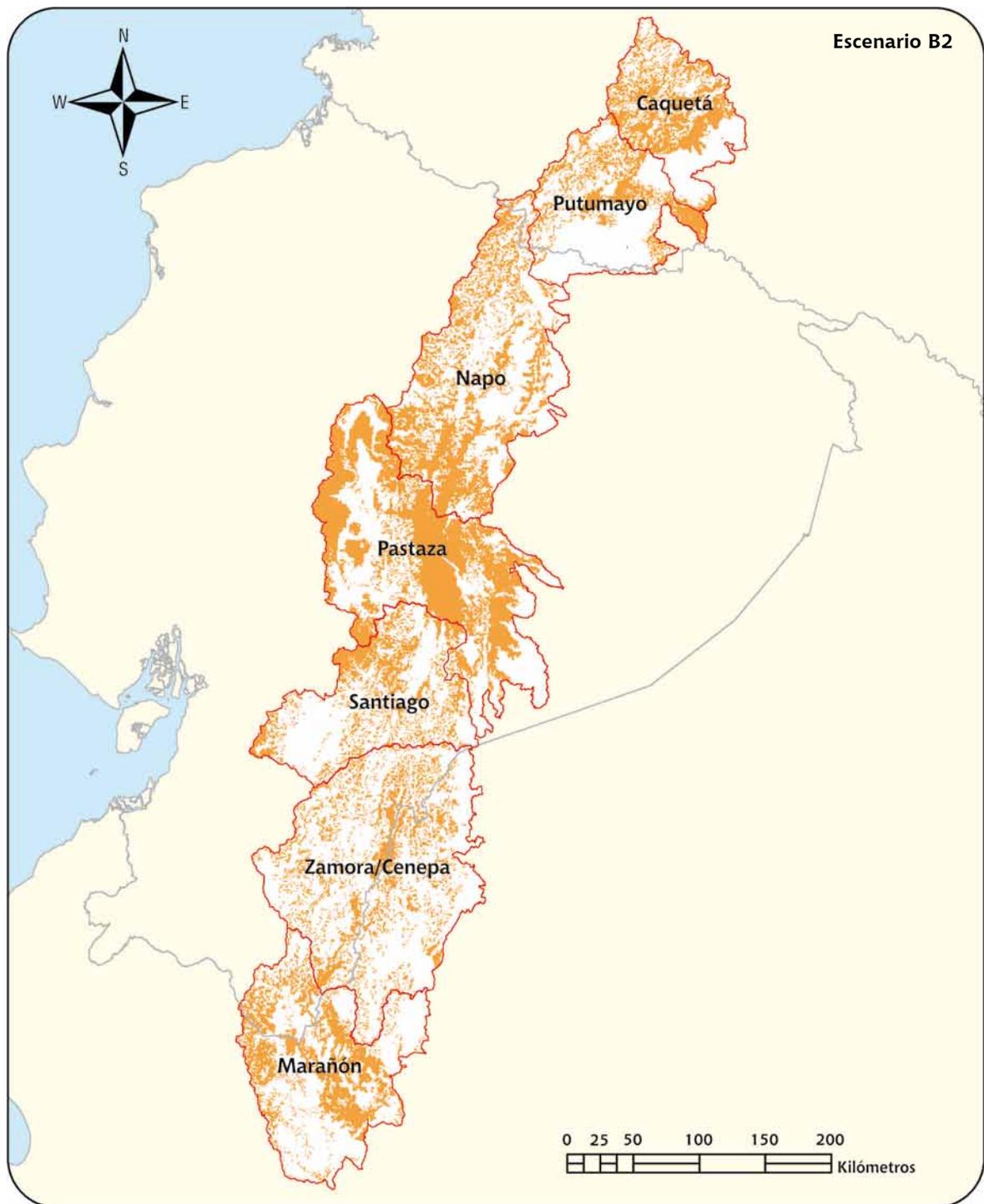


Figura 2.10b. Sitios sensibles para la biodiversidad en el escenario B2 de cambio climático.

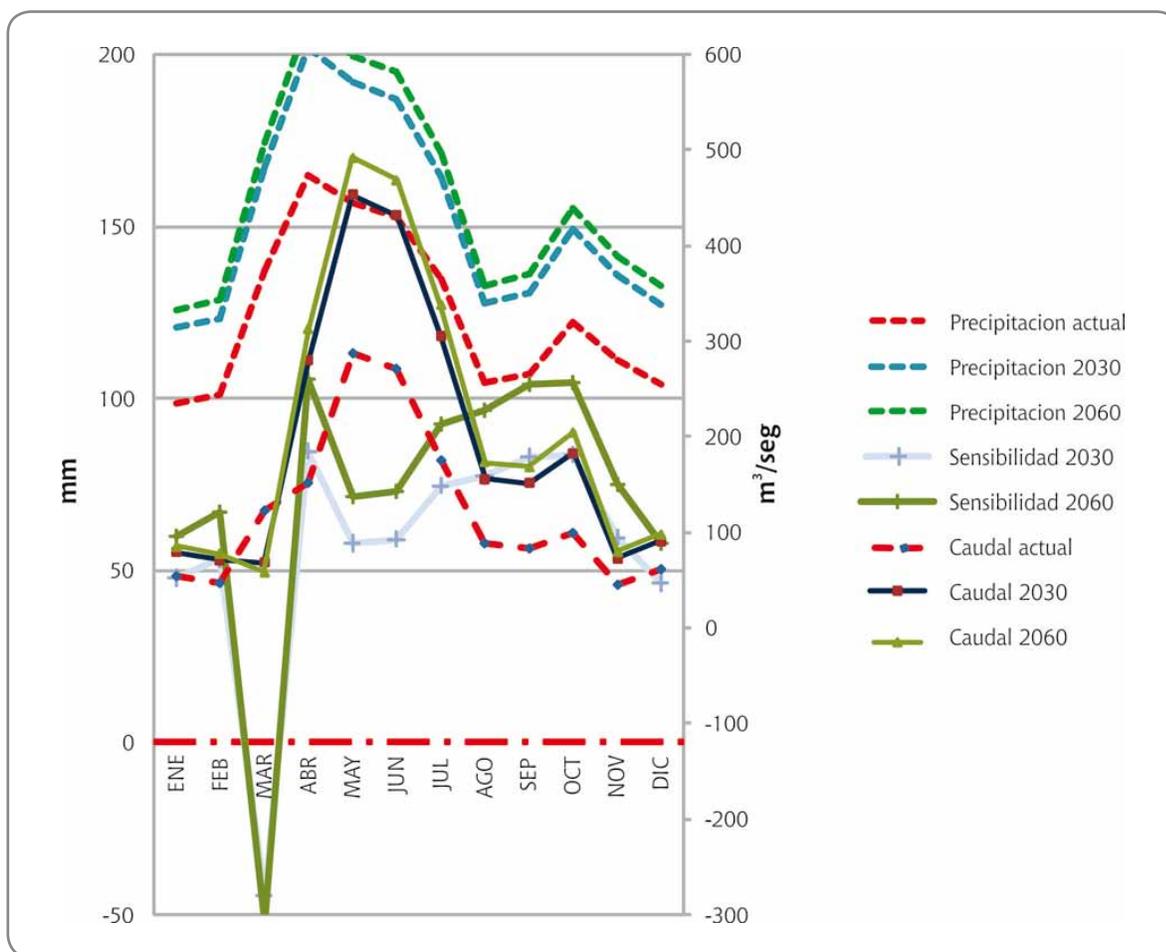


Figura 2.11. Relación de la precipitación, los caudales y la sensibilidad. Estación hidrométrica de Bombaiza al Zamora.

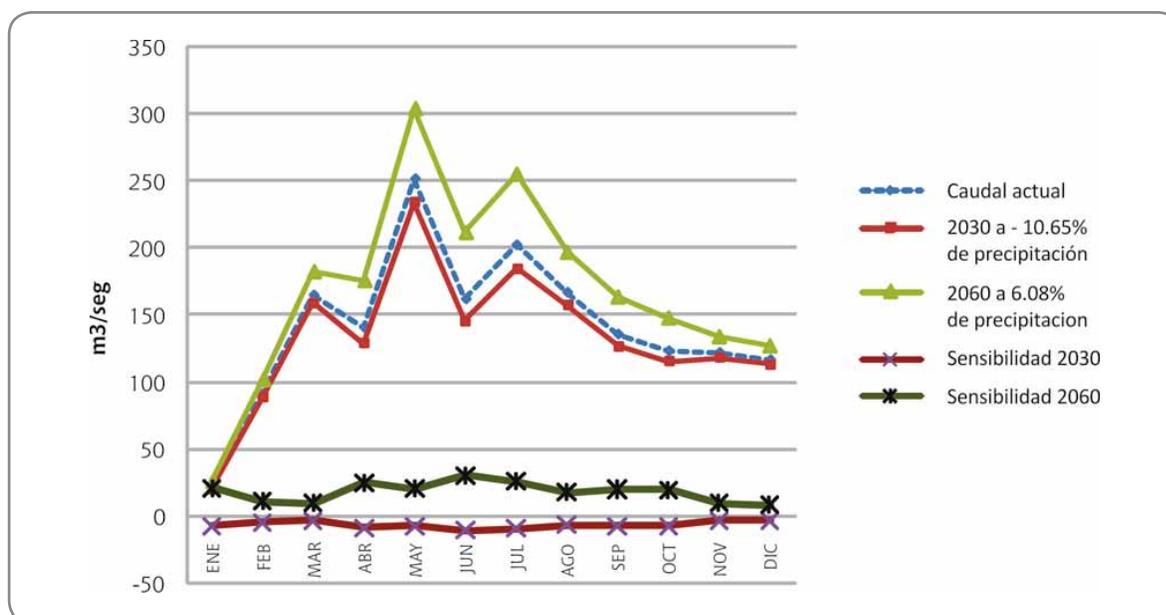


Figura 2.12. Estación hidrométrica Quijos de Oyacachi, Alto Napo.

Al examinar la sensibilidad de las cuencas principales, a partir del promedio de las subcuencas, encontramos que la cuenca del Alto Napo, presenta porcentajes negativos para ambos periodos. Las demás cuencas presentan aumentos en los caudales totales anuales con sensibilidades positivas (Tabla 2.9 y Figs. 2.13a y 2.13b). Las predicciones de los caudales para las cuencas de los ríos Caquetá, Putumayo y Santiago parecen excesivas, lo que probablemente se debe a la ausencia de la temperatura en el cálculo del balance hídrico. Por esta razón, es preciso tomar nuestros resultados con cautela. Dado que el modelo utilizado presenta esta limitante.

Teniendo en cuenta las relaciones de los caudales *versus* el área de drenaje de cada subcuenca, expresado como rendimiento en lts/seg/Km², el panorama esperado en términos de la oferta hídrica es menos drástico. Las mejores relaciones esperadas se presentan en las cuencas de los ríos Caquetá, Putumayo y Za-



mora, mientras que las cabeceras de cuenca de los ríos Santiago, Pastaza y Chinchipe/Marañón presentaron los menores valores. En general, no hay cambios significativos entre los dos periodos evaluados, excepto para las cuencas del Pastaza y el Santiago, donde mejoran los rendimientos (Figs. 2.14a, 2.14b y 2.14c).

Tabla 2.9. Valores promedios de sensibilidad para las cuencas de la CRO.

	Caudal actual	Caudal 2030	Caudal 2060	Sensibilidad 2030	Sensibilidad 2060
Caquetá	9.620,82	20.762,00	22.631,23	115,59	134,85
Putumayo	8.012,90	13.492,04	16.633,40	68,60	107,27
Alto Napo	17.002,33	15.859,84	16.967,16	-6,72	-0,22
Pastaza	5.800,95	7.998,64	9.177,46	29,74	46,15
Santiago	801,02	2.062,90	2.184,40	149,74	163,86
Zamora	8.996,15	15.380,04	15.484,45	70,95	72,08
Chinchipe/Marañón	4.063,26	8.790,40	15.484,45	104,63	281,07

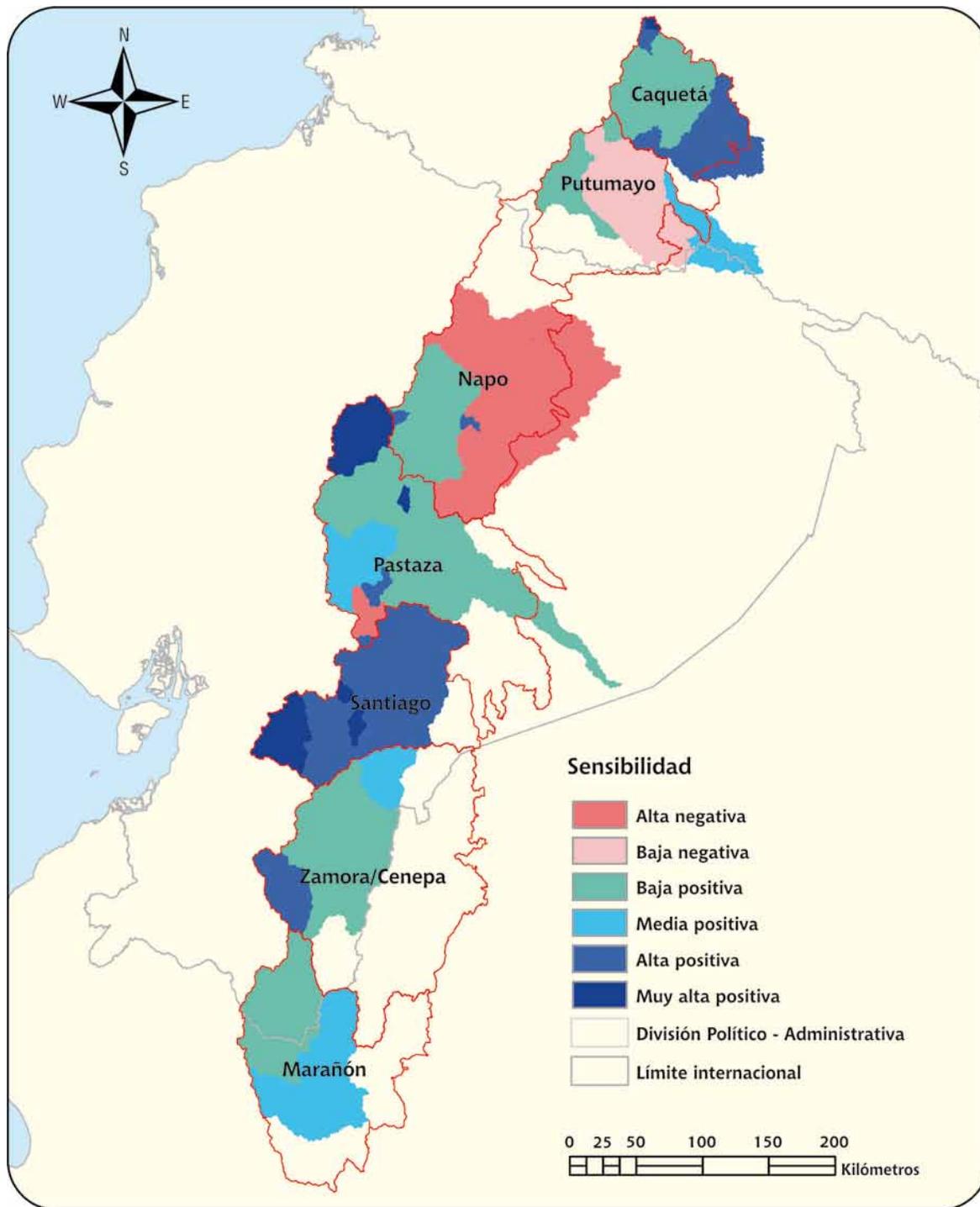


Figura 2.13a. Mapa de sensibilidad hídrica: año 2030.

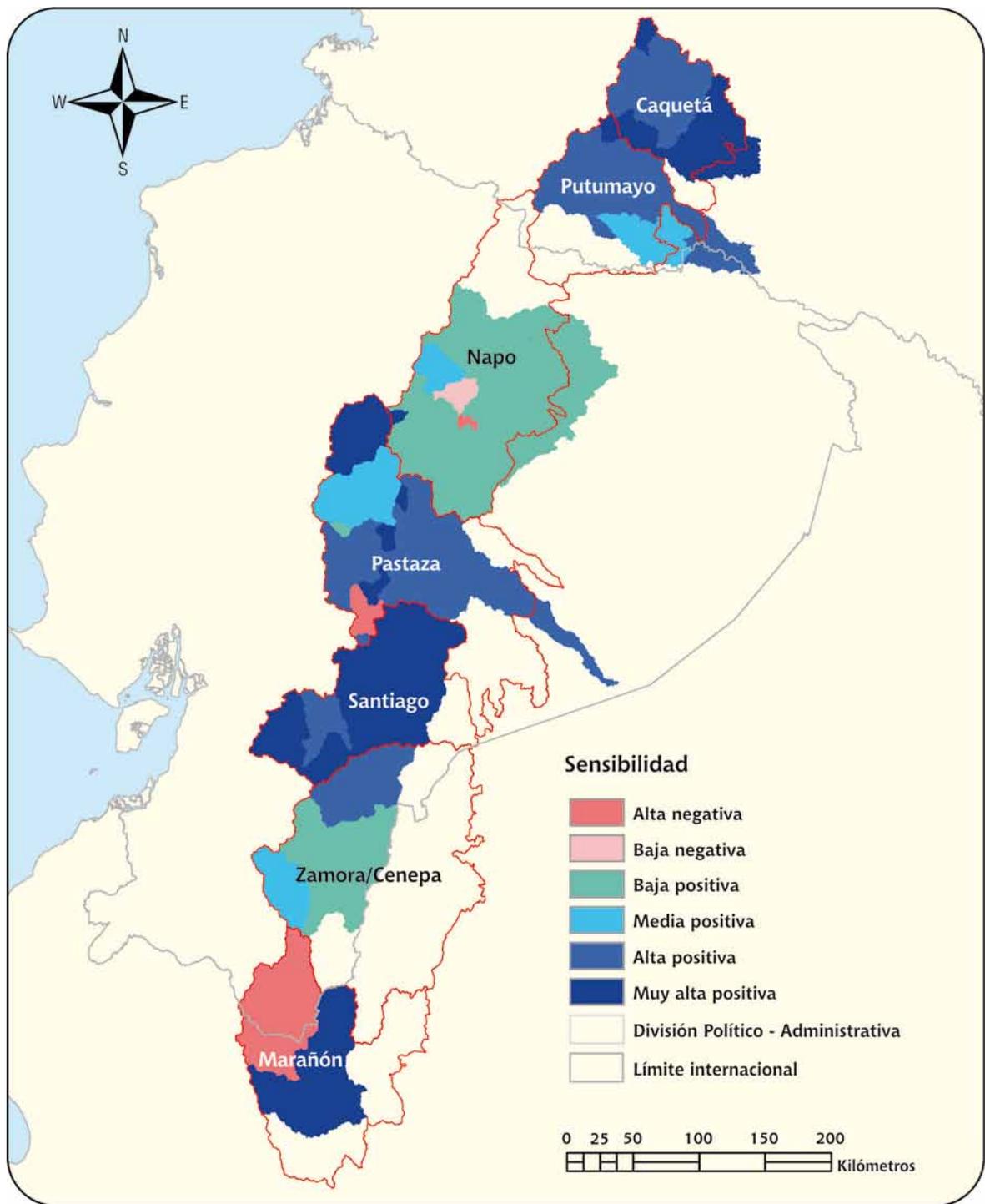


Figura 2.13b. Mapa de sensibilidad hídrica: año 2050.

