LA AGRICULTURA ANDINA FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO

PNUMA

Frankfurt School
UNEP Collaborating Centre
for Climate & Sustainable Energy Finance

MEBA
microfinanzas para la adaptación
basada en ecosistemas

Fomentado por el:

Ministerio Federal
de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza,
Obras Públicas y Seguridad Nuclear

en virtud de una resolución del
Parlamento de la República Federal de Alemania

Título: *La agricultura andina frente al cambio climático.*

Editores: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Oficina Regional para América Latina y el Caribe / Frankfurt School-UNEP Collaborating Centre for Climate and Sustainable Energy Finance.

Coordinación y edición: Jacinto Buenfil, coordinador general del proyecto MEbA.

Desarrollo de contenidos: Milepost Consulting, Jacinto Buenfil, Christoph Jungfleisch.

Diseño, ilustraciones y diagramación: Óscar Alonso.

Fotografías: Carlos Membreño.

Año: 2014

Forma de citar: PNUMA-ORPALC / FS-UNEP Centre. (2014). *La agricultura andina frente al cambio climático*. Documento del proyecto *Microfinanzas para la adaptación basada en Ecosistemas (MEbA)*. Panamá.

LA AGRICULTURA ANDINA FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO

Productores de Rocoto terminando el día, Villa Rica, Perú. Foto C. Membreño

Índice

Presentación 7
Objetivos de este documento 8
1. El cambio climático 9
1.1. Las causas del cambio climático 9
Cambio climático y cambio de uso de suelo 13
1.2. Consecuencias del cambio climático 13
Escenarios climáticos 13
Principales consecuencias, cambios actuales y futuros 14
Cambio climático y ecosistemas 16
1.3. Riesgo, vulnerabilidad y adaptación 17
El riesgo climático en el contexto del proyecto MEbA 19
2. La agricultura andina y el cambio climático 21
2.1. Clima y ecosistemas en los Andes 21
2.2. La agricultura andina 24
Cambio de uso de suelo, agricultura y cambio climático 26
2.3. Impacto del cambio climático en los servicios ecosistémicos andinos 29
Abastecimiento de agua y regulación hídrica 29
Formación de suelo 30
Biodiversidad 31
2.4. Impacto del cambio climático en la agricultura andina 32
3. Las alternativas 37
3.1. Panorama de adaptación para la agricultura 37
3.2. Adaptación basada en Ecosistemas 40
3.3. El rol de las microfinanzas para promover la adaptación basada en ecosistemas 46
Enfoques de las microfinanzas 46
Las microfinanzas en Colombia y Perú 46
Microfinanzas y clima 47
El proyecto MEbA 50
Productos y servicios MEbA 52
Políticas públicas 52
Conclusiones 53
Glosario 54
Bibliografía 57

Cultivos de cebolla en el páramo de Berlín, Santander. Foto C. Membreño

Presentación

El proyecto *Microfinanzas para la Adaptación basada en Ecosistemas* (MEbA, por sus siglas en inglés) tiene el objetivo de brindar acceso a productos y servicios microfinancieros que permitan a las poblaciones rurales y peri-urbanas de la región andina de Colombia y Perú realizar inversiones para mejorar prácticas productivas, incrementar ingresos y conservar ecosistemas. La intención es que las acciones promovidas por el proyecto aumenten la resiliencia de pequeños agricultores ante los efectos del cambio climático, a través de la diversificación de cultivos, ingresos y actividades, y por lo tanto se reduzca su vulnerabilidad. Dado que la vulnerabilidad al cambio climático es una función de múltiples factores que se interrelacionan, el proyecto MEbA se enfoca principalmente en atender dos aspectos de la misma: garantizar que se mantengan o fortalezcan los servicios ecosistémicos de los cuáles depende la subsistencia de las personas y brindar opciones para mejorar sus condiciones socioeconómicas.

El énfasis del proyecto en la agricultura se debe a que en la región andina este sector es la principal fuente de ingresos de los pobladores. Dada su estrecha relación con el clima, la agricultura – particularmente aquella enfocada en subsistencia y de pequeña escala – es altamente sensible a los efectos del cambio climático. Los pequeños agricultores andinos actualmente carecen de opciones financieras; en parte debido al riesgo que implica para las instituciones crediticias atender este segmento de la población. Pero debido a la relativa saturación y la alta competencia en el mercado del micro-crédito urbano, el lograr una mayor penetración en el sector rural representa una oportunidad para las microfinanzas. El éxito depende del grado en que se logre disminuir el riesgo en sus distintos componentes.

En consecuencia, el proyecto MEbA busca, por un lado, que el riesgo climático y productivo de los agricultores disminuya al disponer de opciones de adaptación con base en un uso y manejo sustentable de los recursos y servicios ecosistémicos. Por el otro, que el riesgo crediticio de las instituciones de microfinanzas (IMFs) se reduzca al incorporar la evaluación de variables climáticas dentro de su metodología crediticia, y al contar con una cartera de clientes mejor preparados para afrontar la variabilidad del clima. Hasta el momento cinco IMFs se han comprometido para intentar probar dicho planteamiento: Bancamía, Contactar y Crezcamos, en Colombia, y Fondesurco y Solidaridad en Perú.

Además de los elementos arriba mencionados, que implican asistencia técnica y capacitación tanto a las IMFs asociadas como a los pobladores de la región andina, el proyecto MEbA trabaja con los gobiernos de Colombia y Perú en el desarrollo de políticas públicas que capitalicen el potencial de las alianzas público-privadas para catalizar la adaptación al cambio climático. En la medida en que los esquemas de mejores prácticas productivas y mantenimiento de la infraestructura natural se integren dentro de las estrategias y planes para la adaptación al cambio climático, los países socios podrán garantizar una mayor resiliencia de su población. Si a este planteamiento se suma el sector micfofinanciero con la capacidad de replicar y masificar alternativas sustentables, se puede reducir la brecha del financiamiento para la adaptación y mejorar las condiciones de vida de los pequeños agricultores andinos.

Objetivos de este documento

El objetivo de la presente publicación es de dar un marco de referencia sobre los temas y conceptos clave que se manejan en el proyecto MEbA, particularmente los relacionados con cambio climático, adaptación, ecosistemas y microfinanzas. También se enfoca en caracterizar la región andina, sus ecosistemas y la actividad agrícola que ahí se desempeña. Por último, destaca el papel del sector microfinanciero para promover la adaptación al cambio climático, con particular énfasis en enfoques sustentables. Este documento será la base de las campañas y los materiales de concientización que se desarrollen en el proyecto para que la población andina esté enterada de los efectos el cambio climático en sus actividades, así como de las posibles alternativas de respuesta. Sobre todo, se ha pensado como herramienta de apoyo que ayude a los tomadores de decisión de las IMFs asociadas al proyecto a desarrollar productos financieros y los materiales de mercadeo respectivos. Finalmente, es un complemento a la publicación *Microfinanzas para la adaptación basada en ecosistemas: opciones, costos y beneficios* en donde se caracterizaron 40 medidas potenciales que podrían ser implementadas en el contexto del proyecto.

El primer capítulo se enfoca en definir las causas y consecuencias del cambio climático en el contexto global. Resalta la diferencia entre cambio climático y variabilidad climática, entre adaptación y mitigación, entre vulnerabilidad, amenaza y riesgo, así como entre las distintas familias de escenarios de emisiones. Hace una introducción a los efectos del cambio climático en los ecosistemas y a la contribución del cambio de uso de suelo tanto a la fragmentación de ecosistemas como a las alteraciones del clima. Una sección está dedicada a explicar la forma en que el riesgo climático se caracterizó en el marco del proyecto MEbA.

El segundo capítulo aborda el tema central del documento. Describe la región andina, los ecosistemas presentes y la agricultura que ahí se desarrolla. Hace énfasis en los efectos del cambio climático sobre las actividades agrícolas y los servicios ecosistémicos que las sustentan. Los cambios potenciales de aptitud en las zonas de cultivo de papa y café se presentan en detalle. Resalta también el papel que juega la agricultura en el cambio de uso de suelo, la transformación de los sistemas naturales y el cambio climático. En particular, describe cómo las buenas y malas prácticas agrícolas pueden tener efectos sinérgicos positivos y negativos, respectivamente, en los ecosistemas y el clima.

El tercer capítulo presenta las opciones de respuesta; es decir, describe el panorama existente de adaptación al cambio climático. Define los distintos tipos de adaptación y se centra en las alternativas basadas en ecosistemas. A través de un par de ejemplos, resalta los beneficios que ofrece dicho enfoque para aumentar la resiliencia de las actividades productivas y la población andina. Establece el vínculo entre microfinanzas, clima, riesgo y adaptación basada en ecosistemas. Caracteriza las microfinanzas rurales y la necesidad de integrar el riesgo climático en las evaluaciones de crédito. Finalmente, presenta el enfoque metodológico del proyecto MEbA y hace un primer esbozo de la dirección que tomarán los productos y servicios microfinancieros propuestos.

Al final del documento hay un breve glosario con algunas definiciones de los conceptos clave que se mencionan en esta publicación. La mayoría de ellas fue extraída de documentos oficiales y en algunos casos se tomaron las descripciones más aceptadas en el argot de cambio climático y ecosistemas.