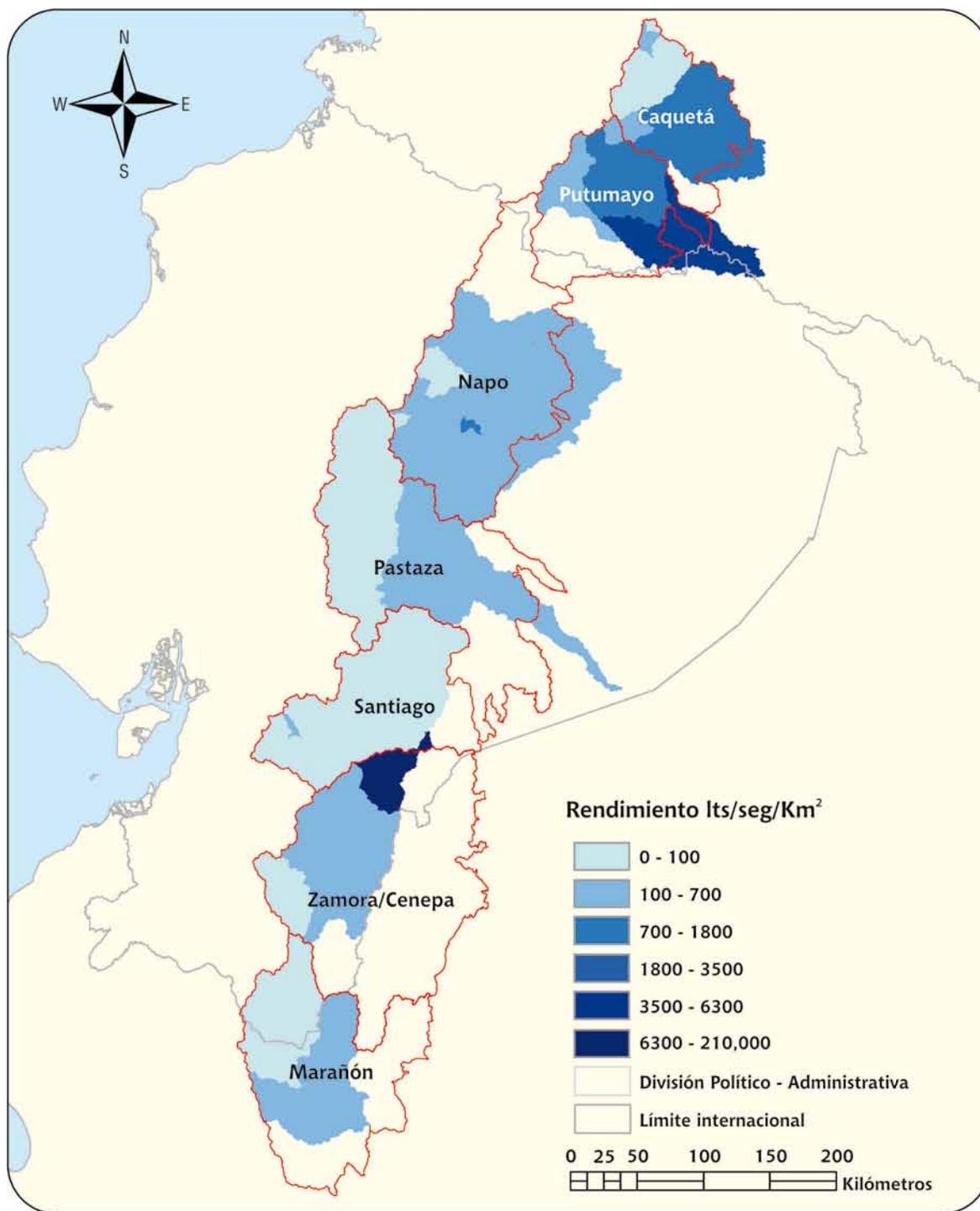


Figura 2.14a. Cambios en el rendimiento por subcuencas. Mapa actual.

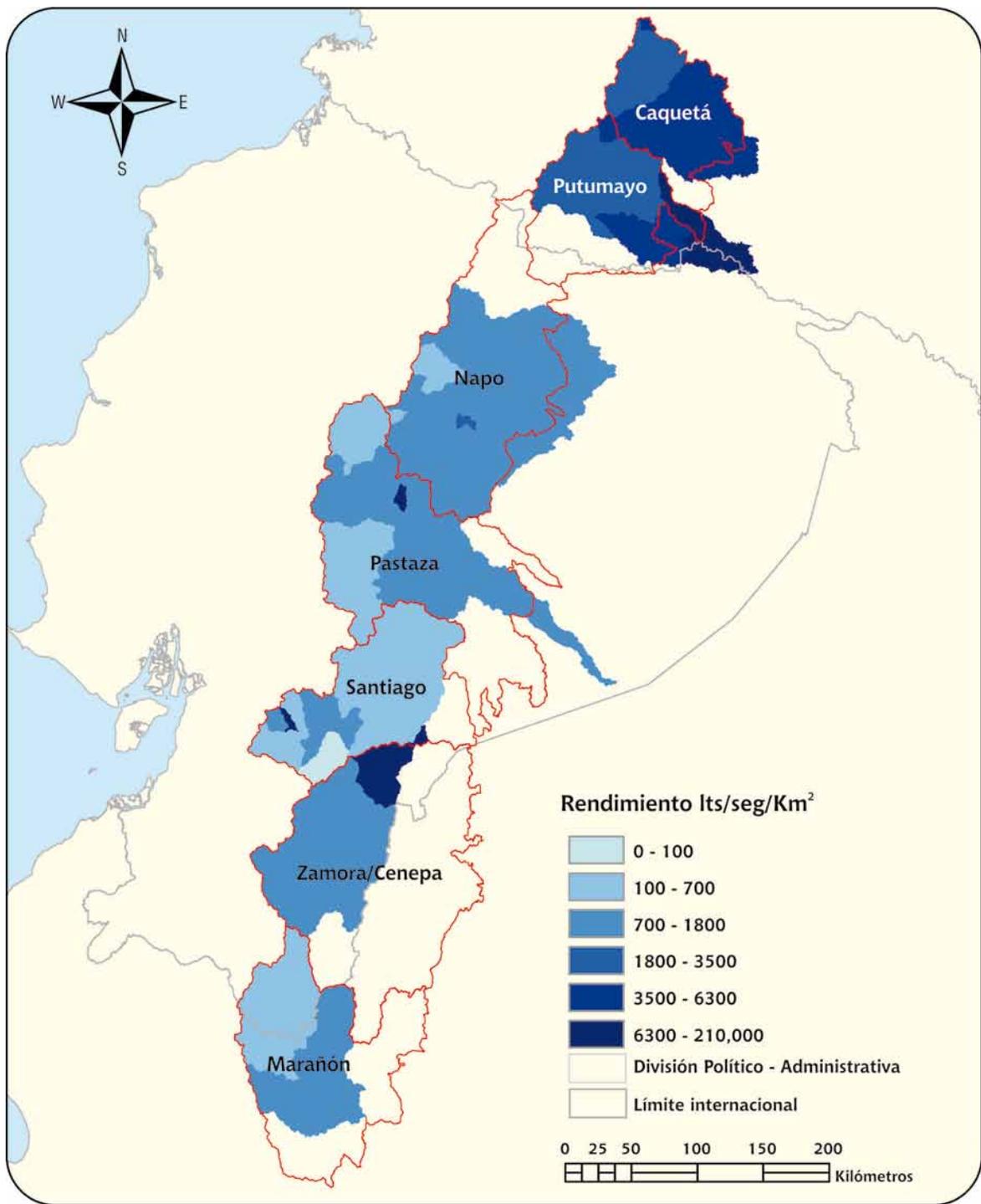


Figura 2.14b. Cambios en el rendimiento por subcuencas. Escenario 2030.

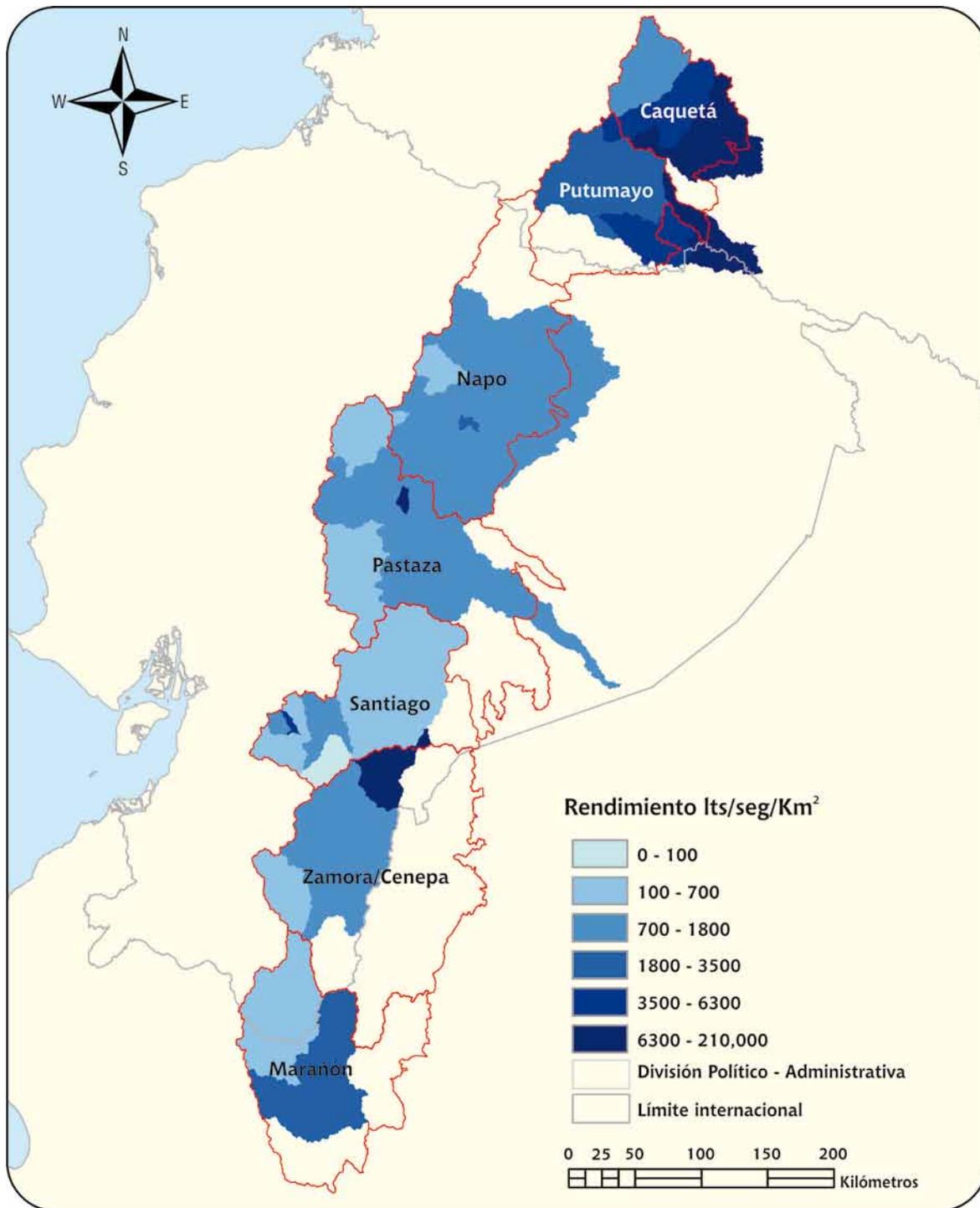


Figura 2.14c. Cambios en el rendimiento por subcuencas. Escenario 2050.

Índice de capacidad adaptativa

A partir de los datos estandarizados de densidad poblacional, proporción de la población menor de 10 años y mayor de 60, porcentaje de analfabetismo y necesidades básicas insatisfechas de los municipios y cantones de la CRO, calculamos el índice socioeconómico. Como era de esperarse, muchos municipios y cantones tienen valores elevados de este componente del índice de capacidad adaptativa, pues gran parte de su población es marginal.

El segundo componente calculado fue el índice de accesibilidad, definido como la capacidad de interactuar o de hacer contacto con sitios que tienen oportunidades económicas o sociales (Diechmann, 1997). Para este trabajo, hicimos el análisis con la metodología diseñada por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) (Farrow *et al.*, 2001), teniendo como objetivos las poblaciones de la CRO y generando la superficie de fricción con vías, pendiente y cobertura vegetal.

Como tercer componente del índice de capacidad adaptativa de la

CRO, calculamos como componente ambiental la pérdida de recursos naturales a partir de las coberturas actuales naturales e intervenidas y del porcentaje de área no protegido que se ajustó a las unidades administrativas de nivel 3. De esta forma, el grado de intervención es el porcentaje intervenido en cada unidad administrativa ubicada geográficamente, y el índice ambiental el promedio de las áreas no protegidas y el grado de intervención.

Una vez obtenidos estos componentes, calculamos el índice de capacidad adaptativa como el promedio de dichas variables y una vez estandarizado, lo ajustamos a tres rangos (Tabla 2.10).

De acuerdo con este índice, los mayores valores del índice de capacidad adaptativa corresponden a la porción alta de la cuenca del Napo y a la porción oriental de la cuenca del Zamora/Cenepa (Fig. 2.15). El resto de la CRO presenta índices de capacidad adaptativa medianos o bajos, especialmente en el extremo norte, en la divisoria de aguas de la parte media en Ecuador y en el extremo sur en Perú.

Tabla 2.10. Rangos del índice de capacidad adaptativa.

Rango	Capacidad adaptativa	Descripción
0 – 25	Alta	Cuenta con las zonas socioeconómicas medias, con fácil acceso y con un grado de deterioro ambiental bajo a moderado.
25 – 50	Media	Cuenta con las zonas socioeconómicas medias y pobres, con un grado de aislamiento entre alto y moderado y con un grado de deterioro ambiental moderado.
50 – 100	Baja	Cuenta con las zonas socioeconómicas pobres, con un grado de aislamiento alto y moderado y puede presentar cualquier grado de deterioro ambiental.

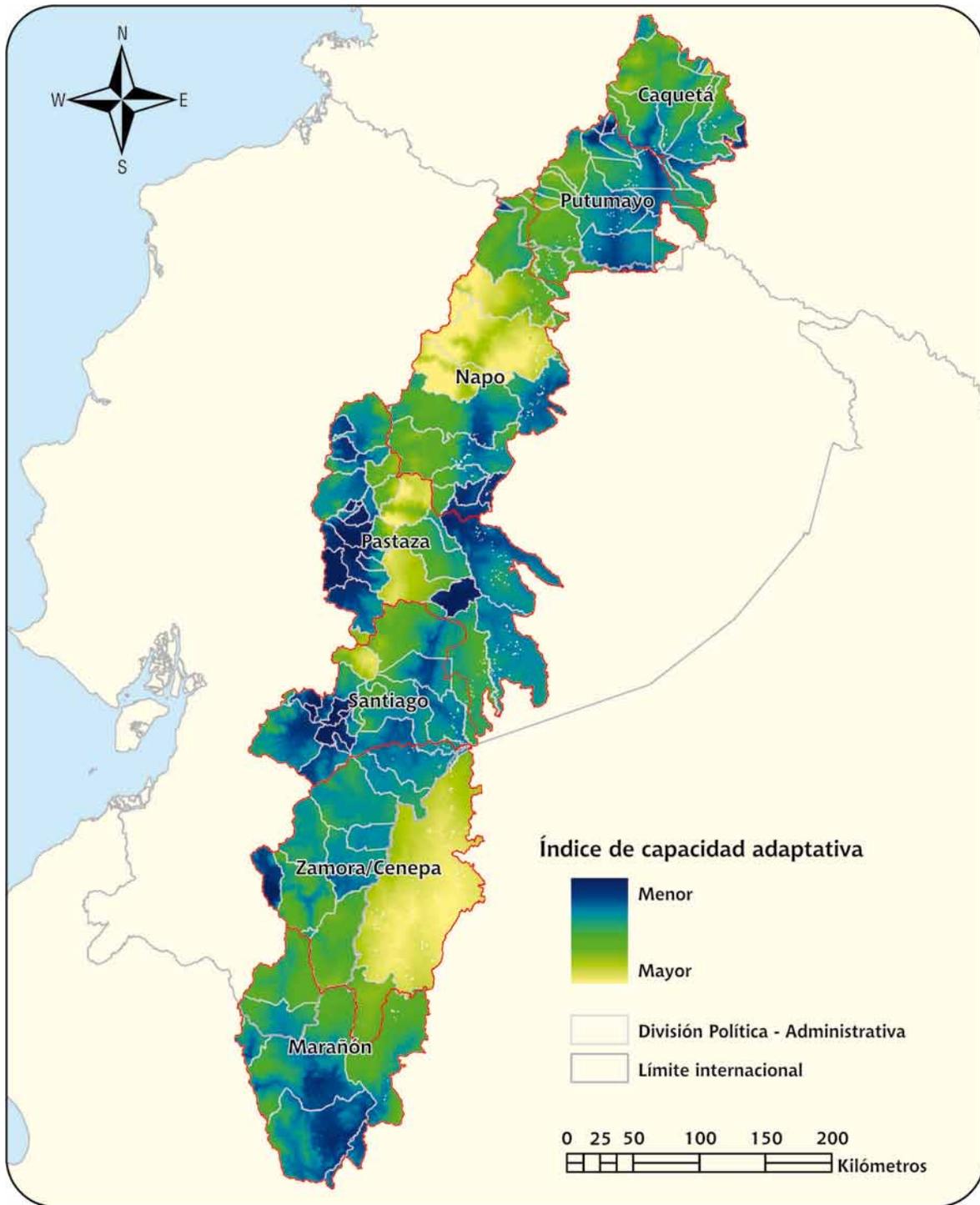


Figura 2.15. Índice de Capacidad Adaptativa.

Vulnerabilidad

Sistema 1: Biodiversidad

El último paso en el análisis de vulnerabilidad de la CRO al cambio climático consistió en el cálculo del índice de vulnerabilidad propiamente dicho, a partir de la sensibilidad desde el punto de vista de cada uno de los sistemas y del índice de capacidad adaptativa que acabamos de presentar. De acuerdo con este procedimiento, las cuencas altas de los ríos Caquetá, Putumayo, Pastaza y Maraón son medianamente vulnerables para los dos escenarios (A2 y B2), mientras que las de los ríos Napo Zamora/Cenepa, Santiago y Maraón son más vulnerables al primero de estos dos es-

cenarios (Fig. 2.16). Los municipios/cantones/provincias más vulnerables en el sistema de biodiversidad, ordenados por mayor porcentaje del área en esta categoría (por encima del 80%), son Colta, Pujilí, Cevallos, Huamboya, Guamote, Saquisilí.

A escala de sitio, la vulnerabilidad varía considerablemente entre cuencas y entre escenarios (Tabla 2.11, Fig. 2.16). De cualquier forma, el desarrollo de medidas de adaptación al cambio climático para estos sectores de la CRO debe ser una prioridad, articulándolos a otros procesos de ordenamiento territorial, zonificación ecológica, restauración e implementación de sistemas sostenibles de producción agropecuaria y agroforestal.

Tabla 2.11. Listado de sitios sensibles y vulnerables en la Cordillera Real Oriental para el sistema Biodiversidad.

Cuenca	Escenario A2	Escenario B2
Caquetá	<ol style="list-style-type: none"> 1. Corredor Puracé – Guácharos y Serranía de los Churumbelos (municipios de San Agustín, Santa Rosa y Piamonte) 2. Complejo volcánico Doña Juana -Cascabel (municipios de Santa Rosa y San Francisco) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Corredor Puracé – Guácharos y Serranía de los Churumbelos (municipios de San Agustín, Santa Rosa y Piamonte) 2. Complejo volcánico Doña Juana -Cascabel (municipios de Santa Rosa y San Francisco)
Putumayo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Nacimiento del río Putumayo (municipios de Sibundoy, Colón, Santiago, norte de Villagarzón) 2. Cuenca del Guamuez (parte sur del municipio de Pasto y norte de Orito) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Nacimiento del río Putumayo (municipios de Sibundoy, Colón, Santiago, norte de Villagarzón) 2. Cuenca del Guamuez (parte sur del municipio de Pasto y norte de Orito)
Napo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Parte central del cantón Tena 2. Cantones de Santa Clara, Arajuno 3. Parte alta de Loreto 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Suroccidente de la Reserva Ecológica Antisana (parte occidental del cantón de Archidona) 2. Parte central del cantón Tena 3. Cantones de Santa Clara, Arajuno 4. Parte alta de Loreto

Cuenca	Escenario A2	Escenario B2
Pastaza	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cuenca alta del Pastaza (cantones Latacunga, Saquisilí, Pujilí y Salcedo) 2. Zona alta y media del cantón Pastaza 3. Cantón Huamboya 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cuenca alta del Pastaza (cantones Latacunga, Saquisilí, Pujilí y Salcedo; Ambato y San Pedro de Pelileo; Guano, Riobamba, Colta, Guamote) 2. Zona alta y media del cantón Pastaza 3. Cantón Huamboya
Santiago	<ol style="list-style-type: none"> 1. Suroccidente del cantón Morona (en el PN Sangay) 2. Cantón Logroño 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Suroccidente del cantón Morona (en el PN Sangay) 2. Cantón Logroño
Zamora/Cenepa	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cuenca Media (Limón Indanza, San Juan Bosco, Gualaquiza, El Pangui, Yantzaza y Centinela del Cóndor) 2. Cuenca media – baja (provincia de Condorcanqui) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cuenca Media (Limón Indanza, San Juan Bosco, Gualaquiza, El Pangui, Yantzaza y Centinela del Cóndor) 2. Cuenca media – baja (provincia de Condorcanqui)
Marañón	<ol style="list-style-type: none"> 1. Santuario Nacional Tabaconas-Namballe; provincia de Huancabamba y San Ignacio 2. Provincia de Bagua 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Santuario Nacional Tabaconas-Namballe; provincia de Huancabamba y San Ignacio 2. Provincia de Bagua

Sistema 2: Recursos hídricos

Este análisis proporciona información sobre el aumento (cambio positivo) o disminución (cambio negativo) de estos recursos en cada una de las subcuencas. Por lo tanto, nos concentramos en aquellas áreas en las cuales los escenarios futuros de cambio climático implicarán una disminución en la oferta hídrica (Figs. 2.13 y 2.17).

Teniendo en cuenta el procedimiento descrito en el capítulo anterior, combinamos el mapa de sensibilidad (Fig. 2.13) y el índice de capacidad adaptativa (Fig. 2.15), obteniendo áreas descritas en los diferentes niveles de vulnerabilidad. De acuerdo con este procedimiento, las áreas de mayor vulnerabilidad se encuentran en las cuencas altas de los ríos Zamora/Cenepa, Marañón/Chinchi y Napo y algunos sectores de la cuenca alta de los ríos Pastaza

y Santiago. Las cuencas del Putumayo y el Caquetá y las zonas medias de los ríos Pastaza y Santiago, por presentar una sensibilidad positiva (aumento en la oferta hídrica), son consideradas con vulnerabilidades residuales (zonas en blanco, Fig. 2.17).

Para una apropiada interpretación de los resultados es necesario tener en cuenta que la oferta hídrica está directamente relacionada con la variación de la precipitación. De acuerdo con nuestros análisis, la década del 2050 sería uno de los periodos de mayor pluviosidad bajo el escenario B2, con aumentos promedio del 20 al 40%, con respecto al actual comportamiento de la lluvia (Fig. 2.7.). Podemos afirmar, entonces, que tomando en cuenta el escenario “optimista” B2 y el resultado de los balances hídricos por subcuencas para uno de los periodos de mayor aumento de la pluviosidad prome-

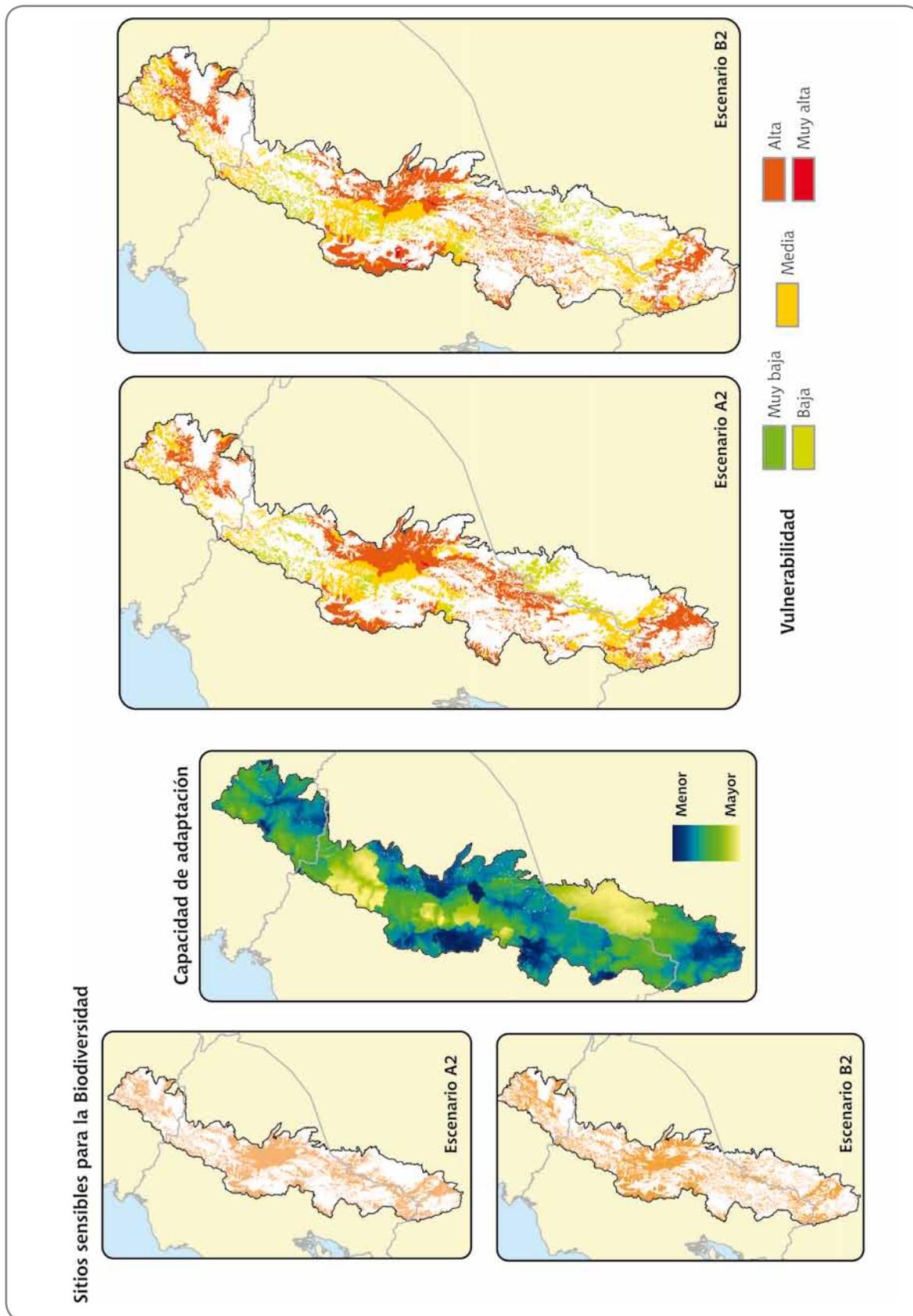
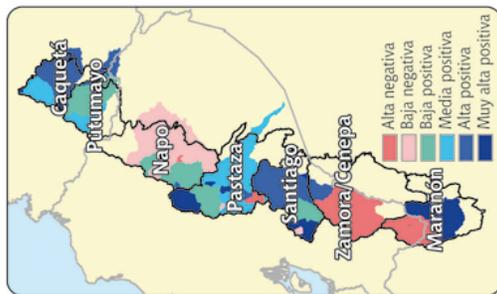
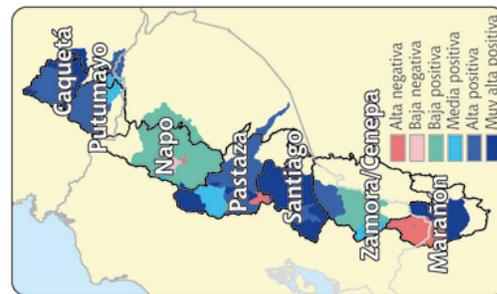


Figura 2.16. Vulnerabilidad al cambio climático de las cuencas principales de la Cordillera Real Oriental.

Áreas Sensibles Recursos Hídricos



Escenario A2 - 2050



Escenario B2 - 2050

Capacidad de adaptación

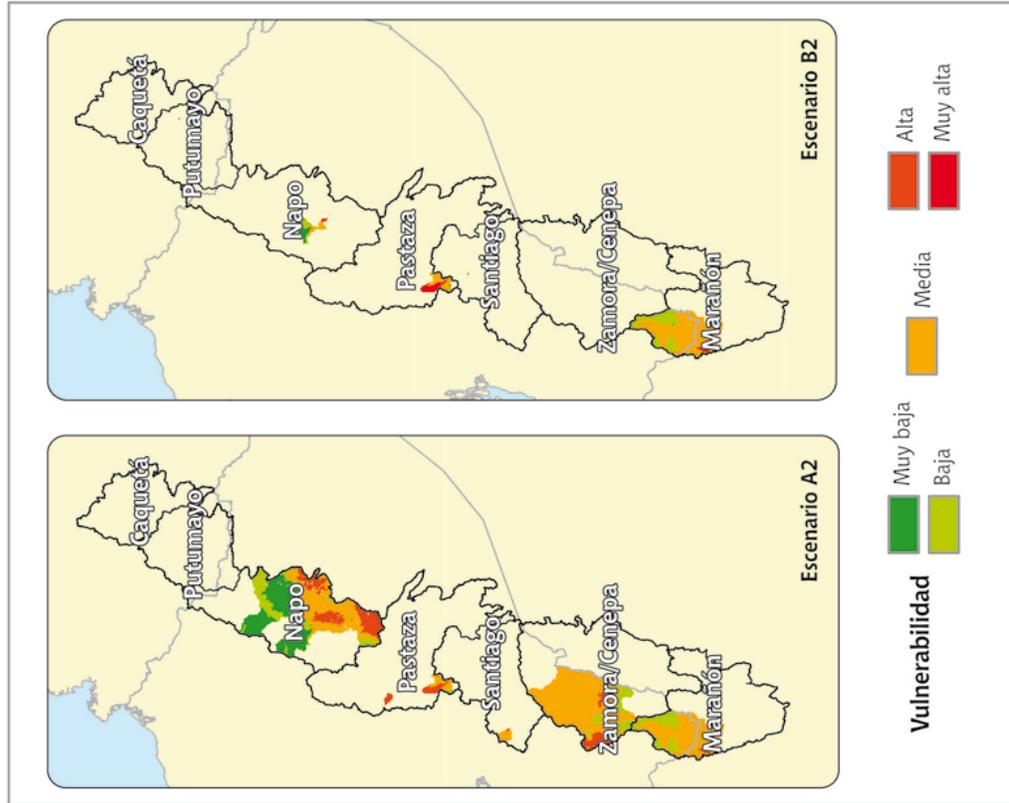
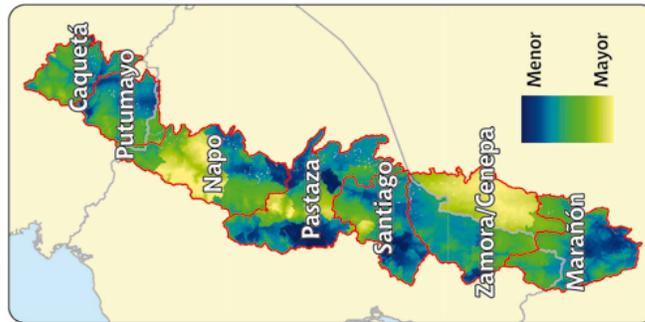


Figura 2.17. Áreas vulnerables para el sector de recursos hídricos en la Cordillera Real Oriental.

dio en la CRO, los sitios de mayor vulnerabilidad serían las cuencas altas de los ríos Pastaza, Chinchipe/Marañón y una porción de la parte media del Napo (Fig. 2.17). Sin embargo, cabe tener en cuenta que las áreas vulnerables aumentan en la medida que los escenarios de cambio climático se intensifican en términos de la disminución de la precipitación, sumados a una pérdida de las condiciones atmosféricas del escenario “pesimista” A2, que durante la segunda mitad de la década del 2020 se espera que sean muy cercanas a las del período evaluado en el presente análisis de la Cordillera Real Oriental.

Conclusiones

Por limitaciones en los datos disponibles y los procedimientos de análisis, los resultados de los análisis presentados tienen un margen de incertidumbre a considerar, por lo cual las interpretaciones que se desprenden de estos análisis deben tomarse como preliminares. No obstante, y de acuerdo con el principio de precaución, es urgente iniciar el desarrollo de medidas de adaptación para aquellas áreas más sensibles, con capacidad adaptativa menor o más vulnerables, de tal forma que puedan responder a los nuevos retos impuestos por las tendencias actuales de cambio climático.

Con el fin de orientar los procesos participativos de construcción de estrategias locales, nacionales y regionales de adaptación para la CRO, se presentan a continuación las principales conclusiones de este análisis:

- Se espera un incremento progresivo de la temperatura media mensual en la CRO hasta un total aproximado de 2°C en el año 2099.
- La modelación de la precipitación presenta una leve tendencia general al aumento a escala de la CRO, aunque con variaciones locales significativas entre -20 y 60% y diferencias considerables de un año a otro.
- La única tendencia evidente en el cambio de la precipitación es el aumento continuado para la cuenca alta del río Pastaza en Ecuador.
- La mayor variación en la distribución de las zonas de vida de la CRO tendría lugar en la cuenca alta del río Pastaza en Ecuador. Las cuencas altas de los ríos Caquetá y Napo presentan tendencias similares también cercanas al 50% de cambio en la extensión de las zonas de vida.
- Nueve zonas de vida podrían incrementar su extensión bajo el escenario A2 y 10 bajo el B2 hacia el año 2030, mientras que otras nueve disminuirían hacia el 2050 bajo el escenario A2 y ocho bajo el B2.
- El matorral desértico, el bosque muy seco y el bosque seco son las únicas zonas de vida que tenderían a incrementar en superficie para ambos escenarios en los dos periodos. Los cascós glaciares, el bosque andino muy húmedo y el bosque andino pluvial tenderían a disminuir bajo ambos escenarios de cambio climático.
- De quince zonas de vida representadas en las áreas protegidas

- actualmente existentes en la CRO, siete incrementan su extensión en más de 100% y el área de otras cinco se reduce en proporciones comparativamente menores frente a los dos escenarios de cambio climático.
- Los valores de cambio esperado en los ensamblajes de especies en la CRO alcanzarían los mayores valores en las cuencas altas de los ríos Napo y Pastaza para los dos escenarios de cambio climático.
 - Los niveles de sensibilidad de las especies consideradas seguramente subestiman el impacto que podrían tener las variaciones observadas sobre la composición y estructura de las comunidades bióticas de la CRO, pues el supuesto de una respuesta específica individual ante las variaciones de nicho climático de las especies no tiene en cuenta las consecuencias que podría acarrear el cambio de distribución de un organismo sobre las poblaciones de aquellas especies con las que interactúa.
 - Los mayores valores de sensibilidad del sistema biodiversidad corresponden a la cuenca del Pastaza en ambos escenarios. Las cuencas del Putumayo, el Santiago/Cenepa y el Marañón presentan cambios mucho más acentuados frente al escenario A2 y las del Caquetá y el Napo alcanzan sus mayores valores de sensibilidad ante el escenario B2.
 - La estimación de la oferta de agua superficial reveló que la cuenca del río Santiago (cuenca alta del río Marañón) es la subcuenca de la Cordillera Real Oriental con los menores caudales. Las cuencas de los ríos Zamora y Putumayo a la altura de las estaciones Bomboiza y Angosturas presentan los mayores caudales.
 - Las variaciones esperadas en los caudales de las cuencas mayores de la CRO para los años 2030 y 2060 tienen una relación directa con la variación de la precipitación.
 - La sensibilidad de las subcuencas muestra tendencias diferentes en los dos escenarios. Algunas de ellas son positivas y otras negativas.
 - Las mejores relaciones esperadas de rendimiento hídrico en lts/seg/Km² se presentan en las cuencas de los ríos Caquetá, Putumayo y Zamora. En general, no hay cambios significativos entre los dos períodos evaluados, excepto para las cuencas del Pastaza y el Santiago, donde mejoran los rendimientos.
 - Las cuencas altas de los ríos Caquetá, Putumayo, Pastaza y Marañón son medianamente vulnerables para los dos escenarios (A2 y B2), mientras que las de los ríos Napo Zamora/Cenepa, Santiago y Marañón son más vulnerables al primero de estos dos escenarios.