1 El cambio climático

1.1. Las causas del cambio climático

Las variaciones climáticas se han dado a través de la historia en escalas de tiempo que van desde varios años hasta milenios. Por lo tanto, el clima nunca ha sido estático. Sin embargo, en la actualidad existe un consenso científico en torno a la existencia de una alteración climática global, como evidencian ya los aumentos observados en el promedio global de la temperatura del aire y del océano, el deshielo extensivo de los glaciares y el aumento del nivel medio del mar (IPCC 2007a). Esta alteración climática global, llamada cambio climático, denota una variación estadísticamente significativa, ya sea de las condiciones climáticas medias o de su variabilidad, que se mantiene durante un período prolongado – generalmente durante decenios o por más tiempo – (IPCC 2014a). El Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) en su último informe (2014a) destaca que es muy probable que la influencia humana sea la causa dominante del cambio climático.

Figura 1. El efecto invernadero. Fuente: US EPA (2012b).

El cambio climático, tal como se describe en la definición del IPCC, no debe confundirse con la variabilidad climática a diferentes escalas temporales y espaciales. La variabilidad climática es un factor que siempre ha existido como consecuencia de los diversos fenómenos naturales. Entre las variaciones climáticas más destacables figura la Oscilación del Sur El Niño (ENSO) y su fase opuesta La Niña. Se denomina El Niño a la presencia de aguas anormalmente cálidas (más de 0,5°C por encima de lo normal) en la costa occidental de Sudamérica por un período mayor a tres meses consecutivos. Al contrario, La Niña se caracteriza por temperaturas de la superficie del océano inusualmente frías en la parte central y oriental del Pacífico tropical (WMO 2007; Comunidad Andina s/f). El Niño y La Niña influyen en la temperatura y las precipitaciones estacionales en muchas partes del mundo, a través de los efectos de las lluvias tropicales en la atmósfera superior. En esta oscilación, algunas zonas sufren de sequía mientras que otras reciben lluvias abundantes (CCAFS 2014).

De manera general, el calentamiento global y los subsecuentes cambios en el clima actual se deben a la acumulación en la atmósfera de gases de efecto invernadero (GEI), los cuales ejercen la función de una capa que impide el paso de radiaciones que deberían ser reflejadas fuera del planeta (Figura 1). El efecto invernadero es en sí un fenómeno natural, esencial a la presencia de vida sobre la Tierra: permite que el planeta no se enfríe demasiado durante la noche, pues de lo contrario la vida de muchos organismos (incluyendo a los seres humanos) sería imposible. Por consiguiente, en el discurso sobre el cambio climático, no se señala el efecto invernadero en sí, pero más bien la acción exacerbada del efecto invernadero causada por la superproducción de GEI.

Entre los principales GEI se encuentran el vapor de agua, el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O), el hexafluoruro de azufre (SF_6) y los clorofluorocarbonos (CFC). Tanto de origen natural como antropogénico, estos gases no tienen

GEI	Efecto Potente* (durante 100 años)	Longevidad en la atmosfera (años)	Fuente (de manera enunciativa)
Dióxido de carbono (CO_2)	1	Variable	Deforestación, uso de combustibles fósiles (transporte, energía, agricultura).
Vapor de agua (H_2O)	≥ 2	Indefinida	Origen natural.
Bromuro de metilo (CH_3Br)	5	0,7	Plaguicida, fumigante.
Metano (CH_4)	21	Entre 9 y 15	Sistemas de gas natural y petróleo, agricultura de arroz, ganadería, vertederos.
Metilcloroformo (CH_3CCl_3)	146	5	Disolvente de grasa industrial.
Óxido nitroso (N_2O)	310	120	Producción de nylon, suelos cultivados, quema de biomasa.
Tetracloruro de carbono (CCl_4)	1400	26	Extintor, producción de refrigerantes.
Hexafluoruro de azufre (CF_6)	23 900	3200	Aislante en los sistemas de distribución de electricidad.
Clorofluorocarbonos CFCs (11, 12, 113, 114, 115) (CCl_xF_x)	Entre 85 y 4750	Entre 45 y 10 900	Propulsor en aerosoles, refrigerantes.
Fluoruro de azufre (F_2O_2S)	Desconocido	Desconocido	Fumigante (post-cosecha).

** El efecto potente es un índice que denota la capacidad de un gas de efecto invernadero para calentar la atmosfera, y se mide en función de la capacidad de dióxido de carbono (que tiene el valor 1).*

Tabla 1. Principales Gases de Efecto Invernadero. Fuente: California Environmental Protection Agency (2004), Held y Soden (2000), IPCC (2007b).

la misma potencia de retención de calor (efecto potente) ni la misma longevidad en la atmosfera. Por lo tanto, como lo muestra la Tabla 1, su rol en el calentamiento global varía considerablemente.

El CO_2 es el GEI al que más atención se le ha prestado debido a su acelerado aumento desde la revolución industrial hasta nuestros días (un aumento del 70% entre 1970 y 2004). Además de su liberación por causas naturales, el CO_2 es producido por la quema de combustibles fósiles (relacionada con la generación de energía, el transporte, la producción de plásticos, la agricultura, entre otros); por la deforestación y degradación de bosques; por la producción de agroquímicos, y un sinnúmero de actividades económicas que dependen del uso de petróleo y sus derivados. Tal como lo indica la Figura 2, la cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera está estrechamente relacionada con el aumento de la temperatura global. El metano es otro gas que posee un alto potencial de efecto invernadero ya que tiene un efecto de retención de calor veintiún (21) veces más potente que el CO_2. Aproximadamente el 60% de fuentes de emisiones antropogénicas de metano proviene de la agricultura, minas de carbón y vertederos, mientras el resto son de fuentes naturales, principalmente de pantanos, hidratos de gas, termitas y de las capas de hielo permanente (*permafrost*) (Asociación Methane to Markets 2008; Carmona *et al*. 2005).

En suma, la contribución de las actividades humanas al cambio climático es, hoy en día, un factor comúnmente aceptado y sustentado por amplia evidencia científica.

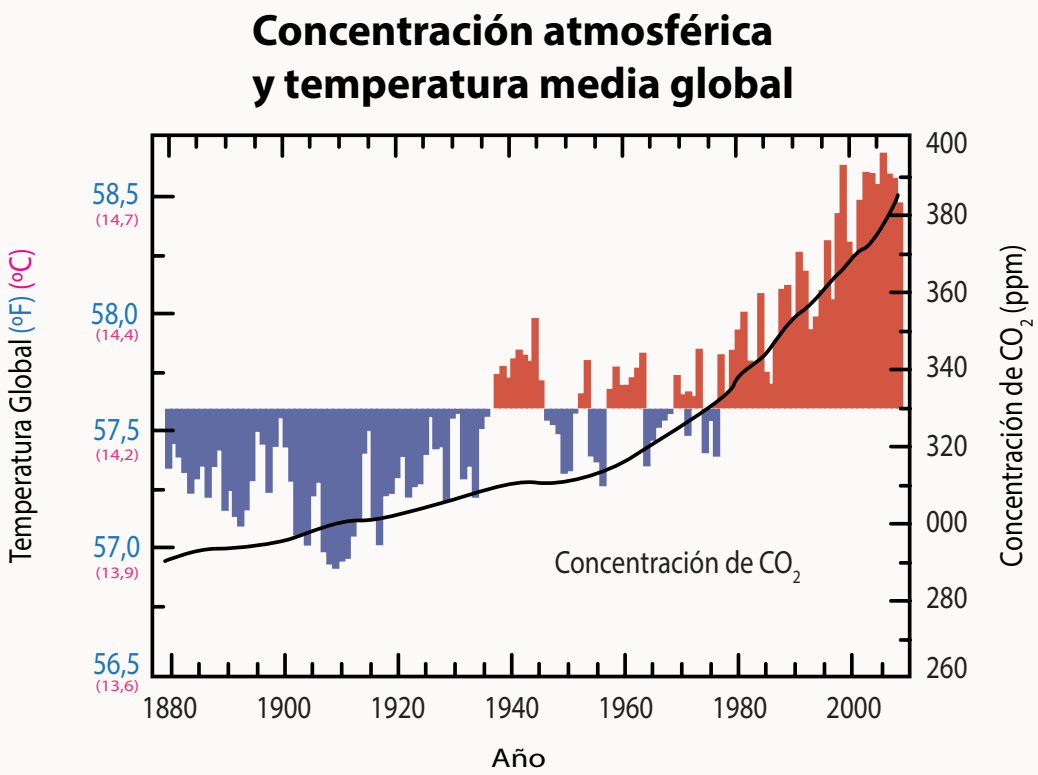
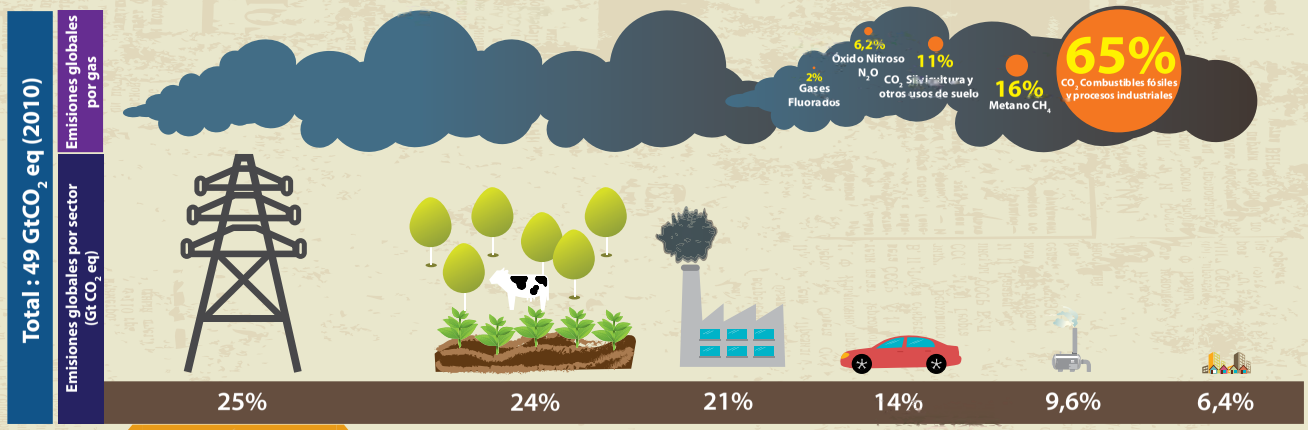


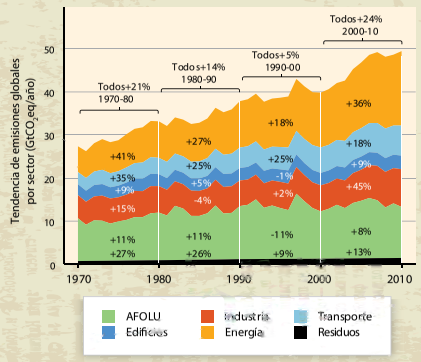
Figura 2. Concentración atmosférica de CO_2 y temperatura media global. Fuente: Karl et al. (2009).

Emisiones globales y actividades humanas



*Agricultura, Silvicultura y Otros Usos del Suelo

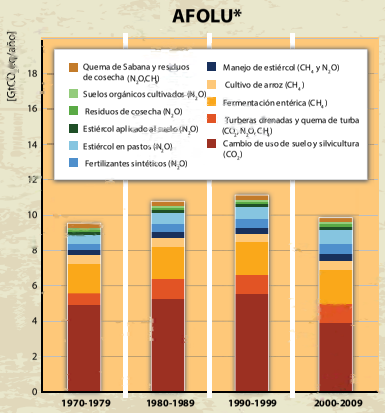
La producción de energía eléctrica genera la cuarta parte de las emisiones globales, pero esta energía es para uso de otros sectores (emisiones indirectas).



A pesar de los esfuerzos para reducir emisiones, éstas siguen creciendo. Es clave promover cambios individuales en patrones de consumo y mayor conciencia colectiva para conservar, restaurar y reforestar ecosistemas.

Fuente: US EPA (2014), IPCC (2014b).

El sector AFOLU (agricultura y cambio de uso de suelo) ocupa el segundo lugar en emisiones globales. Esto muestra el gran potencial que existe para mejorar prácticas productivas y restaurar bosques.



Cambio climático y cambio de uso de suelo

Tal como los seres vivos que sostiene (microorganismos, plantas, árboles), el suelo representa un gran almacén de carbono. De hecho, el suelo contiene más del doble de carbono que la atmósfera y tres veces la cantidad que almacenan los organismos vivos (IPCC 2001a). Sin embargo, en caso de un manejo inadecuado, el suelo puede comportarse como emisor de CO_2. Es decir, el cambio de uso del suelo, por ejemplo al deforestar un terreno para darle uso agrícola, aumenta las emisiones de gases de efecto invernadero y por lo tanto contribuye al cambio climático. Actualmente se estima que el cambio de uso de suelo genera el 24% de las emisiones mundiales de CO_2 (IPCC 2014b).

El uso de suelo también determina ciertas características esenciales de la superficie terrestre como la humedad, la regulación hídrica y térmica así como los flujos de masa (vapor de agua o CO_2) y de energía (calor). A medida que cambian los patrones de ocupación del suelo estas características se alteran, ocasionando cambios en las condiciones climáticas: "cuando los ecosistemas terrestres se modifican sustancialmente (en términos de cobertura vegetal, biomasa, fenología o grupo dominante de vegetación), ya sea a través de los efectos del cambio climático o por medio de otros mecanismos, como la conversión a la agricultura o los asentamientos humanos, los climas locales, regionales y mundiales también son afectados" (IPCC 2014a). Por ejemplo, la tala a gran escala y la consecuente reducción de transpiración pueden resultar en una menor formación de nubes y de lluvia y en el aumento de sequías. Asimismo, la degradación de la vegetación en cuencas altas propicia que las inundaciones y la sequía tengan impactos más severos en las partes bajas. Inversamente, los cambios en el clima inciden en la cobertura vegetal a través de sus efectos sobre la temperatura, los patrones de precipitación y la radiación solar que condicionan el desarrollo de las especies.

1.2 Consecuencias del cambio climático

Escenarios climáticos

La evaluación de los impactos futuros del cambio climático se basa principalmente en el uso de escenarios de emisiones (comúnmente llamados SRES, por las siglas en inglés del reporte del IPCC en el que fueron incluidos). Estos escenarios exploran diferentes vías alternativas de desarrollo en términos de uso de energía, de crecimiento poblacional y de desarrollo económico, entre otros factores. Como resultado de la integración de dichas variables presentan tendencias de emisiones de GEI y que se incorporan en Modelos de Circulación General (MCG) para estimar potenciales cambios en el clima.

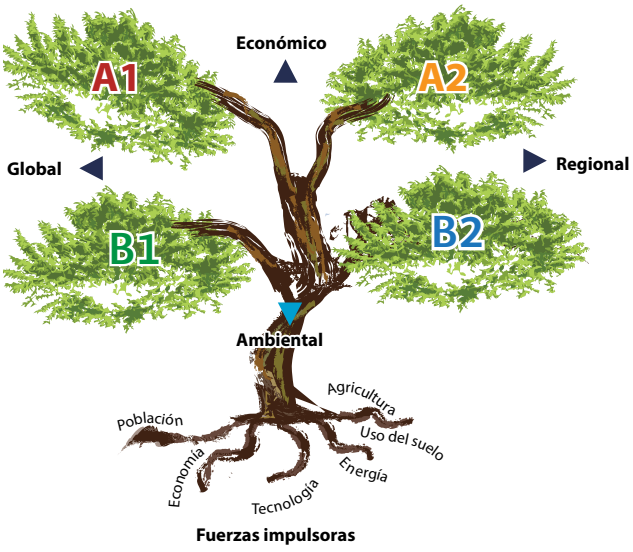


Figura 3. Dimensiones y familias de escenarios de emisiones. Fuente: IPCC (2001b).

Esos escenarios de emisiones futuras han sido elaborados con base en cuatro dimensiones (Figura 3) en las que A representa un desarrollo globalizado, B representa un desarrollo regionalizado, 1 se refiere al crecimiento económico y 2 a la protección am-

biental, dando origen a cuatro familias principales de escenarios, las cuales suponen un patrón único de emisiones[1]:

A1: Crecimiento demográfico y económico muy rápido pero con una rápida introducción de tecnologías más eficientes;

A2: Un mundo muy heterogéneo basado en la preservación de las identidades locales, y un crecimiento económico per cápita y cambio tecnológico fragmentados y lentos;

B1: Uso más eficiente de energía y un desarrollo tecnológico más pronunciado;

B2: Un mundo con población que aumenta sistemáticamente pero a una tasa menor que en el escenario A2. El énfasis se pone en las soluciones locales dirigidas hacia la sostenibilidad social, económica y ambiental.

El uso de escenarios y su aplicación en diferentes Modelos de Circulación General es fundamental para una mejor comprensión de la repartición de los impactos del cambio climático a nivel global, así como para la elaboración de políticas y de programas de adaptación y mitigación. Sin embargo, la resolución actual de los modelos globales (unos 200-300 km) no permite realizar estudios de impacto a nivel nacional y menos aún subnacional, pues los modelos de impacto se aplican a resoluciones mucho mayores (modelos de cosechas, hidrológicos). Por tanto, en los últimos años se han comenzado a desarrollar y aplicar técnicas de reducción de escala (*downscaling*) estadísticas y dinámicas, para generar escenarios regionales de cambio climático.

Los escenarios de emisiones no son una ciencia exacta y tienen un nivel de incertidumbre importante, ya que se basan en suposiciones respecto a la evolución socioeconómica, demográfica y tecnológica en un horizonte de tiempo muy amplio. Entre las principales fuentes de incertidumbre en los escenarios de cambio climático se destacan: (i) incertidumbre con relación a las emisiones; (ii) incertidumbre acerca de la magnitud y el sentido del cambio climático; (iii) incertidumbre asociada con los modelos climáticos; y (iv) incertidumbre con relación a la reducción de escala (en la creación de escenarios regionales). Todo ello hace que los escenarios deban usarse con precaución y conocimiento de sus limitantes para la toma de decisiones.

Principales consecuencias, cambios actuales y futuros

El cambio climático se manifiesta en el aumento paulatino pero continuo de la temperatura de la superficie de la tierra y de los océanos; en las modificaciones de los patrones de precipitación, en el aumento del nivel del mar y en modificaciones de la frecuencia e intensidad de los eventos climáticos extremos (PNUMA 2010). Más precisamente se han observado los siguientes cambios:

- El 0,4°C de aumento de la temperatura media mundial entre 1992 y 2010;
- El registro de los 10 años más cálidos desde 1998 en adelante;
- La subida de unos 17 centímetros del nivel del mar en el siglo pasado;
- La multiplicación por 12 del número de tormentas ocurridas entre los años 2000 y 2009 en América Latina y el Caribe con relación a las que se presentaron entre 1970 y 1979;
- El derretimiento de la mayoría de los glaciares montañosos del mundo

(PNUMA 2010; PNUMA 2011; NASA 2014).