Referencias

- Aguilar, M. 2007. *Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático de los pobladores rurales de la planicie costera central de El Salvador*. GEF/PNUD.
- Broennimann, O., W. Thuiller, G. Hughes, G. F. Midgley, M. R. Alkemade, and A. Guisan. 2006. "Do geographic distribution, niche property and life form explain plants vulnerability to global change?". *Global Change Biology* 12: 1079–1093.
- CAN. 2007. *Acerca del Cambio Climático: Algunos Indicadores*. Septiembre. En: http://www.comunidadandina.org/desarrollo/clima_latino_indicadores.pdf
- Castillo, E., Corredor J.L. y Castillo S. 2007. "Evaluación de la oferta Hídrica Superficial usando Herramientas SIG". En: *IGAC. 2007. Análisis Geográficos* 37: 34-52.
- Comité Nacional sobre el Clima, 2001. *Comunicación Nacional República del Ecuador*. <http://unfccc.int/resource/docs/natc/ecunc1s.pdf>
- Consejo Nacional del Ambiente. 2001. *Comunicación Nacional del Perú a la Convención de Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. <http://unfccc.int/resource/docs/natc/pernc1.pdf>
- Cuesta-Camacho, F., A. Ganzenmüller, M. Peralvo, J. Novoa, and M.G. Riofrio. 2006. *Predicting specie's niche distribution shifts and biodiversity change within climate change scenarios: A regional assessment for bird and plant species in the Northern Tropical Andes*. EcoCiencia, National Institute for Public Health and the Environment (RIVM-NEAA) Final Report.
- Downing, T.E. y A. Patwardhan. 2006. "Documento técnico 3: Evaluación de la vulnerabilidad para adaptación al clima". En: Lim B. & E. Spanger-Siegfried (eds). *Marco de políticas de adaptación al cambio climático: Desarrollo de estrategias, políticas y medidas*. PNUD. New York.
- Downing T.E. 2003. "Linking sustainable livelihoods and global climate change in vulnerable food systems". *Die Erde* 133: 363 – 378.
- Habiba, G., A. Suárez, R.T. Watson and DJ Dokken (eds). 2002. *Cambio climático y biodiversidad. Documento técnico V del IPCC*. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. 93 p.
- Hijmans, R.J., S.E. Cameron, J.L. Parra, P.G. Jones and A. Jarvis. 2005. "Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas". *International Journal of Climatology* 25:1965-1978.
- Holdridge, L.R. 1967. *Life Zone Ecology*. Tropical Science Center. San José, Costa Rica.
- Ideam. 2001. Colombia: *Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. 267 p.
- Ionescu, C., R.J.T. Klein, K.S. Kavi Kumar, J. Hinkel and R. Klein, 2005. "Towards a Formal Framework of Vulnerability to Climate Change". *NeWater Working Paper 2 and FAVAIA Working Paper 1*, Potsdam Institute for Climate Impact Research. Potsdam, Germany. 20 p.
- IPCC. 2001. *Cambio Climático 2001: Informe de síntesis. Informe del Grupo de Trabajo I del IPCC*. En: <http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/wg1-report.html>

- IPCC. 2007. *Cambio Climático 2007: Informe de síntesis. Informe del Grupo de Trabajo I del IPCC.*
- Ministerio del Ambiente de Ecuador –MAE. 2008. *Escenarios de Cambio Climático en Ecuador utilizando el Sistema de Modelado Regional PRE-CIS.*
- Mitchell, T.D., T. R. Carter, P. D. Jones, M. Hulme and M. New. 2004. “A comprehensive set of high-resolution grids of monthly climate for Europe and the globe: the observed record (1901–2000) and 16 scenarios (2001–2100)”. *Tyndall Working Paper 55*, Tyndall Centre, UEA, Norwich, UK. <http://www.tyndall.ac.uk/>.
- O'Brien, K., Eriksen, S. Schjolden, A. & L. Nygaard. 2004. What's in a word? Conflicting interpretations of vulnerability in climate change research. Oslo: Center for International Climate and Environmental Research. URL: <http://www.cicero.uio.no/media/2682.pdf>.
- Phillips, S. J., R. P. Anderson and R. E. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190: 231-259.
- Sietchiping, R. 2006. “Applying an index of adaptive capacity to climate change in north-western Victoria, Australia”. *Applied GIS* 2 (3): 16.1–16.28.
- Soto, A. 2008. *Cambio climático en los 5 países de la región andina: Perspectivas y retos. Consultas regionales para evaluar las prioridades, capacidades y vacíos de investigación sobre el Cambio Climático en América Latina y el Caribe - Consulta Sub-región de los Andes: Colombia, Perú, Bolivia, Venezuela, Norte de Brasil y Ecuador.* Fundación Futuro Latinoamericano.
- Thuiller, W, S. Lavorel and M. B. Araújo. 2005. *Climate change threats to plant diversity in Europe. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 102: 8245–8250.
- Tyndall Center. 2003. “Indicadores de nivel de riesgo de desastres relacionados con el clima por país”. En: *Secretaría General de la Comunidad Andina. 2007. ¿Y por dónde empezamos? Prioridades de la Comunidad Andina ante el cambio climático.* CAN, PNUD y AECL.
- USDA-SCS. 1964. “Hydrology”. Section 4, Part I, Watershed planning. En: *Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio de Conservación de Suelos. National Engineering Handbook 2004.* Washington DC.



Adaptación al cambio climático basada en ecosistemas

Capítulo

3

Ángela Andrade Pérez¹⁰

La adaptación es actualmente uno de los temas de mayor discusión en el proceso multilateral del cambio climático. A partir de 2008, se posiciona en el Programa de Trabajo de Nairobi, el cual tiene como objetivo permitir a las partes firmantes del Convenio de Diversidad Biológica comprender mejor los impactos y vulnerabilidades, y la adaptación frente al cambio climático, así como la capacitación para tomar decisiones con conocimiento de causa sobre medidas prácticas de adaptación.

Adicionalmente, los Programas de Acción Nacional para la Adaptación, Napa, se han constituido en instrumentos a nivel nacional para preparar de manera articulada las acciones hacia la adaptación al cambio climático. La forma como se han venido implementando hasta ahora estas iniciativas, si

10. Presidente Adjunto. Comisión de Manejo Ecosistémico. Unión Mundial para la Conservación de la Naturaleza.

bien da una orientación específica al tema de la adaptación al cambio climático, ha presentado algunas limitaciones como son la carencia de un soporte científico apropiado, la falta de una visión holística al tema de la adaptación y un énfasis hacia las relaciones entre el cambio climático y la infraestructura.

La aproximación más adecuada al tema de la adaptación al cambio climático debe orientarse hacia la búsqueda de soluciones más desde el lado de los ecosistemas y tener en cuenta su salud y elasticidad, para ayudar tanto a la población como a los ecosistemas y especies a enfrentar el cambio climático.

La adaptación

El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) define adaptación como “los ajustes a los sistemas naturales o humanos en respuesta a los estímulos actuales o esperados del clima o sus efectos para moderar los daños o explotar las oportunidades benéficas”¹¹. La adaptación es importante en todos los países, especialmente en los menos desarrollados, los pequeños estados insulares y aquellos en los cuales sus economías dependen de sectores vulnerables al clima como la agricultura, el turismo y la pesca. En términos de diversidad biológica, la adaptación exitosa es un ajuste que hace un ecosistema o comunidad a un ambiente nuevo o cambiante sin una simplificación, pérdida en su estructura, funciones y componentes (CDB, 2006).

El concepto de adaptación y manejo adaptativo en el contexto del Convenio de Diversidad Biológica, está incluido desde la misma promulgación del Enfoque Ecosistémico (CDB, 2000), mediante la decisión V/6 como marco principal para la acción y el logro de sus tres objetivos: conservación, uso sostenible y distribución equitativa de los bienes y servicios. El Enfoque Ecosistémico se define como una estrategia para el manejo integrado y la restauración de la tierra, el agua y los recursos vivos. Establece doce principios de acción que se sustentan en las premisas del desarrollo sostenible, el manejo sostenible y la conservación. Se aplican de manera flexible, en diferentes contextos sociales, económicos, ambientales y culturales.

El manejo adaptativo es uno de los principios del Enfoque Ecosistémico (CDB, 2000) y cumple con el requerimiento de responder a las cambiantes condiciones sociales y ecológicas. Se sustenta en el hecho de que el cambio es inevitable y por tanto debe ser tenido en cuenta en cualquier acción de manejo ecosistémico. Los ecosistemas por naturaleza son dinámicos y elásticos, pero sin embargo requieren medidas especiales de adaptación y mitigación, para abordar problemas como el cambio climático, que pueden llevarlos más allá de su límite de funcionamiento. El manejo adaptativo debe tenerse en cuenta con especial prioridad en circunstancias en las cuales se considera que puede darse un riesgo de pérdida de hábitat y degradación, situaciones que deben

11. PIPCC: <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4-wg2-annex-sp.pdf>.

ser abordadas de manera anticipada. Adicionalmente, reconoce la elasticidad de los ecosistemas frente a los disturbios naturales, por lo cual sus acciones deben orientarse a mantener o restaurar la capacidad del ecosistema para recuperarse después de estos disturbios hasta un nivel que permita reducir consecuencias adversas.

El cambio climático afecta a muchos ecosistemas del planeta, situación que ha sido ampliamente documentada por numerosos estudios (Kapos *et al.*, 2008). Las respuestas naturales de la diversidad biológica a los cambios producto de nuevas situaciones ambientales, son llamadas “adaptaciones autónomas” (CDB 2006). Estas incluyen propiedades tales como: elasticidad, capacidad de recuperación, inercia, vulnerabilidad y sensibilidad.

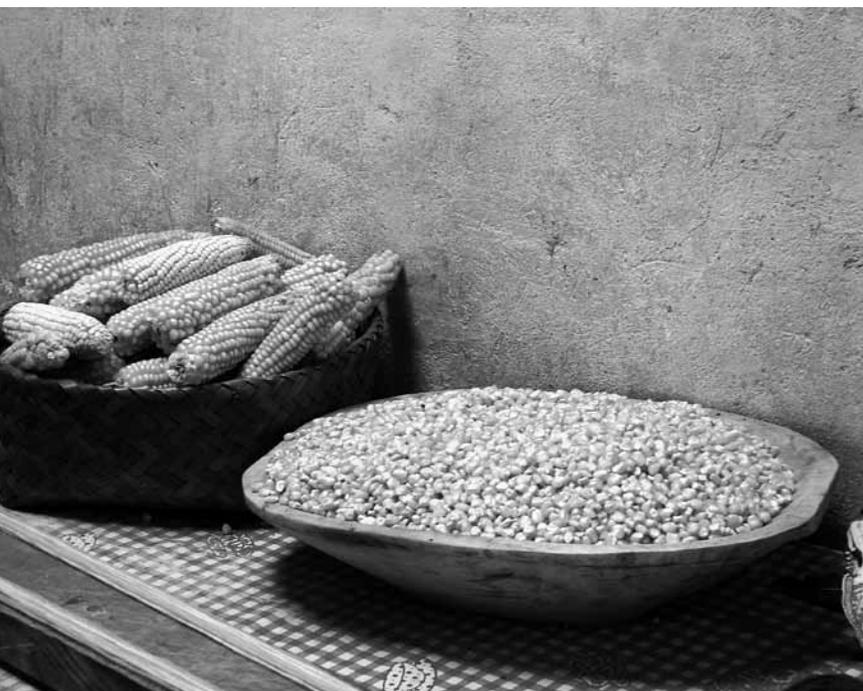
Se considera, sin embargo, que las adaptaciones autónomas, naturales, gestionadas, no son suficientes para detener la pérdida de la diversidad biológica y por lo tanto es necesario el desarrollo de actividades definidas por la sociedad, conocidas como “adaptación planificada”, para disminuir la pérdida de la diversidad biológica y de los servicios ambientales que proveen los ecosistemas. Estas acciones se deben implementar en los diferentes sectores, tales como la agricultura, el manejo del agua, el desarrollo, la infraestructura, entre otros, y de igual forma deben aplicarse a diferentes niveles de planificación: local, regional, subnacional, nacional e internacional. El “manejo adaptativo” aporta criterios desde la CDB a la forma como se

debe abordar la “adaptación planificada”, privilegiando acciones que se basen en el mantenimiento de la infraestructura de los sistemas naturales y la integridad ecológica de los ecosistemas.

Algunos de los criterios para la adaptación en este contexto son:

- Actuar ahora. La incertidumbre que rodea la naturaleza del cambio climático y sus impactos no deben retardar las acciones de conservación.
- Mantener y aumentar la elasticidad de los ecosistemas para mejorar la capacidad de mitigar los efectos del cambio climático manteniendo su biodiversidad.
- Propender por el mantenimiento de la integridad ecológica de los ecosistemas.
- Acomodar los impactos del cambio climático, tanto los cambios graduales como los eventos extremos.
- Facilitar la transferencia de conocimiento y acción entre aliados, sectores públicos, ONG, sectores privados, etc.
- Desarrollar una base científica y planificar estratégicamente. Se debe disponer de la mejor evidencia para el desarrollo de técnicas adecuadas.

La CDB (2006) recomienda varias aproximaciones para diseñar actividades de adaptación, entre las cuales incluye las “Evaluaciones Ambientales Estratégicas” y el “Enfoque Ecosistémico”. En el citado documento, se propone una lista indicativa de actividades de adaptación para cada una de las áreas te-



12. A nombre de: UICN, *The Nature Conservancy*, WWF, *Conservation International*, *Birdlife International*, *Indigenous Peoples of Africa Co-coordinating Committee*, *Practical Action*, *WILD Foundation*, *Wildlife Conservation Society*, *Fauna and Flora International* y *Wetlands International*.

máticas propuestas por el Convenio. Estas acciones se clasifican en científica, tecnológica, institucional, de conducta, política, financiera, regulatoria y/o individual, y privilegian la conservación de la biodiversidad, más que los servicios de los ecosistemas como tales.

El Convenio de Diversidad Biológica desarrolló en 2007 una página electrónica (<http://www.adaptation.cbd.int>), que incluye experiencias de adaptación y monitoreo de las mismas.

La adaptación basada en los ecosistemas

La Adaptación Basada en los Ecosistemas (EBA por su sigla en inglés) (IUCN, 2008), es un enfoque para construir elasticidad y reducir el riesgo en los ecosistemas, en la biodiversidad y en las comunidades locales. Surge por iniciativa de varias organizaciones observadoras invitadas a proponer ideas, visiones

y propuestas sobre la adaptación, en el marco del Plan de Acción de Bali¹². En este contexto, la adaptación se visualiza como un elemento fundamental para la creación de una sociedad elástica. Es una propuesta que tiene por objeto demostrar cómo las soluciones basadas en el ecosistema pueden funcionar para abordar el cambio climático, proporcionando al mismo tiempo beneficios de bienestar social y conservación de los ecosistemas y su biodiversidad. Se presentó por primera vez en Poznan, en diciembre del 2008 en la COP 14 de la CMNUCC y en la actualidad se ha consolidado como un documento de posición política liderada por UICN y otras organizaciones, en el marco de las negociaciones y discusiones de la mencionada convención (IUCN 2009). A finales del 2009, la CBD (2009), define a la “Adaptación Basada en Ecosistemas” como el “uso de la biodiversidad y servicios ecosistémicos como parte de toda la estrategia de adaptación, para ayudar a la gente a adaptarse a los efectos adversos del cambio climático. Usa un rango de oportunidades para el manejo sostenible, restauración de ecosistemas y conservación, para suministrar servicios que permitan a la gente adaptarse a los impactos del cambio climático”. Es la forma más apropiada de articular la adaptación en la agenda de desarrollo.

Aunque esta propuesta aún carece de un marco conceptual y metodológico específico, comparte las premisas y principios del Enfoque Ecosistémico. Se basa en la hipótesis que los ecosistemas bien manejados apoyan la adaptación, mediante el aumento de su elasticidad y la disminución de la vulnerabilidad de la

población y su sustento, a los impactos del cambio climático. Los ecosistemas bien manejados tienen un amplio potencial de adaptación, se resisten y recuperan más fácilmente a eventos extremos del clima y suministran una amplia gama de beneficios a la población que depende de ellos. En contraste, ecosistemas pobremente manejados, fragmentados y degradados, incrementan la vulnerabilidad de la población y la naturaleza a los impactos del cambio climático.

El concepto de “Adaptación Basada en Ecosistemas”, se complementa con el concepto de “Adaptación basada en Comunidades”, propuesto por el IIED en el 2007 (IUFRO, 2009). Esta iniciativa describe un conjunto de actividades orientadas hacia la adaptación al cambio climático por las comunidades y los más pobres. Recientemente ha producido una página electrónica en la cual se intercambian experiencias. La sinergia entre estas dos iniciativas es fundamental con el fin de aunar esfuerzos y permitir que la adaptación se aborde de una forma integral, para beneficio de las comunidades y el mantenimiento de los ecosistemas de los cuales dependen para su sustento.

La Adaptación Basada en los Ecosistemas cumple dos roles principales en el campo de la adaptación al cambio climático: por una parte, aportar un marco holístico en la conceptualización de la política y visión de la adaptación en el largo plazo, mediante una articulación de las diferentes convenciones interna-

cionales y políticas sectoriales en el territorio, y por otro lado, en la gestión misma de los ecosistemas, tal como el manejo integral del recurso hídrico, la reducción de riesgos a desastres naturales, el desarrollo de los recursos naturales hacia las comunidades, la producción agrícola sostenible y la conservación de la diversidad biológica.

En lo referente al ámbito político, esta perspectiva permite establecer sinergia entre las acciones hacia la adaptación que se vienen promoviendo por parte de las diferentes convenciones internacionales tales como la CMNUCC, la Convención para la Lucha contra la Desertificación y la Sequía, la Convención Ramsar, la CDB, entre otras. De igual forma, aporta un marco integral para armonizar las acciones de mitigación que se vienen tomando en el interior mismo de la CMNUCC, evitando que las iniciativas de reducción de emisiones, el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) o la Reducción de Emisiones por Deforestación Evitada (REDD), tengan efectos negativos sobre la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas.

Adicionalmente, este concepto sirve de base para la formulación de los Planes Nacionales de Adaptación, (Napa por su sigla en inglés) y permite articular las políticas públicas sectoriales en torno a la adaptación, en el nivel nacional, regional y local, especialmente las políticas de agricultura, energía, urbanización y desarrollo de infraestructura (ver tabla 3.1).

Tabla 3.1. Niveles de gestión en los cuales la Adaptación Basada en Ecosistemas se puede aplicar a escala global y en los Andes del Norte.