1 Al contrario de las otras familias (A2, B1 y B2), la familia de escenarios A1 se desarrolla en tres grupos que describen direcciones alternativas del cambio tecnológico en el sistema energético. Los tres grupos A1 se distinguen por su énfasis tecnológico: uso intensivo de combustibles de origen fósil (A1FI), fuentes de energía no fósiles (A1T) o equilibrio entre las fuentes (A1B).

El Quinto Informe de Evaluación del IPCC (2014a) establece que los recientes cambios en el clima ya han causado, y seguirán causando, impactos en los sistemas naturales y humanos en todos los continentes y a través de los océanos. La Tabla 2 ofrece ejemplos de impactos potenciales que tendrá el cambio climático sobre diferentes sistemas y recursos.

Sistema o recurso	Impacto
Recursos de agua dulce	• Disminución de al menos el 20% de los recursos hídricos renovables por cada °C de aumento de temperatura y 7% de aumento en la población mundial; • Reducción de agua superficial y subterránea en regiones subtropicales secas; • Variación en la frecuencia de inundaciones; • Aumento de frecuencia de sequías meteorológicas y agrícolas en regiones secas.
Sistemas terrestres y acuáticos	• Alteración de la estructura, composición y funcionamiento de los ecosistemas; • Alteración del rango, de la abundancia y del comportamiento de las plantas y de los animales; • Cambios en la distribución de las especies de agua dulce; • Mortalidad de árboles y deterioro de los bosques.
Sistemas costeros y zonas de baja altitud	• Sumersión, inundaciones y erosión en zonas bajas; • Blanqueamiento y mortalidad de corales; • Para el año 2100, centenares de millones de personas vulnerables a inundaciones costeras y desplazamiento.
Sistemas oceánicos	• Aumento de la riqueza de especies en latitudes medias y altas; disminución de ella en las latitudes tropicales; • Una disminución del 9% en la Producción Primaria Neta (PPN) global del océano abierto en 2100; • Calentamiento y acidificación de los océanos.
Seguridad alimentaria y sistema de producción de alimentos	• Reducción de productividad de los cultivos principales en regiones tropicales y templadas; • Alteración de todos los aspectos de la seguridad alimentaria, incluyendo acceso y estabilidad de precios.
Área urbana	• El estrés térmico, las precipitaciones extremas, las inundaciones costeras, los deslizamientos de tierra, la contaminación del aire, las sequías y la escasez de agua representan un riesgo en las zonas urbanas para las personas, los bienes, las economías y los ecosistemas.
Área rural	• Efectos sobre la oferta de agua, la seguridad alimentaria y los ingresos agrícolas.

Tabla 2. Impactos previstos por cambio de temperatura. Basado en IPCC (2014a).

Estos cambios y sus impactos sobre los sistemas humanos y naturales tendrán repercusiones en la economía global. Entre ellos se destacan los costos relacionados con los daños a propiedades e infraestructura causados por los eventos climáticos extremos y pérdidas de productividad derivadas de días de trabajo perdidos, impactos sobre los cultivos, perturbaciones en la producción de energía, transporte de mercancías, entre otros. De manera general, el IPCC estima que la economía mundial podría sufrir pérdidas entre 0,2% y 2% del Producto Interno Bruto (PIB) durante el siglo XXI si las temperaturas suben dos grados Celsius con respecto a los niveles recientes. Se prevé que las economías fuertemente ligadas a los recursos altamente sensibles al clima (por ejemplo a la agricultura) y aquellas áreas propicias a sufrir eventos extremos se verán impactadas con mayor severidad. En 2009, el Banco Central de Reserva del Perú calculó el efecto del cambio climático en la economía nacional; es decir el impacto que tendrán las variaciones climáticas (temperatura y nivel de precipitaciones) sobre la tasa de crecimiento económico. Se estimó que al 2030, el PIB real peruano sería 6,8% menor al que se tendría sin cambio climático (Ministerio Peruano de Economía y Finanzas 2014).

Cambio climático y ecosistemas

Los seres vivos están íntimamente ligados al clima local. Incluso pequeños cambios en la temperatura del aire o en la humedad del suelo pueden tener efectos significativos en la capacidad de plantas, animales o microorganismos de sobrevivir o de reproducirse en un entorno dado. También pueden modificar el ritmo de sus actividades biológicas (floración, migración). Las características del clima, tales como la intensidad luminosa, la precipitación y la temperatura influyen considerablemente

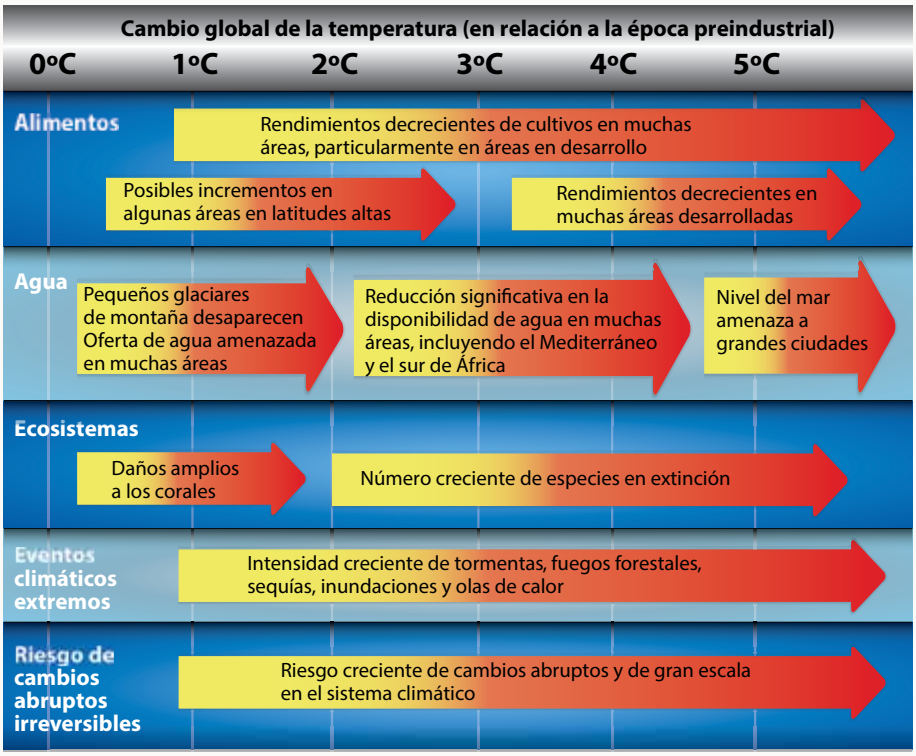


Figura 4. Impactos proyectados del cambio climático. Adaptado de Stern (2006).

en el desarrollo de las plantas ya que afectan la fotosíntesis, el proceso durante el cual las plantas obtienen su energía (Boshell *et al.* 2011). Por ejemplo, la temperatura óptima de crecimiento de los cítricos se sitúa entre 20 y 30°C con una tolerancia nula a las heladas. Además, los cítricos son altamente sensibles al déficit hídrico, ya que cualquier falta de agua durante el desarrollo del fruto disminuye los rendimientos, el calibre y el jugo de la fruta. Por lo tanto, los cítricos crecen en ambientes tropicales y a una altitud que no sobrepase los 2000 msnm (Ecocrop 2012). Mientras cada especie se ve afectada de forma individual, el impacto también puede repercutir a través de la intrincada red de vida que conforma los ecosistemas. En suma, las propiedades climáticas, como la intensidad y frecuencia de precipitación y el grado de temperatura, determinan en gran parte los tipos de ecosistemas de una región dada y la diversidad biológica que sostienen.

El clima terrestre varía de acuerdo con atributos geofísicos, tales como la distancia del ecuador, la elevación sobre el nivel del mar, la orientación en relación con el sol y el viento, así como la proximidad al océano y la circulación atmosférica, por nombrar algunos. En ciertos ecosistemas, como los bosques tropicales, los propios componentes bióticos (tipo de flora, fauna y comunidades humanas, así como sus interacciones) contribuyen significativamente al clima local. De hecho, las áreas con cobertura vegetal son, en general, más templadas que las áreas deforestadas. Por ejemplo, en las zonas urbanas se observa un fenómeno meteorológico llamado islas de calor, en el cual la temperatura media suele ser mayor que en las áreas rurales cercanas debido a una combinación de factores como la edificación, el asfaltado y la falta de espacios verdes.

El cambio climático tiene el potencial de alterar la composición de los ecosistemas tal como los conocemos, con impactos en sus funciones y la provisión de servicios. Por ejemplo, el cambio climático podría obligar ciertas especies a migrar a latitudes o elevaciones más altas donde las temperaturas son más propicias para su supervivencia.