Internacional	Nacional	Regional-local
<ul style="list-style-type: none"> • CMNUCC • Articulación de iniciativas de reducción de emisiones. • Mecanismo de Desarrollo Limpio. • Reducción de emisiones por deforestación evitada. • Planes Nacionales de Adaptación (Napa). • Plan de Acción de Nairobi. • Nuevo Arreglo a partir del 2012. · Articulación con otras convenciones: Ramsar, Convenio de Diversidad Biológica, Convención de Lucha contra la Desertificación y la Sequía. 	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboración de Planes Nacionales de Adaptación al Cambio Climático. • Contribución a políticas nacionales de adaptación y mitigación al cambio climático. • Articulación de políticas sectoriales: agricultura, energía, urbanización, infraestructura. • Planes Nacionales de Desarrollo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Planes de Ordenamiento Territorial municipal. • Planes de Ordenación de Cuencas-Pomca. • Gestión integral del recurso hídrico. • Reducción del riesgo a desastres naturales. • Producción agrícola sostenible. • Manejo forestal sostenible. • Restauración de Ecosistemas. • Conservación de la Biodiversidad-Corredores.

Por otra parte, en el contexto de la gestión misma, la adaptación basada en los ecosistemas, incluye un amplio rango de estrategias a nivel local y escala de paisaje, que permiten a la comunidad y la naturaleza enfrentarse al cambio climático. Se aplica de forma apropiada, como parte de una estrategia de adaptación, que incluye educación, entrenamiento, concientización y medidas de desarrollo tecnológico cuando se requiera. Este enfoque permite unificar las aproximaciones hacia el manejo de los ecosistemas, en función de la adaptación.

La adaptación basada en los ecosistemas se centra en las decisiones del hombre y la sociedad, con el fin de construir elasticidad tanto de la comunidad como de su territorio, ante los inevitables efectos del cambio climático. Hace especial énfasis en los servicios de los ecosistemas que sustentan el bienestar humano y por tanto, son decisivos para regular el clima. Contribuye a ayudar a las comunidades a adaptarse

al cambio climático al desarrollar la elasticidad, mejorar la capacidad de adaptación y generar beneficios económicos adicionales.

Algunas de las ventajas que provee este enfoque son¹³:

- Permite manejar de forma balanceada, los riesgos climáticos y no climáticos, aumenta la elasticidad y reduce la vulnerabilidad a riesgos climáticos y no climáticos.
- Aumenta la salud y elasticidad de los ecosistemas, y permite enfrentar mejor las condiciones de variabilidad y cambio climático.
- Promueve compromisos con las comunidades locales y es sensible a los temas de género.
- Es descentralizado, al nivel más bajo apropiado: se sustenta en los principios del enfoque ecosistémico, y se construye de abajo hacia arriba mediante el compromiso y la participación de las comunidades locales.
- Busca empoderar la acción local.

13. Modificado y complementado a partir de IUCN, 2009.

- Es altamente participativo, incluye los sectores y actores relevantes de la sociedad.
- Tiene en cuenta el conocimiento de las comunidades indígenas y tradicionales.
- Propone soluciones integrales y cooperación entre sectores y agencias: se asegura que en todo el proceso estén involucrados diferentes sectores que intervienen en la política y la planificación.
- Evita acciones inapropiadas de adaptación. Tiene coherencia con el principio precautelar, evitando los riesgos que pueden tener las afectaciones negativas en los ecosistemas, derivadas de la implementación de acciones “no adaptativas”.

Según la IUCN (2009), los principales sectores con los cuales existen oportunidades de sinergia en la política sectorial y la práctica son:

- Gestión integral del agua: gran parte de los impactos del cambio climático se sienten a través del agua: sequías, inundaciones, lluvias extremas, derretimiento de glaciares, etc. El manejo integral del agua se convierte de esta forma en el centro de las políticas de adaptación, mediante la construcción y el mantenimiento de la infraestructura de las cuencas hidrográficas y los servicios que esta presta.
- Reducción del riesgo a los desastres naturales: los ecosistemas bien manejados actúan como barreras naturales y mitigan el impacto a eventos extremos,

tales como inundaciones, fuego, deslizamientos, huracanes, etc. La restauración de estos ecosistemas pueden ser medidas costo-efectivas, comparadas con la construcción de obras de defensa alternativas.

- Desarrollo de comunidades basadas en recursos naturales: existe una alta complementariedad con la “adaptación basada en comunidades”, al mantener y restaurar los ecosistemas saludables que son más elásticos frente a los impactos del cambio climático. Apoya a las comunidades indígenas y locales promoviendo el conocimiento tradicional y buscando la forma de adaptarlo al cambio climático.
- Producción agrícola sostenible: tiene muchas sinergias con las aproximaciones al desarrollo agrícola, incluyendo la elasticidad de los sistemas agrícolas, el manejo a nivel de paisaje y la promoción de sistemas agroecológicos, entre otros.
- Conservación y uso sostenible de la biodiversidad: se incluyen prácticas de conservación y conectividad de ecosistemas y áreas protegidas, así como iniciativas de restauración de paisajes fragmentados y degradados.
- Manejo Forestal Sostenible: es una de las principales acciones que se implementa a nivel local y que está inmersa en los planes forestales nacionales, que deben articularse con las acciones de adaptación y mitigación (Roberts, 2009).



Desde el punto de vista ecológico, esta aproximación se sustenta en el rol que representa la “infraestructura natural” de los ecosistemas como base para enfrentar la adaptación; por ejemplo, la gestión a nivel de cuenca hidrográfica, incluyendo el ciclo hidrológico y el rol de todos sus acuíferos, meandros, bacines y demás estructuras y ecosistemas asociados, que cumplen un rol en el suministro del agua, la regulación de las inundaciones, entre otros. Tiene en cuenta las relaciones espaciales y funcionales de los ecosistemas en un territorio, demostrando la necesidad de abordar su gestión de manera integral, abarcando todos los espacios geográficos y comunidades que pueden verse afectados por una acción efectuada en un solo sitio.

La aplicación de este enfoque significa, por ejemplo, que para reducir la vulnerabilidad ante las tormentas y el ascenso del nivel del mar, puede llegar a ser más beneficioso invertir en el mantenimiento de los ecosistemas en su estado natural o su restauración, más que en la inversión de obras civiles. De igual forma, la

restauración de los ríos y humedales como ecosistemas de soporte al flujo natural del agua, puede contribuir de forma más eficiente a la regulación de caudales, control de inundaciones y minimizar la vulnerabilidad de las poblaciones que viven en zonas aledañas.

Desde el punto de vista de la conservación de la biodiversidad, la adaptación basada en ecosistemas posibilita que la naturaleza misma pueda adaptarse mejor al cambio climático. Un ejemplo del tipo de medida sería la consolidación de espacios de conectividad en paisajes productivos, de tal forma que permitan la conexión de las áreas protegidas y de los remanentes de vegetación natural, garantizando el flujo de especies en un amplio mosaico geográfico.

Desde el punto de vista cultural, esta aproximación hace énfasis en la importancia de proteger y restaurar áreas con alto significado cultural, incluyendo aquellas que son relevantes para la sobrevivencia de comunidades indígenas y tradicionales.

Las acciones que contempla el CDB para la adaptación de la biodiversidad en las montañas, están principalmente orientadas a conservar la biodiversidad a nivel de ecosistemas y especies, pero no hacen referencia a los servicios ambientales que generan estos ecosistemas y los servicios que otorga a las comunidades que viven de ellos.

Por su parte, las acciones que se privilegian mediante la aplicación de la adaptación basada en ecosistemas son entre otras, las siguientes:

- Introducción de criterios de adaptación en los planes de ordenamiento territorial, planes de uso de la tierra y planes de ordenación de cuencas hidrográficas.
- Gestión integral del agua. Este aspecto es fundamental, teniendo en cuenta los posibles efectos del derretimiento de glaciares y el flujo de agua en las montañas.
- Rehabilitación y restauración de ecosistemas degradados.
- Promoción de la regeneración natural de bosques y otros ecosistemas degradados.
- Promoción de sistemas agroforestales para ampliar la capacidad de recuperación del ecosistema y sus servicios ambientales.
- Establecimiento de corredores, principalmente en zonas ribereñas y consolidación de una matriz de conectividad en el paisaje.
- Reducción de la presión por el cambio en el uso de la tierra y evitar la conversión de ecosistemas naturales hacia otros usos.
- Establecimiento de áreas protegidas a nivel local.

- Promoción de sistemas agrícolas que promuevan la diversidad y minimicen el riesgo económico y ecológico a las poblaciones locales.
- Recuperación del conocimiento tradicional relacionado con prácticas agrícolas y de conservación.

Por otra parte, debido a que todas estas acciones de manejo adaptativo del paisaje se desarrollan casi de forma experimental, y con altos niveles de incertidumbre, es deseable consolidar una base para el seguimiento de todos los procesos sociales, ecológicos y económicos y así evaluar el impacto que estas acciones tienen no sólo en los ecosistemas sino en las comunidades.

Las intervenciones propuestas en el paisaje deben sustentarse en el reconocimiento de la incertidumbre¹⁴ y contemplar un sistema de monitoreo que permita anticipar la modificación de futuras intervenciones de manejo de acuerdo a la forma como se comporta el sistema y el aprendizaje obtenido. Estas intervenciones deben estar acompañadas de un plan de manejo adaptativo de los ecosistemas, que comprenda las decisiones efectuadas y modificadas en función de lo que se conoce y aprende del sistema, incluyendo la información sobre el estado inicial, previo a la aplicación de acciones de manejo. El plan de monitoreo debe especificar las variables que se deben evaluar y una caracterización de la incertidumbre inherente al proceso de observación misma.

14. Existen niveles de incertidumbre en los procesos, modelos, observación y comportamiento mismo del sistema natural.

Referencias

- Andrade, A. (Ed.). 2007. *Aplicación del Enfoque Ecosistémico en Latinoamérica*. CEM-IUCN.
- CDB, 2009. *Connecting Biodiversity and Climate Change Mitigation and Adaptation*. Series 41, 126 pages.
- CDB. 2006. *Cuaderno Técnico 25. Orientaciones para promover la sinergia entre las actividades dirigidas a la diversidad biológica, la degradación de la tierra y el cambio climático*.
- CDB. 2000. *Decisión V/6. Enfoque Ecosistémico*. V Conferencia de Las Partes.
- IPCC. 2007. *Cambio Climático 2007: Informe de Síntesis*. IPCC, Ginebra, Suiza, 104. p.
- IUCN. 2009. *Ecosystem-based Adaptation. Policy briefing*.
- IUCN. 2008. *Ecosystem-based adaptation: an approach for building resilience and reducing risk for local communities and ecosystems*. Documento presentado ante la COP 14 en Poznan.
- IUFRO. 2009. *World Series Vol. 22. Adaptation of forests and people to climate change*. Pia Kotiola. Ed.
- Kapos, V., J.P. Scharlemann, A. Campbell, A. Chenery, and B. Dickson. 2008. *Impacts of Climate Change on Biodiversity: A review of the recent scientific literature*. UNEP World Conservation Monitoring Centre. Revised, March 2009.
- Naciones Unidas. 1993. *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*.
- Roberts, G. 2009. "Current adaptation measures and policies". En P. Kotila (Ed.). *Adaptation of forests and people to climate change*. IUFRO. World Series. Vol. 22.
- UNFCCC. 2007. *Unidos por el Clima. Guía de la Convención sobre Cambio Climático y el Protocolo de Kyoto*.



Adaptación al cambio climático en la Cordillera Real Oriental: síntesis de los talleres nacionales

Ilvia Patricia Niño¹⁵, Elba Fiallo-Pantziou y José Luis Mena¹⁶

En raras ocasiones, las medidas de adaptación son diseñadas para responder a un solo factor, por lo cual el IPCC recomienda dirigir los esfuerzos de adaptación sobre aquellos elementos que relacionan la sociedad con los disturbios generados por el cambio climático. Por esta razón, el análisis de vulnerabilidad para la Cordillera Real Oriental (ver capítulo 2 en esta publicación) se centró en la sensibilidad de dos sistemas: la biodiversidad (en términos de zonas de vida y ensamblajes de plantas y aves) y los recursos hídricos. Estos objetos de análisis fueron relacionados con las condiciones sociales de las comunidades que habitan en la región,

Capítulo

4

15. Oficial de Programa Piedemonte Andino-Amazónico, WWF Colombia.

16. Director de Proyecto, WWF Perú.

para obtener una visión de su situación actual frente a estos elementos, así como también los escenarios futuros frente al cambio climático.

Sin embargo, para tener un panorama completo e integral de las medidas o acciones que en términos de adaptación cada región vulnerable debe implementar, se consideró necesario hacer un análisis de los aspectos de política o de las experiencias que a nivel local, regional (escala de provincias o departamentos) o nacional, se han llevado a cabo o que actualmente están en marcha en relación con la Cordillera Real Oriental. Así mismo, se sistematizaron las experiencias de cada país frente a los análisis de vulnerabilidad y las medidas de adaptación o mitigación, formuladas o en marcha, con base en la revisión de literatura y la consulta directa con los entes de gobierno, academia o de la sociedad civil encargados de llevarlas a cabo.

A estos efectos, desde comienzos de 2008 hasta mediados de 2009, se facilitó el desarrollo de varios espacios de participación, diálogo y/o discusión metodológica. En primer lugar, se logró la obtención de información climática y socioeconómica necesaria para el desarrollo del análisis de vulnerabilidad, gracias al diálogo con instancias gubernamentales. Un segundo conjunto de espacios de participación consistió en la socialización de los resultados del análisis de vulnerabilidad con entes de gobierno tales como ministerios o dependencias de éstos que tienen atribuciones sobre temas de cambio climático. En tercer lugar, se hicie-

ron consultas locales con líderes comunitarios, entes locales de gobierno e instituciones, para identificar medidas probables de adaptación a los impactos del cambio climático. Por último, en cada país se convocó a un taller nacional, con la finalidad de ajustar el análisis de vulnerabilidad y obtener lineamientos locales y nacionales para el diseño de la estrategia regional de adaptación para la Cordillera Real Oriental.

En este capítulo se recogen los resultados principales de estos talleres nacionales, a partir de los cuales se ha iniciado el diseño de planes locales de acción en diferentes escenarios de conservación de cada uno de los tres países, que han servido como insumo para el planteamiento de los lineamientos de la estrategia regional (ver capítulo 5).

Los talleres nacionales

El objetivo fundamental de los talleres nacionales de Colombia, Ecuador y Perú era socializar los resultados del análisis de vulnerabilidad al cambio climático de la CRO (ver capítulo 2 en este documento), e identificar de manera participativa recomendaciones para el diseño de una estrategia regional de adaptación al cambio climático para la CRO.

El taller nacional de Colombia se celebró en la ciudad de Mocoa (Putumayo) los días 22 y 23 de septiembre de 2008 y fue convocado por la Mesa Interinstitucional del Piedemonte Andino-Amazónico conformada por Parques Nacionales, Corpoamazonia, la Corporación Au-



tónoma Regional del Alto Magdalena, la Corporación Autónoma Regional del Cauca, Corponariño y WWF Colombia. Además, el evento contó con la participación del Ideam, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, líderes comunitarios de la región y organizaciones no gubernamentales (ver la lista de participantes en el Anexo 1).

En Ecuador, el taller nacional convocado por el Ministerio de Ambiente de Ecuador, el INAMHI, la Fundación Natura y WWF, tuvo lugar en Quito los días 18 y 19 de noviembre de 2008. El evento contó con una amplia participación institucional (ver lista de participantes en el Anexo 2) y de la sociedad civil.

El taller nacional de Perú tuvo lugar en la Provincia de San Ignacio (Cajamarca) los días 5 y 6 de febrero de 2009. Este evento fue organizado por WWF Perú y Libélula, convocado por la Mesa de Concertación para

la Lucha Contra la Pobreza de San Ignacio (MCLCP- SI) y contó con la participación de representantes de los municipios de San Ignacio y Jaén, de la Policía de San Ignacio, presidentes comunales, miembros de organizaciones cafetaleras, docentes de la UGEL, promotores ambientales y representantes de ONG y proyectos que se ejecutan en la zona (ver lista de participantes en el Anexo 3).

Aunque los contenidos temáticos de los tres talleres fueron diferentes en razón del contexto institucional particular de cada uno de ellos (Tabla 4.1), su estructura fue básicamente la misma. A partir de un número variable de presentaciones técnicas que proporcionaron la base conceptual del ejercicio, los participantes discutieron en mesas de trabajo los aspectos centrales para el desarrollo de estrategias y planes de adaptación.

Tabla 4.1. Contenidos y desarrollos de los talleres nacionales.

	Colombia	Ecuador	Perú
Día 1	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Cambio climático y calidad de vida en la zona de transición Andino – Amazónica de Colombia.</i> Luis Germán Naranjo. WWF Colombia. • <i>Escenarios de cambio climático en Colombia.</i> Ernesto Rangel. Subdirector de Meteorología. Ideam. • Plenaria de discusión 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>La Gestión del Cambio Climático en el Ecuador.</i> Ing. Teresa Palacios. Dirección de Cambio Climático, Ministerio del Ambiente. • <i>La adaptación al cambio climático. Aspectos relevantes a considerar.</i> Ing. Luis Cáceres, Proyecto GEF/PNUD/MAE Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático. • <i>Resultados Relevantes del Proyecto Adaptación al Cambio Climático a través de una buena gobernabilidad del agua - PACC.</i> Ing. Fausto Alarcón, Proyecto PACC. • <i>Resultados relevantes del Proyecto Regional Andino de Adaptación al Cambio Climático en el Ecuador.</i> Ing. Jorge Núñez, Proyecto PRAA, Ecuador. • <i>La Cordillera Real Oriental y el Proyecto Un Paisaje Vivo. Componente de cambio climático.</i> Elba Fiallo-Pantziou, Fundación Natura. • <i>Componente del cambio climático y aproximación al tema en el marco del proyecto (metodología).</i> César Freddy Suárez, WWF Colombia. • Foro de preguntas y respuestas. Moderador: Ing. Gonzalo Ontaneda (INAMHI). • <i>Resultados de sensibilidad e impactos en la biodiversidad de la CRO.</i> César Freddy Suárez, WWF Colombia. • <i>La Estrategia de Adaptación en la CRO.</i> Carlos Fierro. • <i>Medidas de adaptación: Trabajo en Grupos.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Entendiendo el cambio climático y la adaptación a partir de las experiencias y percepciones de los participantes.</i> Discusión Plenaria. • <i>El marco nacional e internacional del cambio climático y el proyecto de la segunda comunicación nacional del cambio climático.</i> Laura Avellaneda, Ministerio del Ambiente. • <i>Análisis preliminar de las tendencias climáticas en la cuenca del Chinchipe.</i> Gabriela Rosas, SENAMHI. • <i>Entendiendo en la práctica lo que significa adaptación al cambio climático.</i> Discusión Plenaria. • <i>Estudio de uso de suelos en Tabaconas y análisis hidrológico de la cuenca alta.</i> Armando Mercado, WWF Perú. • <i>Análisis de la vulnerabilidad de la Cordillera Real Oriental.</i> César Suárez, WWF Colombia. • <i>Socialización y validación del diagnóstico de vulnerabilidad de la cuenca del río Chinchipe.</i> Maite Cigarán, Libélula.
Día 2	<ul style="list-style-type: none"> • <i>La Política Nacional de Cambio Climático y retos en adaptación.</i> Jason García. MAVDT. Asesor en Adaptación al Cambio Climático. • <i>Experiencias de adaptación al cambio climático: Proyecto Inap.</i> María Mercedes Medina. Ideam. • <i>Análisis de vulnerabilidad en la Cordillera Real Oriental. Sensibilidad y vulnerabilidad.</i> Olga Lucía Hernández. WWF. • <i>Mesas de trabajo.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Resultados de sensibilidad e impactos, sector recursos hídricos en la CRO.</i> César Freddy Suárez, WWF Colombia. • <i>La Estrategia de Adaptación en la CRO.</i> Óscar Yépez, Fundación Natura. • <i>Medidas de adaptación: Trabajo en grupos.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>La gestión del riesgo y el cambio climático en los procesos de desarrollo.</i> Jaime Puicón, GTZ. • <i>Plenaria de conclusiones y recomendaciones.</i>

Recomendaciones para la construcción de una estrategia regional de adaptación

Las mesas de trabajo de los tres talleres nacionales se desarrollaron en torno a tres aspectos: necesidades de información y conocimiento, acciones para la gestión local y medidas institucionales para la

toma de decisiones. Cada una de estas unidades temáticas se discutió en relación con la problemática del cambio climático y las recomendaciones identificadas por los participantes se agruparon en torno a temas generales, temas específicos relacionados con la conservación de la biodiversidad y temas relacionados con recursos hídricos (Tabla 4.2).