1.3 Riesgo, vulnerabilidad y adaptación

Las alteraciones en la composición de la atmósfera mundial y los cambios consecuentes en las condiciones climáticas representan un riesgo para los sistemas naturales, humanos y financieros. Un riesgo se refiere a la probabilidad de ocurrencia de eventos peligrosos y a sus consecuencias tanto económicas, ambientales y sociales (IPCC 2014a). A diferencia del impacto, que refleja las consecuencias

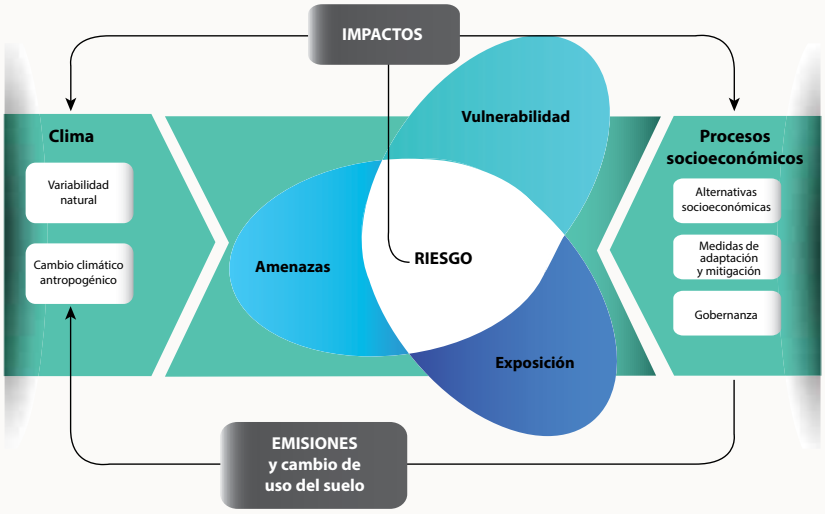


Figura 5. Relación entre los componentes del riesgo. Fuente: IPCC (2014a).

reales sobre los sistemas humanos o naturales, el riesgo describe un impacto todavía incierto. En su más reciente informe, el IPCC usa el término de riesgo principalmente para hacer referencia a los riesgos de los impactos del cambio climático. Un ejemplo sería la posibilidad de que eventos hidrometeorológicos ocurran y generen una reducción de ingresos para los productores agropecuarios o un incremento en sus gastos de producción (PNUMA–Frankfurt School 2013). El riesgo puede tener diferente significacdo en función del contexto en el que se utiliza; por ejemplo, tiene distintas connotaciones en la gestión de desastres, en la adaptación al cambio climático, o en las finanzas.

Según el IPCC (2014a), el riesgo resulta de la interacción entre vulnerabilidad, exposición y amenazas (Figura 5). Estos términos se definen a continuación. La vulnerabilidad se entiende como la propensión o predisposición de una persona o de un sistema a verse afectado de manera adversa por los efectos del cambio climático. La vulnerabilidad abarca una variedad de conceptos y elementos que incluyen la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad para hacer frente a los impactos (capacidad de adaptación). Entre mayor es la sensibilidad de un sistema, mayor será su vulnerabilidad. Por el contrario, una mayor capacidad de adaptación disminuirá la vulnerabilidad. Se nota que las personas (o los sistemas) marginalizadas social, económica, cultural, política o institucionalmente son especialmente vulnerables al cambio climático (IPCC 2014a).

La exposición se refiere a la presencia de personas, medios de vida, especies, ecosistemas, infraestructura así como activos económicos, sociales o culturales en lugares y ambientes que podrían verse afectados de manera adversa por el cambio climático (IPCC 2014a). Por ejemplo, puede referirse a la ubicación y condiciones ambientales en la que se encuentra un cultivo: piso agroclimático, capacidad de retención del suelo o zonas propensas a erosión. Las variaciones en vulnerabilidad y exposición se deben a factores "no climáticos" así como a desigualdades multidimensionales producidas por procesos divergentes de desarrollo.

Finalmente, una amenaza se define como la potencial ocurrencia de un evento natural o físico que puede causar pérdida de vidas y lesiones, así como causar daños y pérdidas a la propiedad, a la infraestructura, a las actividades humanas, medios de vida, prestación de servicios, y a los ecosistemas y recursos ambientales (IPCC 2014a).

El riesgo asociado al cambio climático obliga a los países y a las comunidades a poner fin al *"business-as-usual"* (mantenimiento del *status quo*) y adoptar medidas tanto de adaptación como de mitigación para evitar, reducir o atenuar los daños y perturbaciones probables, así como para explotar las oportunidades benéficas (IPCC 2001a). La mitigación del cambio climático se refiere a detener el aumento de la cantidad de GEI en la atmósfera. La mitigación consiste, por una parte, en la reducción de las emisiones y, por otra, en la fijación y el almacenamiento de carbono. Por ejemplo, se pueden reducir las emisiones de

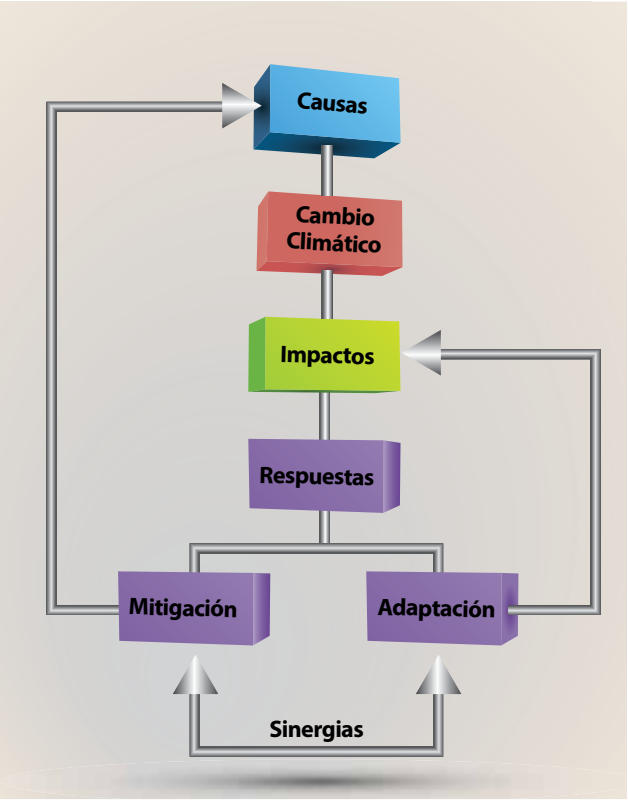


Figura 6. Cómo impactan las medidas de mitigación y adaptación en la respuesta al cambio climático. Elaboración propia.

gases de efecto invernadero a través de un uso más eficiente de la energía al cambiar combustibles (gas en vez de carbón) o tecnologías (bombillas eficientes); al usar energía renovable (solar, eólica, geotérmica), al mejorar los medios de transporte (buses de tránsito rápido, ciclovías) y al cambiar los patrones de consumo (ahorro energético). La forma más simple y eficiente de fijar y almacenar carbono es conservando los bosques primarios, restaurando zonas degradadas y reduciendo las tasas de degradación y deforestación.

La adaptación trata de disminuir los impactos negativos del cambio climático a través de ajustes en los sistemas humanos, naturales, sociales y económicos; y de aprovechar las posibles oportunidades que surjan de estos cambios (Figura 6). Se pueden distinguir varios tipos de adaptación (Sección 3.1.). Sin embargo, todos los tipos de adaptación se centran en la reducción de la vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos y en aumentar su resiliencia; es decir, su capacidad para "hacer frente a una perturbación y responder o reorganizarse de manera que mantengan su función esencial, su identidad y estructura, así como su capacidad de adaptación, aprendizaje y transformación" (IPCC 2014a). La adaptación al cambio climático puede abarcar muchos aspectos, desde intervenciones puntuales (cultivos resistentes a la sequía, construcción de diques), aspectos normativos (códigos de construcción, ordenamiento territorial) hasta procesos complejos como la reubicación de asentamientos humanos y la restauración de ecosistemas.

El riesgo climático en el contexto del proyecto MEbA

Con el objetivo de ofrecer una interpretación más sencilla del riesgo climático en la producción agrícola y los medios de vida en los Andes, el equipo del proyecto *Microfinanzas para la Adaptación basada en Ecosistemas* (MEbA) decidió desagregar el concepto de riesgo en el contexto del proyecto entre, (i) las amenazas: los factores del clima sobre los que los humanos tienen poco control, y (ii) los impactos: las consecuencias de la manifestación de las amenazas climáticas en el sistema de interés. Basada en la publicación *Microfinanzas para la Adaptación basada en ecosistemas: Opciones, costos y beneficios,* la Tabla 3 identifica ejemplos de amenazas e impactos específicos a la región andina.

Tabla 3. Ejemplos de amenazas y de impactos específicos a la región andina. Fuente PNUMA – Frankfurt School (2013).

2 La agricultura andina y el cambio climático

La Cordillera de los Andes Tropicales – la cual incluye los Andes del Norte y del Centro – cubre una extensión de 1 542 644 km^2 desde el Oeste de Venezuela hasta la frontera entre Bolivia, Chile y Argentina, con una altitud que va desde los 600 msnm hasta 6542 msnm (Josse *et al.* 2009). La población andina ubicada en Colombia, Ecuador y Perú se estima en 45 millones de habitantes, cada país con 50%, 25% y 25% del total, respectivamente (CIAT 2013). La región es uno de los sitios con mayor biodiversidad del mundo, donde se encuentra una rica fuente de recursos naturales para la agricultura y el pastoreo. Con apenas el 1% de la masa continental mundial, la región cuenta con más de 45 000 plantas vasculares (20 000 endémicas) y 3400 especies de vertebrados (1567 endémicos) (Herzog *et al.* 2011; Myers *et al*. 2000).