Tabla 4.2. Recomendaciones para el diseño de una estrategia regional de adaptación al cambio climático para la Cordillera Real Oriental desde una perspectiva local y nacional.

	Temas generales	Biodiversidad	Recursos hídricos
Información y conocimiento	Mejoramiento de los sistemas de monitoreo y re-construcción de las memorias de eventos adversos. (Deslizamientos, inundaciones, sequías, incendios forestales y vendavales).	Establecer el monitoreo de páramos a mediano y largo plazo, a partir del diseño de indicadores, tomando en cuenta especies vulnerables.	Complementar la red de monitoreo hidrometeorológico de manera que pueda atender los requerimientos de información de usuarios locales y nacionales, generando información hidrometeorológica a un nivel de detalle que permita efectuar estudios locales de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático.
	Establecer estrategias que permitan el acceso y uso de la información generada por los diversos actores respecto al tema de adaptación al cambio climático.	Sistematizar y socializar la información climatológica y sobre ecosistemas.	Complementar/actualizar el inventario nacional de uso de agua como herramienta fundamental para la gestión integrada del recurso.
	Sistematizar información social sobre: tipo de organizaciones que caracterizan la región, cultura, morbilidad/mortalidad por vectores asociados a cambio climático; tipos de cultivos y cambios de uso del suelo; tipo de alimentación de las poblaciones locales.	Construir un programa donde se establezcan lineamientos, criterios y necesidades de investigación que se orienten a proyectos relacionados con la adaptación de la biodiversidad al cambio climático.	Buscar formas de integrar las proyecciones de escenarios futuros de cambio climático a la planificación y a la generación de propuestas de acciones que a nivel público y privado.
	Sistematizar información proveniente de las poblaciones locales (indígenas, mestizas y campesinas) así como las prácticas socio-culturales para la adaptación.	La autoridad ambiental Nacional, responsable del cambio climático en el país, debe dar direccionamientos y políticas en función de las necesidades de información y de investigaciones.	Generar información sobre fuentes subterráneas con la finalidad de realizar un inventario de las mismas.

	Temas generales	Biodiversidad	Recursos hídricos
Información y conocimiento	Generar un mayor número de escenarios de cambio climático usando varios modelos (ninguno es perfecto). Para el efecto es importante la participación de instituciones como INAMHI, Ideam, universidades, fundaciones/ONG y gobiernos locales.	Creación de un sistema integrado de información, que sea centralizado pero accesible, dirigido por la autoridad ambiental.	Actualizar las concesiones de agua (caudales – usos). Actualmente, por ley, las concesiones se actualizan cada diez años. Sin embargo, es necesario llevar a cabo una revisión de las actuales concesiones a fin de establecer los usos, la equidad en el acceso y la solución a más de treinta mil demandas represadas para la solución de conflictos de acceso al agua entre usuarios de diferentes zonas.
Acciones a nivel local	Liderazgo de los gobiernos locales en la coordinación con entes locales que tienen a su cargo el manejo ambiental y la educación.	Los gobiernos seccionales y entidades del Estado deben diseñar e implementar proyectos y programas que se dirijan específicamente al tema de adaptación al cambio climático.	Fortalecer la institucionalidad y definir roles y competencias institucionales a fin de evitar superposición de competencias a nivel nacional y local.
	Incorporar en el currículo educativo una línea pedagógica para el cambio climático.	Identificar estrategias para lograr una adecuada coordinación con y entre los actores locales para la generación, acceso y uso de la información.	Impulsar acciones de gestión integral de cuencas hidrográficas.
	Promover una cultura ambiental a todo nivel (autoridades regionales, locales, ONG y población en general).	Establecer instancias locales que tengan responsabilidades ambientales con énfasis en cambio climático.	Capacitación e involucramiento de los actores (usuarios, administradores, gobiernos locales, juntas de agua, etc.).
	Sensibilizar a la población para que no talle ni quemé los bosques.	Mantener y fortalecer áreas de conservación y recuperar las áreas degradadas. Promover la conservación de páramos y ecosistemas altoandinos.	Manejar caudales ecológicos y ambientales. Crear condiciones para el cumplimiento de normas ambientales en cuanto al mantenimiento y manejo de caudales ecológicos en la construcción de obras de infraestructura, como por ejemplo: hidroeléctricas.
	Capacitar a los agricultores en técnicas de producción ecológica y formación de promotores ambientales.	Protección/recuperación de áreas siguiendo las proyecciones de los modelos de cambio climático.	Construir obras de infraestructura que permitan la regulación de agua en eventos extremos.
	Evitar la tala, la quema y la extensión de fronteras agrícolas y llevar a cabo restauración y reforestación con árboles nativos.	Generar alternativas productivas locales adaptadas a los escenarios de cambio climático.	Definición de mecanismos de regulación de ocupación del suelo en áreas vulnerables.

	Temas generales	Biodiversidad	Recursos hídricos
Acciones a nivel local	En educación se deben implementar proyectos educativos ambientales y establecer escuelas productivas.	Formación de técnicos y capacitadores/expertos en cambio climático a nivel nacional y local. Capacitación en temas de adaptación al cambio climático. Generar procesos de formación para el entendimiento de efectos de cambio climático e identificar vulnerabilidades y acciones de adaptación a nivel local.	Mejorar la eficiencia en el uso del agua de riego en función de la adopción de nuevas tecnologías que optimicen el uso y reduzcan los márgenes de desperdicio que actualmente se presenta en todos los sistemas de riego del país. Garantizar la calidad, la cantidad y el acceso al agua, tomando en consideración la temporalidad de su ciclo de generación (precipitación) durante el año.
	En salud se deben promover campañas de salud preventiva y formar promotores de salud.		
	Implementación de sistema de alertas tempranas en todos los niveles.		
	En aspectos agrícolas, diversificar cultivos, usar abonos orgánicos, construir reservorios de agua, ejecutar proyectos de infraestructura de riego tecnificado, impulsar organizaciones de producción agrícola, buscar apoyo crediticio para los agricultores, diversificar mercados para nuevos productos.		
	A nivel local hay que recoger las experiencias desarrolladas previamente en la región: reconversión ganadera, mercados justos, empoderamiento local, encadenamientos productivos, comercialización local y regional, incentivos y compensación por actividades de reconversión, áreas en conservación estricta; y ver su relacionamiento con la adaptación al cambio climático.		
Fortalecer la capacidad organizativa para incidir en los diferentes espacios públicos de decisión. El tema de gobernabilidad y el fortalecimiento institucional y comunitario es fundamental para el manejo de las dinámicas que generan las problemáticas de adaptación y mitigación del cambio climático.			

	Temas generales	Biodiversidad	Recursos hídricos
Institucionalidad y toma de decisiones	Establecer mecanismos públicos y privados que mejoren la institucionalidad y la generación de información climatológica, tomando en consideración la limitada cantidad de información existente, así como la poca capacidad institucional para generarla.	Incluir en la toma de decisiones sobre adaptación tanto a científicos/universidades como a población local y empresa privada.	Promover la generación y aplicación de políticas de gestión integral de recursos hídricos a nivel nacional y local.
	Robustecer a los organismos encargados de cambio climático.	Ajuste de instrumentos de reglamentación y planificación de usos del suelo con determinantes de cambio climático. Promover e impulsar el trabajo interinstitucional y las adecuaciones institucionales para que los instrumentos como los Planes de Ordenamiento y Manejo de Cuencas (Pomca), los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) y planes de manejo de ecosistemas, etc, propicien la inserción de los temas de adaptación al cambio climático, además tratando de construir agendas con participación social.	Impulsar el empoderamiento ciudadano en la gestión del recurso hídrico a partir de la información, comunicación y socialización.
	Las estrategias regionales deben tomar en cuenta los convenios ambientales y ser insertados en las agendas de desarrollo y planes de inversión en los ámbitos regionales y locales.		Acuerdos de manejo en consenso relacionadas con el uso y manejo del agua (incorporar parámetros específicos).
	Trabajar en una ley de cambio climático e incluir opciones de generación de recursos económicos, por ejemplo por medio de tasas o multas.		Definir competencias y promover la coordinación de instituciones involucradas en el manejo del agua.
	Establecer una mayor coordinación entre las diferentes iniciativas de adaptación a nivel de metodologías y ejecución (PRAA, PACC, Multiagencias PNUD, etc.)		Analizar los impactos en la comunidad que puedan generarse por el traslado de recursos hídricos de una cuenca a otra.
	Alcanzar financiamiento a través de fondos de cooperación multilateral y también con parte de los fondos MDL o proyectos de secuestro de carbono.		
	Incorporar el conocimiento tradicional o ancestral en las leyes, políticas, planes y proyectos.		
	Promover la articulación entre entidades y comunidades que intervienen en procesos de cambio climático, para la sensibilización y la ejecución de acciones de difusión, adaptación y mitigación.		
	Las políticas deben ser creadas y formuladas desde las bases de la sociedad. El desarrollo local debe ser el eje para la toma de decisiones pues es necesario tomar decisiones propias y adecuadas a las problemáticas de la adaptación al cambio climático.		



Adaptación al cambio climático en la Cordillera Real Oriental: Lineamientos para una estrategia regional

Capítulo

5

Ximena Barrera¹⁷, Elba Fiallo-Pantziou y Luis Germán Naranjo

Los ecosistemas de montaña, como los páramos, bosques nublados y humedales de los Andes del norte son frágiles y especialmente vulnerables a los impactos del cambio climático. Los glaciares en estas montañas han disminuido drásticamente (Secretaría General de la CAN, 2007) y los cambios en patrones regionales y locales de temperatura y precipitación pueden causar desplazamientos de ecosistemas y especies y extinciones locales. Estos impactos pueden tener consecuencias negati-

17. Directora de Política Pública y Responsabilidad Corporativa, WWF Colombia.

vas previsible para la población de los países andinos, pues el mantenimiento de su biodiversidad y la provisión continua de los bienes y servicios ecosistémicos están en riesgo.

La evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático es importante para responder a riesgos futuros. En el caso de la Cordillera Real Oriental (CRO) encontramos serias razones de preocupación, recogidas en el capítulo 2 de este documento. Por esta razón y con el propósito de contribuir al desarrollo de una estrategia regional que permita abordar a distintas escalas las múltiples amenazas que se derivan del cambio climático en la CRO, en este capítulo planteamos una serie de lineamientos derivados de una combinación de ejercicios llevados a cabo dentro del componente de amenazas del proyecto “Un Paisaje Vivo”.

Por una parte, presentamos un marco conceptual para abordar los temas emergentes del análisis de vulnerabilidad. En segundo lugar, recogemos los resultados del taller regional de adaptación al cambio climático en la CRO convocado en Quito por los ministerios de Ambiente de Ecuador, Perú y Colombia, los institutos de Hidrología y Meteorología de Ecuador y Perú (INAMHI) e Ideam, la Comunidad Andina de Naciones, la Fundación Natura y WWF los días 16 y 17 de abril de 2009 (ver agenda del evento y lista de participantes en el anexo 4), en cuanto a las debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas para el desarrollo de acciones regionales de adaptación. Por último, presentamos la visión, las líneas de acción, los objetivos, las metas y los resul-

tados esperados, concertados con los participantes institucionales en dicho evento regional.

Confiamos en que los lineamientos aquí recogidos servirán de base para un esfuerzo colegiado que redunde en la integración regional en torno a la conservación y el desarrollo sostenible en los ecosistemas de la Cordillera Real Oriental, frente a los retos y amenazas que enfrentan en relación con el cambio climático global.

Efectos del cambio climático y la transformación antropogénica de los ecosistemas

Con base en modelaciones climáticas, se espera un incremento progresivo de la temperatura media mensual en la CRO, hasta un total aproximado de 2°C para el año 2099. La modelación de la precipitación presenta una leve tendencia general al aumento a escala regional, aunque con variaciones locales significativas entre -20 y 60% y diferencias considerables de un año a otro.

Como se explicó en el segundo capítulo de este documento, el impacto esperado de estas tendencias puede ser de muchos tipos. En primer lugar, la distribución de las zonas de vida de la CRO puede cambiar significativamente, especialmente en la cuenca alta del río Pastaza en Ecuador y las cuencas altas de los ríos Caquetá y Napo, que presentan tendencias cercanas al 50% de cambio en la extensión de las zonas de vida. De estas zonas de vida 9 podrían incrementar su extensión bajo el escenario A2 y 10 bajo el B2 hacia el año 2030, mientras que otras 9 disminuirían hacia el

2050 bajo el escenario A2 y 8 bajo el B2. De 15 zonas de vida representadas en las áreas protegidas actualmente existentes en la CRO, 7 incrementarían su extensión en más de 100% y el área de otras 5 se reduciría en proporciones comparativamente menores frente a los 2 escenarios de cambio climático.

En segundo lugar, se esperan cambios significativos en la composición de los ensamblajes de especies en la CRO. Los mayores valores de sensibilidad del sistema biodiversidad corresponden a la cuenca del Pastaza en ambos escenarios. Las cuencas del Putumayo, el Santiago/Cenepa y el Marañón presentan cambios mucho más acentuados frente al escenario A2 y las del Caquetá y el Napo alcanzan sus mayores valores de sensibilidad ante el escenario B2.

Adicionalmente, la estimación de la oferta de agua superficial de las cuencas principales de la CRO señala que las variaciones esperadas en los caudales para los años 2030 y 2060 tienen una relación directa con la variación de la precipitación. La sensibilidad de las subcuencas muestra tendencias diferentes en los dos escenarios. Las mejores relaciones esperadas de rendimiento hídrico en $\text{lt}/\text{seg}/\text{Km}^2$ se presentarían en las cuencas de los ríos Caquetá, Putumayo y Zamora.

Pero los impactos derivados del cambio climático en los ecosistemas de montaña de la CRO no pueden interpretarse de manera suficiente si no se examinan sus relaciones con los efectos resultantes de las actividades humanas. La integridad ecológica de los ecosistemas de montaña en la CRO es alterada



como consecuencia del cambio de los regímenes hidro-meteorológicos, pero esos efectos se potencian en muchos casos por los patrones de uso de la tierra (Fig. 5.1).

De este modelo, resulta evidente que a las amenazas que se derivan de la exposición de las unidades de paisaje al cambio climático a escala regional, se suman otros factores resultantes de procesos antropogénicos, en los que intervienen múltiples actores. La vulnerabilidad de las cuencas hidrográficas, en el sentido del IPCC (2008), es entonces la expresión local de la combinatoria de 1) la exposición al cambio climático en términos puramente biofísicos (deshielo de glaciares, incremento en la frecuencia e intensidad de lluvias y de sequías); 2) sus impactos asociados (cambios masivos en la distribución de ecosistemas y especies, incremento en la pérdida de cosechas agrícolas); 3) la sensibilidad resultante de factores y prácticas culturales (la ganadería extensiva, la explotación inadecuada e ilegal de productos forestales maderables y no maderables, la expansión industrial de plantaciones forestales

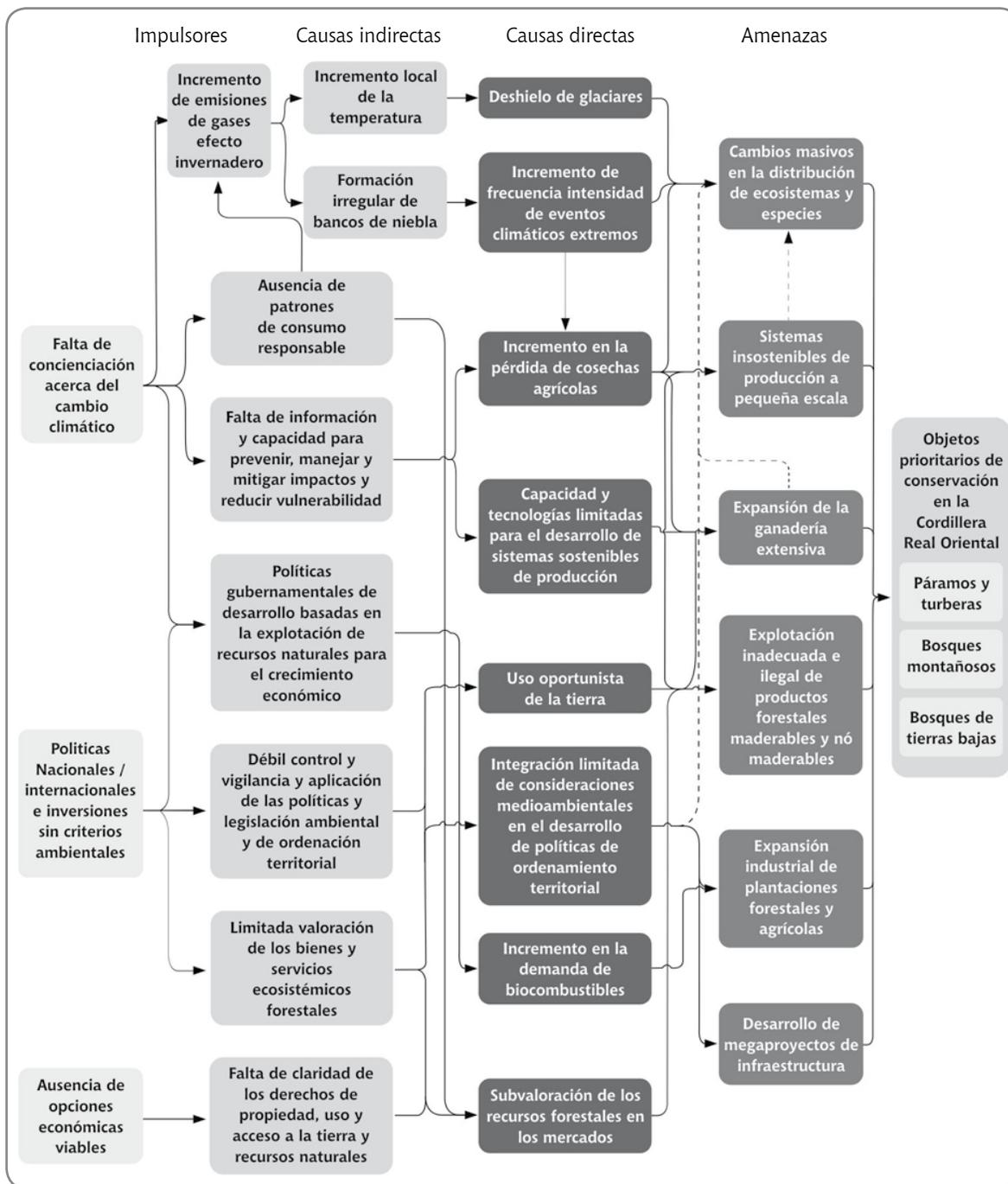


Figura 5.1. Modelo conceptual de amenazas, causas directas e indirectas e impulsores que afectan la integridad ecológica en las cuencas hidrográficas mayores de la Cordillera Real Oriental.

y agrícolas, los sistemas insostenibles de producción a pequeña escala y el desarrollo de megaproyectos de infraestructura), y 4) la capacidad sociocultural de respuesta que se desprende del marco de política

institucional existente y del nivel de concienciación ciudadana acerca de la vulnerabilidad ambiental.