2.1. Clima y ecosistemas en los Andes

La mayor parte del territorio de la región andina colombiana se caracteriza por precipitaciones entre 1000 y 2000 mm/año y temperaturas que varían significativamente con los rangos altitudinales. La parte baja presenta temperaturas medias anuales superiores a los 24°C, mientras que la zona con elevaciones superiores a los 2000 msnm presenta promedios anuales de temperatura inferiores a los 16°C, e inferiores a 8°C en zonas de alta montaña. Por su parte, el clima ecuatoriano presenta tres franjas climáticas muy marcadas: la vertiente oriental de la región andina ecuatoriana se caracteriza por ser una zona húmeda y de clima templado cálido; el costado occidental también presenta niveles de humedad altos, especialmente la zona norte que alcanza promedios anuales de precipitación superiores a los 2000 mm/año, mientras que la zona central es más seca y fría. Finalmente, el clima de la zona andina peruana presenta marcados cambios estacionales: el periodo entre abril y octubre es seco con temperaturas diurnas altas y temperaturas nocturnas muy bajas, mientras que el periodo entre noviembre y marzo se caracteriza por lluvias intensas (CIAT 2013).

Según la clasificación climática de Köppen, la cual divide los climas del mundo en cinco grupos principales y veintisiete subgrupos en función del comportamiento de temperaturas y precipitaciones, en los Andes Tropicales existen tres tipos principales de clima y diez subgrupos climáticos (Tabla 4).

Tipo y nombre		Descripción	Subgrupo y nombre		Descripción
A	Tropical	La temperatura en la temporada de frío no suele caer por debajo de 18°C. Clima tropical ocurre en Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú.	f	Ecuatorial	Cálido y lluvioso todo el año, sin estaciones.
			m	Monzónico	Estación seca corta seguida por una estación húmeda con fuertes lluvias. Bosques monzónicos.
			w	Sabana	Cálido todo el año, estación seca.
B	Árido	Baja precipitación. Las pérdidas de agua potenciales por evaporación y transpiración son muy superiores a la entrada atmosférica. Clima árido ocurre en Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Chile.	S, h	Estepario cálido	Inviernos suaves, veranos cálidos.
			S, k	Estepario frío	Inviernos fríos, veranos templados o cálidos.
			W, h	Desértico cálido	Inviernos suaves, veranos cálidos y precipitaciones muy escasas.
			W, k	Desértico frío	Inviernos muy fríos, veranos cálidos, precipitaciones muy escasas.
C	Templado	Mes más frío presenta temperaturas entre 18°C y -3°C. Clima templado ocurre en Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú.	f, b	Marítimo de costa occidental	Inviernos fríos o templados y veranos frescos. Precipitaciones bien distribuidas a lo largo del año.
			s, b	Mediterráneo de veranos frescos	Inviernos fríos o templados y veranos secos y frescos. La mayor parte de las lluvias caen en invierno o en estaciones intermedias.
			w, c	Subpolar marítimo	Invierno seco, frío.

Tabla 4. Clasificación climática de Köppen para la zona de los Andes Tropicales. Basada en: Pidwirny (2006).

Se estima que esta gran variación climática en un territorio relativamente restringido contribuye al alto nivel de diversidad biológica de la región. De hecho, los Andes Tropicales albergan 133 tipos de ecosistemas[2] agrupados en nueve grandes paisajes bioclimáticos (Cuesta *et al.* 2012; Herzog *et al*. 2011; Josse *et al*. 2009):

1. Páramo (entre 3500 msnm y 4200 msnm);
2. Puna húmeda (entre 2000 y 6000 msnm);
3. Puna xérica o xerofítica (entre 2000 y 6000 msnm)
4. Páramo altoandino/superpáramo (entre 4200 msnm y 4500 msnm);
5. Bosque nublado (entre 1000 y 3500 msnm, con excepción del sur de Perú y Bolivia donde empieza a partir de 600 msnm);
6. Bosque estacional andino (entre 800 y 3100 msnm);
7. Bosque seco andino (entre 800 y 4100 msnm);
8. Valles interandinos (entre 1900 y 3500 msnm); y
9. Hábitats acuáticos (altitudes diversas, generalmente a menos de 800 msnm).

2 De los 133 ecosistemas catalogados en los Andes Tropicales, 77 están presentes en Perú, 69 en Bolivia, 31 en Ecuador, 22 en Colombia y 21 en Venezuela (Josse *et al*. 2009).

Ecosistemas andinos y su relación con el clima

Existe una relación muy estrecha entre las condiciones climáticas (temperatura, precipitación, periodos de lluvias y secos) y los ecosistemas que se establecen en ciertos rangos altitudinales. A su vez, los ecosistemas generan microclimas particulares que propician el desarrollo de ciertas especies.

1 Páramo altoandino
- Promedio anual de lluvias de 1000 mm a 4000 mm.
- Se ubica en los Andes Tropicales y templados.

2 Puna xerofítica
- Promedio anual de lluvias entre 100 mm y 400 mm.
- Clima caluroso en el día y muy frío en la noche (entre -7° C y 30° C).
- Se extiende desde el suroeste de Perú atravesando el occidente de Bolivia y el interior de Chile y norte de Argentina.

3 Puna húmeda
- Hasta 2000 mm de precipitación anual.
- Se caracteriza por sus temperaturas frías.
- Se ubica desde el norte de Perú hasta Bolivia y Argentina.

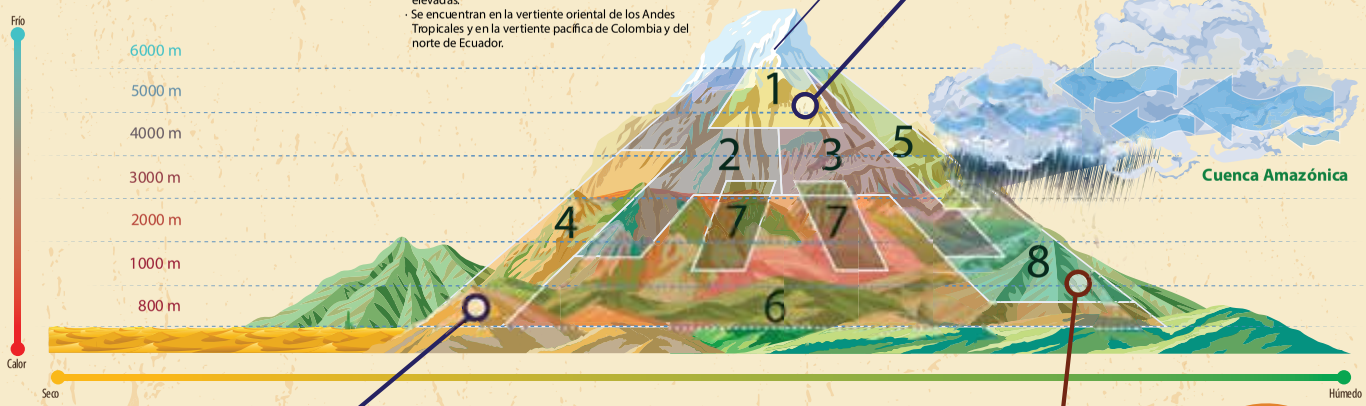
4 Bosque seco andino
- Temperatura media aproximada entre 12° C y 18° C.
- Promedio anual de lluvias de 500 a 800 mm.
- Árboles de bajo porte con troncos y hojas estrechos para la captación de agua.
- Se encuentran principalmente en los valles interandinos de Ecuador, Perú y Bolivia.

5 Páramo
- Temperatura media entre 6° C y 12° C.
- Promedio anual de lluvias de 1000 mm a 2000 mm.
- Se extiende desde Venezuela hasta el norte de Perú y el sur de Argentina.

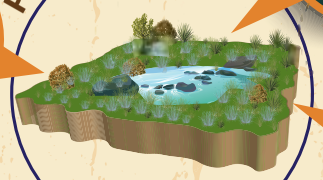
6 Bosque estacional
- Estación seca de 3-5 meses.
- El amplio rango altitudinal del bosque estacional condiciona una amplia gama de temperaturas.
- Se encuentra en las laderas y cumbres de los Andes tropicales en su conjunto, aunque son más extensos en Perú y Bolivia.

7 Valle interandino
- Temperatura promedio entre 12° C y 20° C.
- Promedio anual de lluvias de 700 mm.
- Presente en toda el área tropical de los Andes.

8 Bosque nublado
- Promedio anual de lluvias entre 325 mm y 940 mm.
- El pronunciado gradiente altitudinal condiciona a la vez todo un rango de temperaturas, desde muy cálidas en las zonas más bajas hasta muy frías en las partes elevadas.
- Se encuentran en la vertiente oriental de los Andes Tropicales y en la vertiente pacífica de Colombia y del norte de Ecuador.



Páramo altoandino



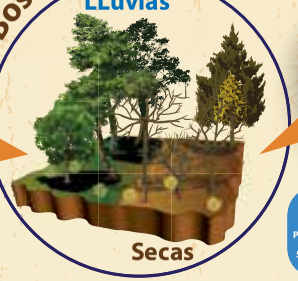
Dada la vegetación de tipo matorral (arbustos y árboles bajos) y su ubicación en altitud elevada, los páramos altoandinos se caracterizan por altos niveles de radiación solar y temperaturas que varían significativamente durante el transcurso del día: altas durante el día y bajas en la noche

No obstante la alta radiación solar y consecuente alta tasa de evapotranspiración, las características biológicas y ecológicas de los suelos del páramo permiten captar y almacenar agua, actuando como una esponja que libera el agua lentamente

La vegetación baja no protege del viento

Promedio anual de lluvias 100 mm - 1000 mm

Bosque seco



El equilibrio entre evapotranspiración y el agua de lluvia favorece la fertilidad de los suelos, lo cual, aunado a temperaturas templadas, favorece la agricultura. Por lo tanto, los bosques secos andinos han sido fuertemente degradados o deforestados por la agricultura extensiva, extracción de madera de alta calidad y el pastoreo de ganado

La vegetación del bosque seco andino se ha ido adaptando a las pequeñas cantidades de precipitación anual y a los 6 -10 meses de estación seca. Entre otras características, las plantas pierden sus hojas durante la estación seca para disminuir la pérdida de agua

Promedio anual de lluvias 500 mm - 800 mm

Bosque nublado

La vegetación del bosque nublado tiene la capacidad de interceptar el agua de la niebla, manteniendo la humedad y disminuyendo la evapotranspiración

La densidad de la vegetación del bosque nublado reduce la velocidad del viento

La temperatura dentro del bosque nublado disminuye gracias a la persistente nubosidad que limita la radiación solar, y las altas copas que absorben parte de la radiación solar antes de que llegue al interior del bosque

La acumulación de materia orgánica en los suelos del bosque nublado reduce la velocidad de infiltración de la lluvia, aumentando por lo tanto la humedad del suelo

Promedio anual de lluvias 300 mm - 1000 mm

Fuente: Basado en Herzog et al. (2011).

Los ecosistemas proporcionan varios beneficios tangibles o "servicios ecosistémicos", los cuales pueden ser divididos en cuatro tipos (Millennium Ecosystem Assessment 2005):

- **Servicios de soporte:** formación del suelo, ciclo de nutrientes, producción primaria.
- **Servicios de aprovisionamiento:** alimentos, agua potable, leña, fibra, productos químicos biológicos, recursos genéticos.
- **Servicios de regulación:** regulación climática, regulación de enfermedades, regulación hídrica, purificación del agua, polinización.
- **Servicios culturales:** espirituales y religiosos, recreación y ecoturismo, estética, inspiración, educación, paisaje, herencia cultural.

Esos servicios sostienen, directa o indirectamente, las economías humanas y los medios de subsistencia. Por ejemplo, gracias a varios servicios ecosistémicos (polinización, control biológico de plagas, mantenimiento de la estructura y fertilidad del suelo, servicios hidrológicos), la actividad agrícola proporciona alimentos, forraje, bioenergía y ciertos productos farmacéuticos esenciales para el bienestar humano. En los Andes, se estima que el 40% de la población depende directamente de los ecosistemas andinos para sus actividades diarias (Josse *et al.* 2009).

Durante los últimos 50 años, el impacto de los seres humanos y de sus modos de producción sobre los ecosistemas y sus servicios ha sido más rápido y extendido que en cualquier período comparable de la historia humana. De hecho, el 60% de los servicios de los ecosistemas examinados para la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2005) se está degradando o se usa de manera no sostenible. En el caso de los Andes, se destaca que el uso humano extensivo de la puna húmeda (agricultura y extracción de minerales), el aumento del pastoreo de ganado y la intensificación de la extracción de minerales en la puna xerofítica, así como la mayor extracción de madera facilitada por la reciente expansión de la construcción de carreteras en los paisajes de bosques nublados (por nombrar algunos ejemplos), han afectado la capacidad de los ecosistemas andinos de resistir y recuperarse de las perturbaciones, dejándolos más vulnerables a los impactos del cambio climático (Herzog *et al*. 2011).

2.2. La agricultura andina

La producción agropecuaria está entre las actividades económicas tradicionales más importantes de la región andina, y representa el 13%, 9,9%, 7% y 6,5% del PIB de Bolivia, Ecuador, Perú y Colombia, respectivamente (Banco Mundial 2013)[3]. De acuerdo con su área cosechada (ha), producción (toneladas) y rendimiento (toneladas/hectárea), los principales cultivos de la región son la arracacha, el arroz, la arveja, el banano, el café, el camote, la cebada, el fríjol, la lechuga, el maíz, la naranja, la papa, la papaya, el pepino y el plátano (Zapata Caldas *et al*. 2011). Aunque la mayoría de la producción agrícola está destinada a los mercados nacionales, la agricultura andina también exporta a los mercados internacionales tal como constatan los 95 000 millones de euros de exportación agrícola de la región en 2012 (Comisión Europea 2013). Los principales productos agrícolas de exportación en Perú son la mandarina, la quínoa y el arándano, mientras que los de Colombia son el café y el banano (Rubiano 2012).

Ubicándose desde los 1500 hasta más de 4000 msnm, la agricultura andina ha logrado adaptarse desde hace siglos a la topografía del terreno así como a las condiciones climáticas particulares gracias a los conocimientos tradicionales, a una alta diversidad de cultivos y a diversas técnicas alternativas de producción que incluyen:

3 Datos para Venezuela no están disponibles.

- El uso de indicadores biológicos para prever condiciones climáticas;
- El desarrollo de diversas herramientas agrícolas, tales como el "arado" de pie o chakitaklla;
- El uso de crestas y surcos o camellones (waru waru), cuyas estructuras maximizan el potencial agrícola de la topografía del terreno a través de la conservación de la humedad del suelo y prevención de la erosión del mismo (Figura 7);
- Las terrazas o andenes agrícolas para incrementar la superficie productiva y reducir pendientes;
- La rotación de cultivos y sistemas de cultivos mixtos, así como el uso de plantas repelentes

(Jiménez Noboa *et al*. 2012)

La agricultura andina se organiza principalmente en torno a unidades de producción campesinas y familiares que se caracterizan por bajas escalas de producción (minifundios) y por un patrón disperso a lo largo del gradiente altitudinal (Cuesta *et al*. 2012). De hecho, se estima que el 80% de las familias establecidas en las comunidades campesinas de Cusco y de Puno (ambos en Perú) poseen terrenos de 0,5 a 3 ha, considerados como minifundios. De la misma manera, entre el 50% y el 90% de los productores colombianos de cereales, café, cacao y musáceas (banano y plátano) son pequeños agricultores; cada uno con fincas de menos de 10 ha (Lau *et al*. 2011). Con una importante migración pendular de la población masculina de la región, la cual ocurre cuando la población sale a trabajar a sitios diferentes de su lugar de residencia permanente, el rol de la mujer en la gestión de la agricultura, y de la economía familiar, en general, es determinante. En la agricultura familiar de las comunidades de Puno, por ejemplo, se estima que la mujer y los hijos participan en 56% de las actividades agrícolas, en especial para el manejo de semillas, la siembra, las labores culturales y la pos-cosecha.

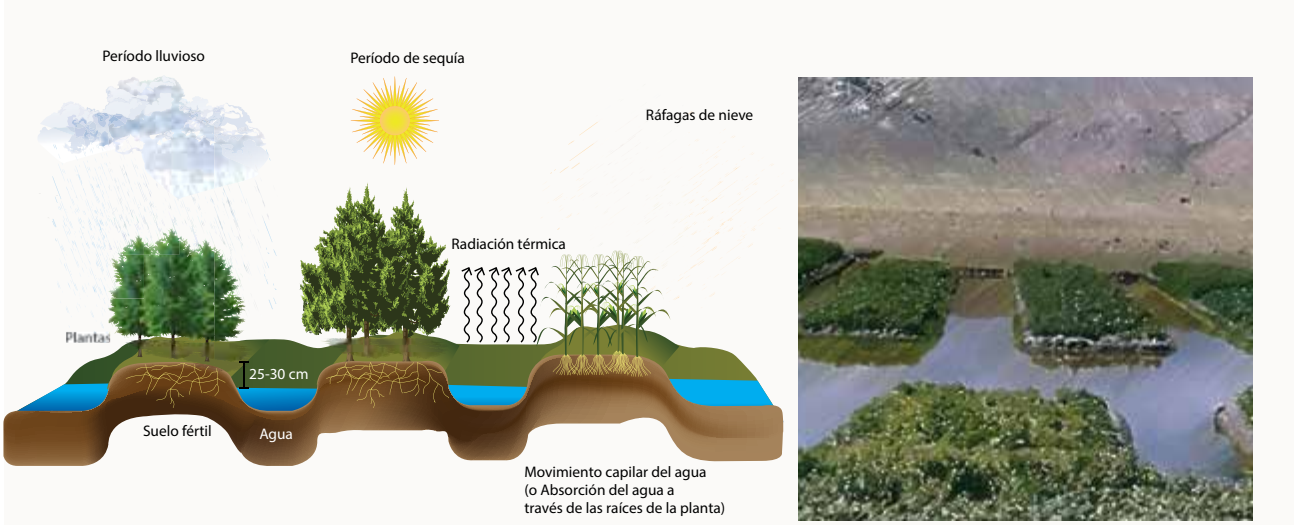


Figura 7. Funcionamiento de un waru waru.

Cambio de uso de suelo, agricultura y cambio climático

La superficie de los Andes Tropicales dedicada a los pastos cultivados se ha incrementado en los últimos años, a costa de la superficie de bosque. En Colombia, la superficie agrícola pasó de 37,5% a 39,5% en un período de 9 años (2002-2011), mientras que en Perú la superficie agrícola permaneció estable durante el mismo periodo (16%) (Banco Mundial 2014).