La importancia relativa de las amenazas varía entre cuencas y entre unidades mayores de paisa-

je dentro de cada una de ellas. Sin embargo, una forma de examinarlas de acuerdo con su prioridad a escala regional, consiste en asignar a cada amenaza un puntaje ordinal de acuerdo con tres criterios: extensión, severidad y urgencia. El resultado de un análisis de esta naturaleza (Tabla 5.1), identifica como las amenazas más apremiantes que se deben abordar para mantener la elasticidad de los ecosistemas en las cuencas frente al cambio climático, la expansión de la ganadería extensiva, la explotación inadecuada e ilegal de productos forestales maderables y no maderables y los sistemas insostenibles de producción a pequeña escala.

Por esta razón, si bien es cierto que no podemos cambiar significativamente la exposición de un sistema ecológico al cambio climático ni su sensibilidad “natural”, en cambio sí podemos actuar sobre aquellas variables que dependen directamente de nuestras decisiones individuales y colectivas. Los sistemas de producción, el fortalecimiento de capacidades, la concienciación ciudadana y el desarrollo o ajuste de

políticas públicas y sectoriales, pueden tener consecuencias importantes en cuanto al mejoramiento de la elasticidad económica y social de los paisajes de la CRO.

Posibilidades y limitaciones para la adaptación en la CRO

A partir de las urgencias identificadas en el modelo conceptual de amenazas al mantenimiento de la integridad ecológica regional en la CRO (Fig. 5.1), los participantes en el taller regional consideraron necesario analizar las posibilidades de intervención para el desarrollo de medidas de adaptación en torno a tres grandes líneas de trabajo.

En primer lugar, es preciso asegurar el acceso a la información pertinente, clara y oportuna, con miras al manejo adaptativo de los ecosistemas; en este mismo sentido, es un requisito fundamental contar con mecanismos de socialización (difusión, comunicación, educación) efectivos, que permitan involucrar en todo momento a la mayor canti-

Tabla 5.1. Priorización de amenazas directas a los ecosistemas de montaña de la CRO.

Amenaza	Extensión	Severidad	Urgencia	Prioridad
Expansión de la ganadería extensiva	6	6	3	15
Explotación inadecuada e ilegal de productos forestales maderables y no maderables	5	4	5	14
Sistemas insostenibles de producción a pequeña escala	4	2	6	12
Cambios masivos en la distribución de ecosistemas y especies	3	5	1	9
Expansión industrial de plantaciones forestales y agrícolas	2	3	2	7
Desarrollo de megaproyectos de infraestructura	1	1	4	6

dad posible de actores sociales e institucionales en torno al desarrollo de medidas de adaptación. Un segundo grupo de acciones puede agruparse bajo el tema de la gestión pública, en cuanto los entes del Estado, junto con los sectores económicos y actores institucionales no gubernamentales, deben articular sus acciones en aras de la optimización de los recursos necesarios para el desarrollo de acciones específicas de adaptación. Por último, la identificación de acciones locales de adaptación es un componente esencial de la estrategia, dado que es preciso desarrollar acciones con base comunitaria, que tengan la perspectiva adecuada “de adentro hacia afuera”. Con el fin de asegurar este punto de vista, el

taller contó con la participación de actores locales involucrados en los ejercicios nacionales de los tres países, quienes aportaron las recomendaciones de los talleres nacionales (ver capítulo 4 en este documento).

Una vez identificadas las líneas temáticas mayores, los participantes en el taller regional llevaron a cabo un análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas para el desarrollo de las mismas (Tabla 5.2). En todas las mesas se hizo énfasis en la importancia de tomar en cuenta los desarrollos institucionales existentes en los tres países para abordar los problemas derivados del cambio climático, por lo cual en la siguiente sección se recogen los aportes de los representantes de los mi-

Tabla 5.2. Análisis FODA para la identificación de elementos prioritarios para la adaptación al cambio climático en la CRO.

Línea temática	Fortalezas	Oportunidades	Amenazas	Debilidades
Información y conocimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Información disponible. • Alto interés de generar información. • Personal altamente calificado. • Creciente conciencia de las entidades ambientales sobre la importancia de las comunicaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> • Creciente interés por articular las iniciativas existentes. • Existencia de legislación ambiental. • Existencia de canales públicos para difundir y educar en el tema. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto grado de incertidumbre. • Primacía de intereses económicos sobre aspectos ambientales. • Niveles económicos de las comunidades de la región. • Falta de conciencia ambiental. • Falta de capacitación de los medios sobre el tema de cambio climático. 	<ul style="list-style-type: none"> • Comunicadores poco capacitados/especializados. • Falta de interacción entre los que producen la información – generadores de información y los que la divulgan. • Un pobre diálogo de discurso. • Falta de articulación entre las iniciativas del Estado y de la sociedad civil. • Falta de recursos. • Falta de priorización a los temas de comunicación. • Falta de coherencia entre el mensaje que se emite y las políticas nacionales.

Línea temática	Fortalezas	Oportunidades	Amenazas	Debilidades
Gestión pública	<ul style="list-style-type: none"> • Hay un grupo a nivel regional con la participación de actores de diferentes niveles (proceso CRO) con ámbito de acción definido. • Acuerdo de 14 países sobre la importancia del tema de adaptación en el escenario internacional. • Agenda ambiental y de cambio climático de la CAN – voluntad política. • Identidad cultural de la región. • Áreas de conservación como ejes/núcleos de gestión en la CRO. • Conocimiento tradicional asociado a la conservación y uso de los recursos naturales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Existencia de iniciativas de proyecto y procesos de conservación en donde se puede articular la temática de cambio climático. • El tema de cambio climático es parte de la agenda (mayor disposición social). • Renovación política US/UE. • Lecciones aprendidas en los análisis de vulnerabilidad y línea base para la adaptación. • Fondo de adaptación. • Cambios en legislación a favor de proyectos de desarrollo. 		<ul style="list-style-type: none"> • Crisis económica, recursos económicos insuficientes. • Acuerdos económicos y políticos, bilateralismo, multilateralismo. • Orden público. • Proyectos de infraestructura. • Grandes proyectos de desarrollo que generan cambios en el uso del suelo. • Cambios y flexibilización en el otorgamiento de licencias.
Adaptación local	<ul style="list-style-type: none"> • Conocimiento de la realidad local – propuestas que nazcan de lo local. • Organización comunitaria existente. • Presencia de ecosistemas (remanente). • Existencia de buenas prácticas ambientales agrícolas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cooperación internacional con mayor interés en cambio climático. • Sacar provecho del tema del día (de moda). • Crecimiento de sensibilidad sobre el problema. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desconocimiento sobre exactamente qué es el cambio climático a nivel local. • Gobiernos locales débiles. • Débil capacidad organizativa y técnica. • Información base es poca y de mala calidad. • No hay claridad en las causas y los efectos del cambio climático. 	<ul style="list-style-type: none"> • Modelos de desarrollo – mega obras. • Actividad extractiva – minerías, otras. • Pérdida erosión cultural. • Recursos económicos pueden generar paternalismo y dependencia. • Cambios hacen más favorables las áreas geográficas para la agricultura.

nisterios de ambiente y los institutos de hidrología y meteorología de Colombia, Ecuador y Perú como marco de referencia para el desarrollo de la estrategia regional de adaptación.

Marco de referencia institucional

Los tres países que tienen parte de sus territorios en la Cordillera Real Oriental han avanzado en años recientes en el desarrollo de medidas de mitigación y adaptación al cambio climático. El Ministerio del Ambiente del Perú (Minam) se encuentra ejecutando la Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático (SCNCC) a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, dentro de la cual tiene previsto elaborar lineamientos para un Plan de Acción para la Adaptación con base en evaluaciones locales integradas en varias cuencas hidrográficas, evaluaciones de vulnerabilidad y adaptación en sectores priorizados a nivel nacional (agricultura, energía, agua y transporte) y disponibilidad de los recursos hídricos a nivel nacional y en cuencas con aporte glaciar.

Teniendo estos resultados como insumo, el Minam del Perú, por medio de su Dirección General de Cambio Climático, Desertificación y Recursos Hídricos, se encargará de diseñar el Plan de Acción de Adaptación a un corto, mediano y largo plazo, el cual será validado en ocho regiones priorizadas, en las cuales el Minam y otras fuentes cooperantes han tenido y tienen intervención en el tema. Finalmente, se validará en un taller en Lima con los integrantes de la Comisión Nacional de Cam-

bio Climático (CNCC). Esta comisión, tiene como función general realizar el seguimiento de los diversos sectores públicos y privados concernientes en la materia, mediante la implementación de los acuerdos de la Convención Marco sobre el Cambio Climático, así como el diseño y promoción de la Estrategia Nacional de Cambio Climático, cuyo contenido debe orientar e informar en este tema a las estrategias, planes y proyectos de desarrollo nacionales, sectoriales y regionales.

Por su parte, el Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE) lidera desde hace 2-3 años un proceso para definir una Estrategia Nacional de Cambio Climático. Con el apoyo del Proyecto GEF/PNUD/MAE Segunda Comunicación Nacional, el MAE durante el año 2008 efectuó una consulta en 4 ciudades para acordar, con actores claves, una propuesta de Estrategia basada en un documento elaborado anteriormente. De acuerdo con la versión entregada a los participantes de los talleres mencionados, el objetivo central de la Estrategia es abrir, en la gestión pública, opciones de decisión y acción que faciliten que la sociedad en todo el territorio haga frente consciente y organizadamente a las amenazas e impactos de las variaciones anómalas climáticas y contribuya a mitigar sus causas antrópicas.

Como elementos relevantes del documento referido, la Estrategia busca desarrollar una respuesta social integrada frente a los efectos del cambio climático que reduzca la vulnerabilidad del país y contribuya a la mitigación o limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero, incorporar la proble-

mática del cambio climático en las políticas nacionales del desarrollo sustentable, asumiendo los objetivos y metas del Plan Nacional de Desarrollo y los Objetivos de Desarrollo del Milenio, concebir la gestión sobre el cambio climático como un componente transversal de las políticas, estrategias y programas de los diversos sectores relacionados con la problemática y adoptar enfoques integrados de intervención social para hacer frente a los retos y oportunidades que genera el cambio climático, contemplando intervenciones comunes y diferenciadas entre diversos sectores de actividad, comunidades e instituciones.

Colombia produjo la primera comunicación ante la Convención Marco de Cambio Climático de las Naciones Unidas en el año 2001 y a partir de esa fecha, estableció los lineamientos de Política de Cambio Climático (2002) y creó la Oficina Colombiana para la Mitigación del Cambio Climático (2002). Dentro de las acciones orientadas al desarrollo de la Política Nacional de Cambio Climático, se ejecuta actualmente el proyecto Inap, cofinanciado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial, que tiene como objetivo definir e implementar medidas de adaptación piloto y opciones de política, que preparen al país para resolver anticipadamente los efectos negativos del cambio climático.

Lineamientos para una estrategia regional de adaptación al cambio climático en la CRO (Colombia, Ecuador y Perú)

A partir de las líneas de acción identificadas y del correspondiente análisis FODA, los participantes en el taller regional llegaron a un acuerdo respecto a la visión que debería tener la estrategia regional. Para el planteamiento de visión, se consideró importante identificar un horizonte temporal, un sujeto de acción, un objeto que refleje la complejidad ecológica y la dependencia de las comunidades locales de la base de recursos y elementos de procedimiento que orienten las acciones de la estrategia. De acuerdo con estos principios, la visión consensuada fue:

En el año 2030, las comunidades e instituciones mantienen y recuperan la integridad de los ecosistemas, la provisión de servicios y la sostenibilidad de los sistemas de producción asociados a partir de mecanismos de buena gobernanza ambiental para la adaptación al cambio climático y la adecuada formulación e implementación de políticas de estado.

Una vez definida la visión de la estrategia, los participantes, organizados en mesas de trabajo, desarrollaron los objetivos para cada línea de acción e identificaron las metas y resultados esperados que se considera pueden dar cuenta de dichos objetivos (Tabla 5.3).

Tabla 5.3. Objetivos, metas y resultados esperados de una estrategia regional de adaptación al cambio climático para la Cordillera Real Oriental

Línea de acción 1: Gestión Pública

Objetivo

Fortalecer un marco político regional con consideraciones de vulnerabilidad y adaptación de cambio climático con participación e incidencia de los actores de la CRO.

Metas	Resultados
Para el 2013 las políticas, planes, programas y proyectos son formulados e implementados con participación de un porcentaje representativo de Actores sociales e institucionales de la CRO.	<p>Las políticas públicas de los tres países se han articulado con base en el componente de vulnerabilidad y adaptación.</p> <p>Plan regional para la implementación de la estrategia de adaptación de CC entre los tres países articulada al plan de acción de la CAN.</p> <p>Posición conjunta y cohesionada de los tres países en el tema de adaptación de cambio climático fortalece e incide las negociaciones a nivel internacional.</p> <p>Actores de la CRO fortalecidos para la participación e incidencia en la formulación e implementación de políticas públicas.</p>
Para el 2020 se cuenta con un marco de política con consideraciones de vulnerabilidad y adaptabilidad, articulado para la región.	Los procesos de planificación en los tres países a nivel regional y local incorporan el componente de vulnerabilidad y adaptación.

Línea de acción 2: Adaptación Local

Objetivo

Desarrollar e incrementar capacidades y vocaciones productivas locales de las comunidades e instituciones que contribuyen a mantener y/o recuperar la elasticidad de ecosistemas al CC.

Meta	Resultados
Para 2013, los planes, programas y proyectos de infraestructura y extractivos han incluido determinantes de vulnerabilidad y adaptación a CC.	Los PPP de desarrollo local se formulan participativamente incorporando aspectos de adaptación y vulnerabilidad al CC.
Para 2013, se han implementado pilotos de mecanismos de compensación por bienes y servicios ambientales en al menos tres áreas estratégicas.	Se generan e implementan mecanismos de compensación por bienes y servicios ambientales en áreas prioritarias.
Para 2013, se han adecuado los sistemas productivos en tres áreas estratégicas mediante prácticas de conservación y manejo del suelo para minimizar los riesgos asociados al CC.	Poblaciones locales cuentan con alternativas productivas sustentables que minimizan los riesgos asociados al cambio climático.
Para 2020, se encuentran en operación sistemas locales de áreas de conservación.	Sistemas locales de áreas de conservación diseñados y articulados a los diferentes niveles de gestión y contribuyendo a mantener la funcionalidad ecológica local.

Objetivo

Fortalecer la capacidad de gestión y socialización de la información para promover e incrementar la participación ciudadana incidiendo en la toma de decisiones.

Meta	Resultados
Para 2013, el 15% de las comunidades de la Cordillera real Oriental participan e inciden en la toma de decisiones de políticas de adaptación al cambio climático.	Información disponible, oportuna y de libre acceso.
Para 2013, la cobertura del tema de cambio climático en los medios de comunicación se incrementará en 25%.	Información traducida en un lenguaje apto para cada público.
Para 2016, el 45% de las comunidades de la CRO participan e inciden en la toma de decisiones de políticas de adaptación a cambio climático.	Comunidades sensibilizadas en torno a la necesidad de adaptarse al CC.
Para 2016, la cobertura del tema de cambio climático en los medios de comunicación se incrementarán en 35%.	Información socializada de manera oportuna a medios de comunicación y sociedad civil.
Para 2020, el 60% de las comunidades de la CRO participan e inciden en la toma de decisiones de políticas de adaptación a cambio climático.	Tomadores de decisión sensibilizados y comprometidos.
Para 2020, la cobertura del tema de cambio climático en los medios de comunicación se incrementarán en 45%.	

Recomendaciones operativas para la puesta en marcha de la estrategia

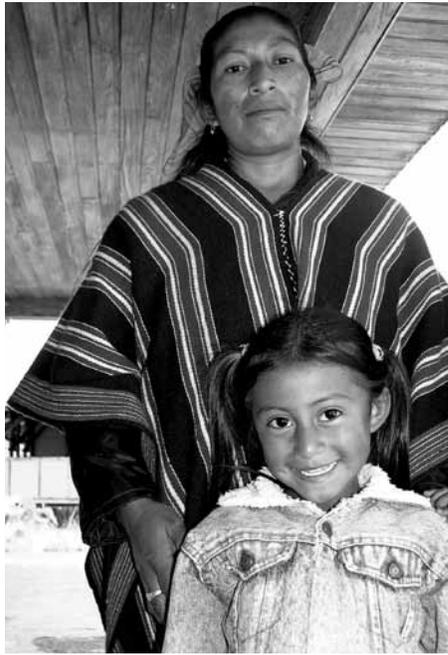
La ejecución de una estrategia de adaptación para una región tan extensa y compleja como la CRO sin duda requiere la participación y el compromiso de numerosos actores institucionales y de una amplia base de la sociedad civil. Reconociendo la magnitud de este reto, durante el taller regional celebrado en Quito en abril de 2009 se hicieron algunas recomendaciones que se presentan a continuación.

Al nivel regional, se recomendó buscar la articulación de estos lineamientos con los planes de acción de la CAN, de tal manera que se facilite la integración del trabajo que lideran los entes gubernamentales de los tres países. Esto requiere no solamente las gestiones de las organi-

zaciones que lideraron este proceso (Fundación Natura y WWF) con la CAN, sino también la gestión con los ministerios e instituciones de investigación correspondientes.

En lo que respecta al nivel nacional, el comité coordinador del proyecto “Un Paisaje Vivo” debe hacerse responsable por presentar recomendaciones para el desarrollo de la estrategia de adaptación al cambio climático (el presente documento) a las instancias de gobierno respectivas de los tres países, con el fin de que sean incorporadas en el proceso de formulación de políticas.

Por último, en la escala local es importante que las acciones identificadas en estos lineamientos estratégicos retroalimenten los procesos y planes de acción que actualmente están en marcha en las distintas cuencas de la CRO. En este sentido, tanto la Fundación Natura como



WWF y sus redes de aliados institucionales deben asumir la responsabilidad de buscar la continuidad

para el desarrollo de las acciones específicas identificadas.

Por último, en el taller regional se sugirió una estructura operativa para poner en marcha la estrategia (Fig. 5.2), conformada por el comité coordinador del proyecto “Un Paisaje Vivo”, conformado por la Fundación Natura y las oficinas de WWF en Colombia y Perú, ampliado para incorporar a los Ministerios del Ambiente de los tres países, quienes además contarán con asesores externos. Las tres instituciones representantes en cada país (Fundación Natura, WWF Colombia y WWF Perú) trabajarán las tres líneas de acción identificadas (i. e. Gestión pública, información y conocimiento y adaptación local) a nivel local y regional.

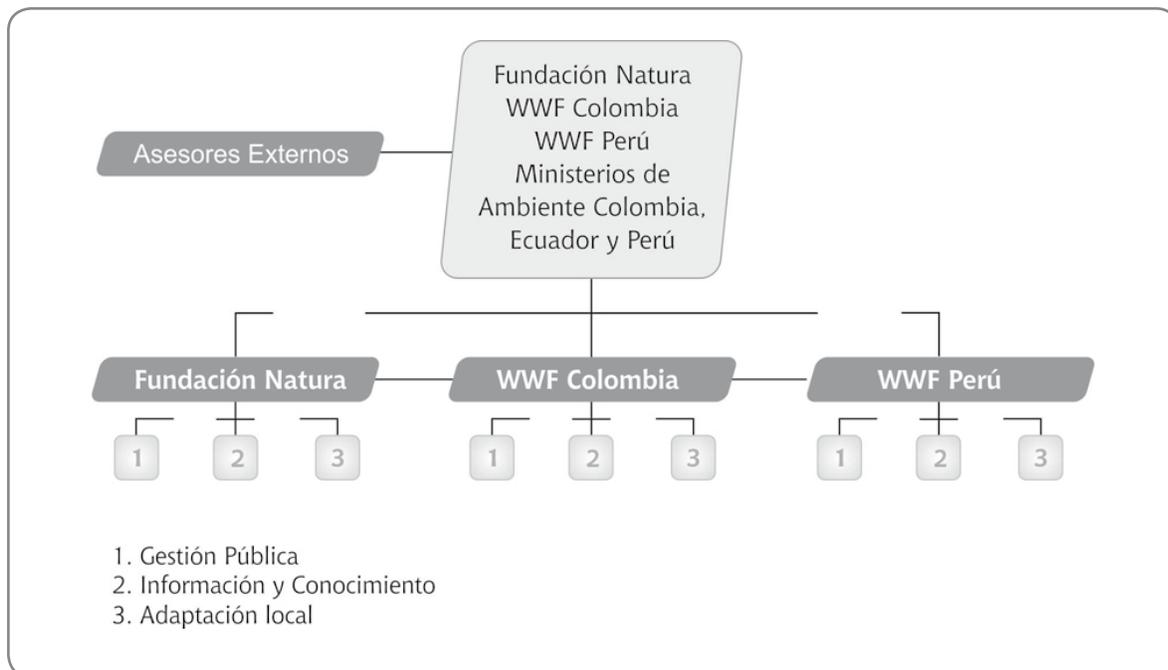


Figura 5.2. Estructura operativa sugerida para la puesta en marcha de la estrategia regional de adaptación al cambio climático para la Cordillera Real Oriental.

**Anexo 1. Lista de participantes en el taller nacional de Colombia;
Mocoa, 22-23 de septiembre de 2008.**

Nombre	Institución	Cargo
Higidio Muchavisoy	ACT	Producción
Ximena Galindez	Corpoamazonia	Bióloga
Angélica Carvajal Rueda	Programa Ondas	Bióloga- Asesora
Alberto Gaviria Benova	Radio Andaquí	Director
Luis Alberto Sandy	FAO/Naciones Unidas	Coordinador
Atanasio Garcia	CIP luna centro	Coordinador Ambiental
Luis Javier Ortega	PNUD	Biólogo
Luis Javier Muñoz	UAESPNN Santuario de Flora La Corota	Profesional Universitario
Germán Narváz Bravo	Universidad de Nariño	Docente Auxiliar
Walker Hoyos Giraldo	UAESPNN SF PMOIA	Profesional
Carlos Andrés Morales	UAESPNN - PNN Alto Fragua	
Nelson Enriquez	Productos Amazonia	
Erasmus González	Tierra Viva	
Gildardo Pastrana	Fundipaz	
Marta Isabel Vera	Club Sonora	
Kennys Capera	Fundación Tierra Viva	
Maria Rubiela Mujumboy	ACT -Mocoa	
Nora Solarte Ojeda	Corpoamazonia	
Lina Sofia Parra	UAESPNN-DTAO	
Orlando Samboni	Complejo VDJ	
César Parra	UAESPNN - AFIW	
Flavio Quintero	SMA	
Jose Evaristo Garcés	Piedemonte Andino-Amazónico	
Jose Vicente Jajoy	Cabildo Colón	
Carlos Andrés Becerra	Productos Amazonia	
Guillermo Martinez		
Carlos Páez	UAESPNN - PNN Chiribiquete	Administrador PNN
Nataly Lozada Lozada	UAESPNN	
Faiver Gómez	Asopeb CAM	Presidente
Maria Gutiérrez	Ideam	Asesor Dirección
Javier Burbano Muñoz	WWF	Consultor
José Joaquín Zambrano	CAM	Director Territorial Sur
Jeferson Rojas Nieto	UAESPNN	Administrador
Marcela Calvache Agreda	Asociación Cafeteros	
Elizabeth Tabares	Corpoamazonia	
Francyled Pizo	Amuboc	Promotora WWF
Lucy Enith Román	WWF	Promotora

Anexo 2. Lista de participantes en el taller nacional de Ecuador.

Nombre	Institución/ Proyecto
Saant José Naikat V.	CGPSHA
Verónica Crespo Pérez	PUCE/IRD/Manejo de plagas de papa
Jean Christophe Pooget	IRD/Fonag AguAndes
Jorge Castillo	Gobierno Provincial Pastaza
Lester Pérez	INAMHI
Juan Carlos Romero	Ecobona/Intercooperation
Gonzalo Ontaneda	INAMHI
Teresa Palacios	MAE - DNCCPCS
Olivier Dangles	PUCE - IRD
Carolina Zambrano	UICN - Consultora
Antonio Cadena	Municipio Baños
Oscar Yépez	Fundación Natura
Fausto Alarcón	PACC - Ecuador GEF/PNUD/MAE
Marcela Aguirre	Fondo Ambiental Nacional (FAN)
María Belén Herrera	Profafor
Doris Benavides	PRAA
Diana Taipe	USF
Segundo Jadán	Ministerio del Ambiente
Luis Fernando Jara	Profafor
Marco Venegas	Comisión Europea
Pablo Lloret	Fonag
Verónica Arias	<i>The Nature Conservancy (TNC)</i>
Juan Molina	INAMHI
Galo Medina	Intercooperación/Ecobona
Sergio Lasso	Ministerio del Ambiente
Juan Recalde	Senagua
Dunia Armijos	Mancomunidad Amazonia Sur
Rafael Guamán	Senagua
Verónica Morales	Senagua
Luis Cáceres	Segunda Comunicación Nacional
Elba Fiallo-Pantziou	Fundación Natura
Óscar Yépez	Fundación Natura
Nataly Cáceres	Consultora Fundación Natura
César Freddy Suárez	WWF Colombia
Jorge Núñez	Proyecto PRAA

Anexo 3. Lista de participantes en el taller nacional de Perú.

Nombres	Procedencia, Institución y/o organización
Luis Alberto Adrianzén	Ocupa C.C.S.M.T. Presidente de la comunidad
Felipe Alberca Yajamanco	San Ignacio, Unicafec
Cecilia Álvarez Vega	Lima, WWF
Edwin Erasmo Arellano Arias	San Ignacio, Especialista UGEL
Laura Avellaneda Huamán	Lima, Minam
Iris Bautista Fañañan	Jaén, Pidecafe
Alcides Horéstedes Bringas Durán	San Ignacio, Agencia Agraria
Elar Calle Huamán	Jaén, VIMA
Alexander Campos Flores	C.C.S.M.T., SNTN
Lorena Carrasco Alegre	Lima, Libélula
Franklin Carrión García	San Ignacio, Municipalidad Ecológica Provincial
Juan Carrizón García	La Coipa, Comité de vigilancia del presupuesto participativo
Aristóbol Castillo Togas	San Ignacio
Magaly Roxana Cervantes Tocto	Tabaconas, Taller de costura
Delia Cieza Alarcón	Jaén, PROSNTN
Maite Cigarán Tolmos	Lima, Libélula
Cecilia Erlinda Colala Meza	San Ignacio
Fredy Contreras Adrianzén	C.C.S.M.T., Ronda comunal
Antonio Córdova López	C.C.S.M.T. Municipalidad
César Cosas Villanueva	San Ignacio, INRENA
Reni Díaz Aguilar	Lima, WWF
Elix Gálvez Meredia	San Ignacio, PNP-SI
Luis García García	San Ignacio, SUTEP-SI
Marcos Goysueta Valencia	San Ignacio, Presidente MCLCP-SI
Zarela Flor Granda Calle	San Ignacio, DIRCETUR-SI
Julia Huamán Curitumay	Jaén, Cáritas
Manuel Florentino Huamán Huayana	Tabaconas, Municipalidad
Rafael Huamán Tinoco	Jaén, PIDECAFE
Nemecio Roberto Juárez Huertas	San Ignacio, UGEL
Walter La Torre Tocto	Tabaconas, WWF
Nelson Larrea Valencia	Piura, PDRS - GTZ
Alejandro Larreátegui Lalangui	Huarango, Formador ambiental
Vicente Segundo López Peña	San Ignacio, UGEL
Evelio Lozado Ocupa	Tabaconas, SNTN
Leopoldo Macera Mesones	Lima, Libélula
Martín Marigorda Román	San Ignacio, SNTN
José Luis Mena Obregón	Lima, WWF

Nombres	Procedencia, Institución y/o organización
Giuliana Merino Guerrero	Jaén, Cáritas - PBCH
Lady Diana Neira Flores	San Ignacio, Cáritas - PBCH
Segundo Hernando Neyra Alberca	San Ignacio, SERNANP - SNTN
Miguel César Novoa Campos	San Ignacio, MCLCP
Lelis Núñez Neira	San Ignacio, OMAPED - MEPSI
Agustín Núñez Sarmiento	San Ignacio, Gobernación
Leoncio Ocupa Campos	San Ignacio, SNTN
Henry Oliva Contreras	Jaén, Cáritas - PBCH
David Santos Passapera Portillo	San Ignacio, Radio Estudio 97
Miguel Pérez Vásquez	San Ignacio, SNTN
Seleny Picón Camacho	San Ignacio, MCLCP
Teodonisio Pintado Baique	San Ignacio, SAIACH
Jaime Puicón Carrillo	Cajamarca, GTZ
Marino Quiroz Adriano	Jaén, Cáritas - PBCH
Yannina Ramírez Tafur	San Ignacio, SAIACH
Roger Remigio Chinguel	San Ignacio, Promotor ambiental
Eva Requejo Carranza	Chiclayo, Proyecto Olmos
Alexánder Roncal Pérez	San Ignacio, Agencia Agraria
Gabriela Rosas Benancio	Lima, SENAMHI
Victor Fernando Saavedra Hernández	San Ignacio, Especialista UGEL
Omar Saavedra Urcia	San Ignacio, PRONAA
Elsi Sandoval Meléndres	Chiclayo, Proyecto Olmos
Priscilla Solórzano Larreatigue	San Ignacio, C.G. SNTN
César Suárez	Colombia, WWF
Félix Taki Bazán	C.N. Awajún, Formador ambiental
Eduar Tantaleán Saavedra	San Ignacio, Secretario técnico de la MCLCP
Mercedes Teodomiro	
José Tirabante Linares	San Ignacio, ITDG
Darwin Arquímedes Torres Berrú	San Ignacio, Inrena
Mario Vásquez Lozada	Jaén, PEJSIB
Adolfo Vásquez Quiroz	Jaén, Cáritas - PBCH
Janet Velásquez Caro	Jaén, Municipalidad Provincial
Raúl Zapata Revoredo	Chiclayo, Empresa de transporte Turismo ZAR
Elianita Zavaleta García	San Ignacio, Bosques Verdes
Regina Zegarra Quijano	San Ignacio, SERNANP - SNTN
Segundo Zulueta Irejón	Jaén, PEJSIB

Anexo 4.
Agenda del taller regional de adaptación al cambio climático en la CRO.



TALLER:
Elementos para la construcción de la estrategia de adaptación al cambio climático en la Cordillera Real Oriental
Quito 16 y 17 de abril 2009

AGENDA

Miércoles, 15 de abril de 2009

Llegada de los participantes a Quito



Jueves, 16 de abril de 2009

08:30 - 09:00	Apertura del taller
09:00 - 09:30	Avances en la estrategia Andina de Cambio Climático MARIELA CÁNEPA, Comunidad Andina (CAN)
09:30 - 09:40	Iniciativa “Un Paisaje Vivo: Conservación, Integración Regional y Desarrollo Local en la Cordillera Real Oriental de Colombia, Ecuador y Perú” ELBA FIALLO-PANTZIOU, Fundación Natura
09:40 - 10:00	Análisis de Vulnerabilidad al Cambio Climático en la Cordillera Real Oriental CÉSAR FREDDY SUÁREZ, WWF Colombia
10:00 - 10:15	Preguntas
10:15 - 10:30	Receso
10:30 - 11:15	Síntesis de las iniciativas de adaptación en la región andina y resultados de los talleres nacionales MARIA CIGARÁN, Libélula, Perú JAVIER BURBANO, Colombia Ing. GONZALO ONTANEDA, INAMHI -Ecuador
11:15 - 12:15	Planes nacionales de Cambio Climático Ministerio del Ambiente de Perú TERESA PALACIOS, Ministerio del Ambiente de Ecuador JASON GARCÍA, Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia
12:15 - 12:30	Preguntas



12:30 - 14:00	Almuerzo
14:00 - 14:30	Acuerdos fundamentales sobre cómo se debe llevar a cabo el proceso (condiciones claves, posibles sinergias y medidas de éxito) Presentación modelo conceptual y conformación de grupos LUIS GERMÁN NARANJO, WWF Colombia
14.30 - 18:00	Mesas de trabajo
18:00 - 18:15	Conclusiones de las mesas de trabajo

Viernes, 17 de abril de 2009

08:30 - 09:00	Revisión de avances del día anterior
09:00 - 12:00	Mesas de trabajo
12:00 - 12:45	Presentación de resultados
12:45 - 14:00	Almuerzo
14:00 - 16:30	Mesas de trabajo
16:30 - 17:30	Discusión en plenaria y conclusiones

Sábado, 18 de abril de 2009

Regreso de los participantes a sus países.

**Lista de Participantes en el Taller
“Elementos para la Construcción de la Estrategia de Adaptación
al Cambio Climático en la Cordillera Real Oriental”**

Quito, 16 y 17 de abril de 2009

Nombre	Institución	País
Alexandra Gómez	WWF	Colombia
Ana María Núñez	Ministerio de Ambiente	Ecuador
Andrea Michelson	UICN – Sur	Ecuador
Belén Durán	MAE - SGCA	Ecuador
Carlos Chingal	Fundación Opción Putumayo	Colombia
Carolina Zambrano	FFLA	Ecuador
Cecilia Álvarez	WWF	Perú
Cesar Suárez	WWF	Colombia
Cristina Félix	Conservación Internacional	Ecuador
Delia Acuña	SENAMHI	Perú
Diego Rodríguez	Ministerio de Ambiente	Ecuador
Eduar Tantaleán	MCLCP – San Ignacio	Perú
Elba Fiallo	Fundación Natura	Ecuador
Eloy Alfaro	Camaren	Ecuador
Fausto Alarcón	PACC- Ministerio de Ambiente	Ecuador
Filippo del Gazzo	TRAFFIC	Ecuador
Giannina Zamora	Ecociencia	Ecuador
Gonzalo Ontaneda	INAMHI	Ecuador
Ilvia Niño	WWF	Colombia
Jairo Plazas	Parques Nacionales	Colombia
Jason García	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Colombia
Javier Burbano	Fundación Opción Putumayo	Colombia
Joerg Elbers	UICN – Sur	Ecuador
Jorge Rivas	Fundación Natura	Ecuador
José Luis Mena	WWF	Perú
José Naikat	CGPSHA	Ecuador
Katherina Echeverría	Comisión Unión Europea	Ecuador
Kjeld Nielsen	WWF	Perú
Luis Alfonso Ortega	PNUD	Colombia
Luis Germán Naranjo	WWF	Colombia
Maite Cigarán	Fundación Libélula	Perú
Marcos Villacis	EPN	Ecuador



Nombre	Institución	País
Mariela Cánepa	Comunidad Andina de Naciones	Perú
Mary Lou Higgins	WWF	Colombia
Oscar Yépez	Fundación Natura	Ecuador
Pedro Simón Lamprea	Ideam	Colombia
Robert Samaniego	Fundación Natura	Ecuador
Teresa Palacios	Ministerio de Ambiente	Ecuador
Verenice Sánchez	Reconocer	Colombia
Verónica Arias	The Nature Conservancy	Ecuador
Victor López	Ecociencia	Ecuador
Xavier Segovia	Senagua	Ecuador
Ximena Barrera	WWF	Colombia

Esta publicación recoge resultados de los esfuerzos de la Fundación Natura y WWF por asegurar el mantenimiento de la integridad ecológica de los ecosistemas de montaña de la Cordillera Real Oriental de Colombia, Ecuador y Perú. Estudios técnicos que modelan los impactos esperados de las variaciones futuras del clima a la escala de las cuencas hidrográficas principales, sirvieron como punto de partida para llevar a cabo análisis de riesgos y amenazas con actores sociales e institucionales de los tres países. Gracias a este enfoque participativo, fue posible identificar acciones locales de adaptación para integrarlas en unos lineamientos estratégicos con alcance regional.

Con el apoyo de:

MACARTHUR
The John D. and Catherine T. MacArthur Foundation

DFID Ministerio Británico para el Desarrollo Internacional

hp HEWLETT
PACKARD