Nueva Cobertura	2000-2005		2005-2010	
	Área Transformada (ha)	% Área transformada	Área Transformada (ha)	% Área transformada
Áreas urbanizadas	9585	0,6	123	0,0
Cultivos transitorios	6989	0,4	2197	0,2
Cultivos permanentes	3750	0,2	873	0,1
Pastos	625 833	39,7	663 901	55,5
Áreas agrícolas heterogéneas	194 064	12,3	104 852	8,8
Plantación forestal	40	0,0	144	0,0
Herbazales	19 256	1,2	19 539	1,6
Arbustales	77 125	4,9	129 648	10,8
Vegetación secundaria	552 495	35,1	241 764	20,2
Zonas quemadas	5296	0,3	3531	0,3
Otras áreas sin vegetación	3785	0,2	7670	0,6
Vegetación acuática	1700	0,1	11 192	0,9
Superficies de agua	14 950	0,9	10 898	0,9
Sin Información	60 084	3,8		3,8
Total	1 574 953	100,0	1 196 331	100,0

Tabla 5. Tipificación del cambio de coberturas boscosas por deforestación en Colombia (periodos 2000 - 2005 y 2005 – 2010). Fuente: SIAC (s/f).

En Colombia en el periodo 2005-2010, el 55,5% del área deforestada se convirtió en pastos, lo que representa un aumento en comparación con el periodo 2000-2005 (39,7%) (ver Tabla 5).

El cambio de uso del suelo resulta en cambios locales en la temperatura del aire y en la precipitación. Según un estudio publicado en 2010, aunque no hay un patrón general bien marcado, se puede constatar que cuando se pasa de tierra de cultivos arables a bosques tropicales la precipitación tiende a aumentar. Inversamente, el cambio marcado de pastizales y árboles o pastos tropicales a tierras de cultivos arables tiende a llevar una disminución de la precipitación (Rodríguez-Eraso *et al.* 2010).

Más aún, el cambio de uso de suelo es responsable de más del 70% de las emisiones de GEI en Perú, Ecuador y Bolivia, tres veces más de lo procedente de la quema de combustibles fósiles (PNCC 2003). La práctica de tala y quema de bosques, causa del 85% de la pérdida de bosque tropical, no es ajeno a esta realidad, con lo que gran parte del carbono almacenado en la madera y las hojas, así como en la hojarasca del suelo, es convertido rápidamente en CO_2 y liberado a la atmósfera al ser quemado. Un estudio realizado en Bolivia muestra que las prácticas de tala y quema también afectan la calidad del suelo. De hecho, las tierras de los campesinos (con hasta 30 hectáreas) sufren una disminución de contenido de humus y de nitrógeno hasta 5 años

después de una tala, para después tornarse estables por muchos años (Krüger y Gerold 2003).

La tala y quema de bosques no es la única práctica que afecta a los ecosistemas y el clima. De hecho, los monocultivos, el uso intensivo de fertilizantes y la labranza intensiva del suelo también contribuyen al deterioro de los ecosistemas locales. Estas prácticas reducen la calidad de los suelos así como el número de especies y variedades y, por lo tanto, impactan negativamente la productividad agrícola. Inversamente, se estima que el rol de las buenas prácticas agrícolas es clave para la mitigación del cambio climático y para la salud de los ecosistemas (Figura 8).

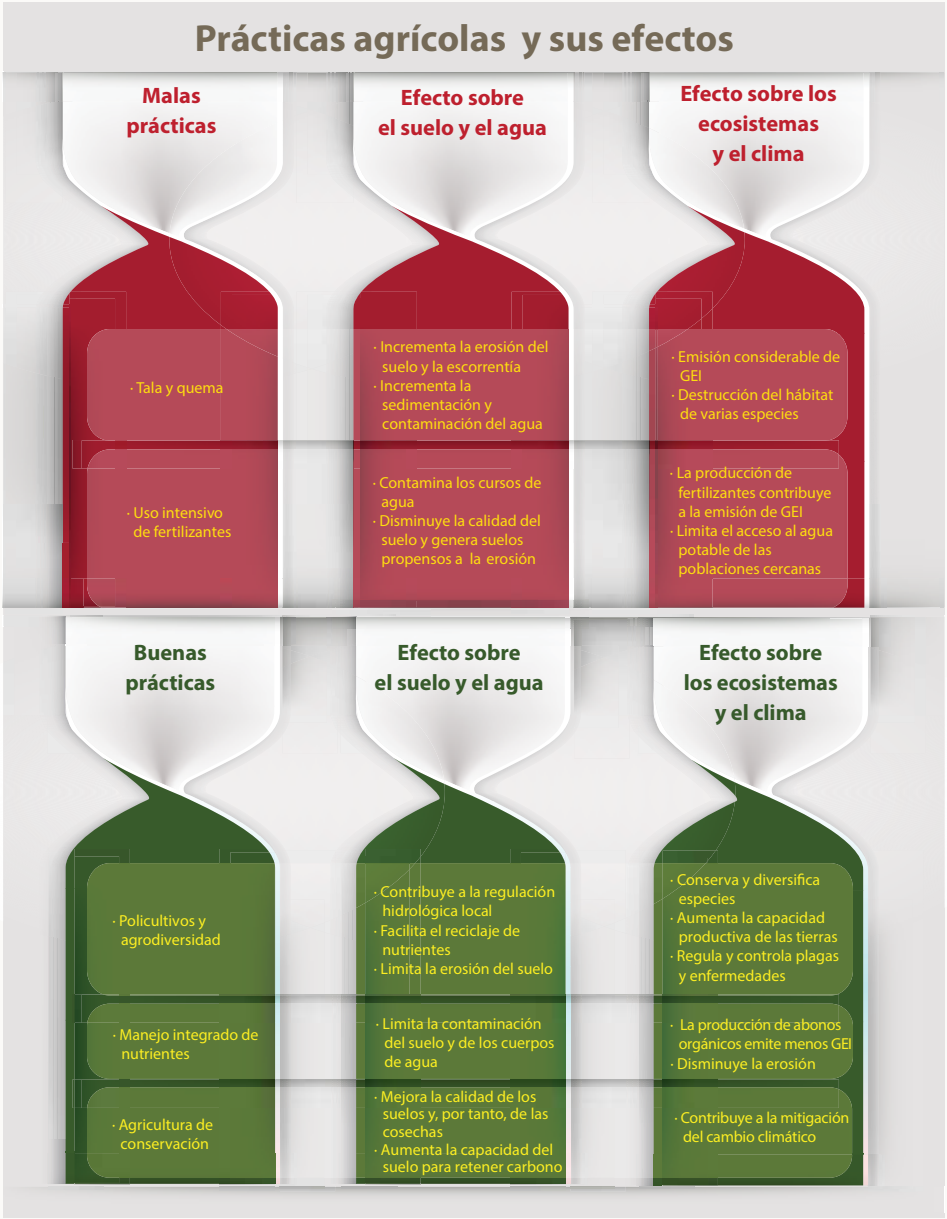
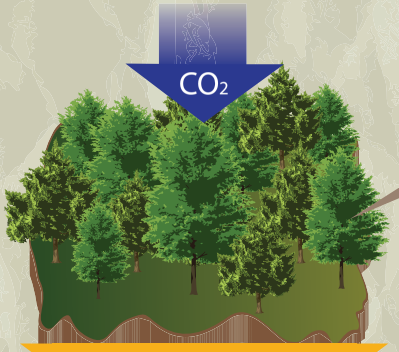


Figura 8. Efectos de buenas y malas prácticas agrícolas. Elaboración propia.

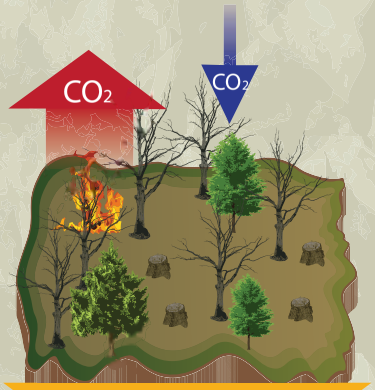
Cambio de uso de suelo, agricultura y cambio climático



Una hectárea de bosque tropical almacena aproximadamente 600 toneladas de carbono. Lo que equivale a las emisiones anuales de 126 coches particulares.

Más del 40% de las reservas de carbono orgánico del suelo se encuentra en los ecosistemas forestales.

Bosque natural

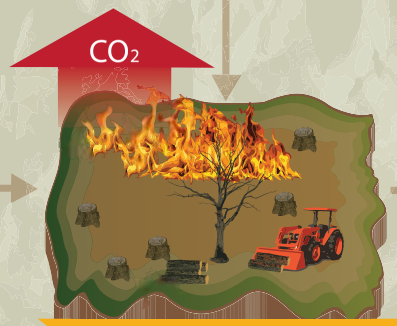


Degradación

Un bosque degradado pierde su diversidad biológica y sus posibilidades de sostener actividades económicas, así como su capacidad de proveer servicios ecosistémicos como la regulación del clima y del agua.

Al intensificarse la penetración de luz, agua y viento, en los bosques degradados el microclima es diferente (generalmente más seco y cálido) que en los bosques continuos.

El Bosque seco colombiano está considerado entre los tres ecosistemas más fragmentados de la región.

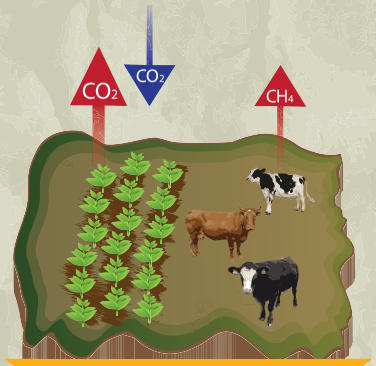


Deforestación

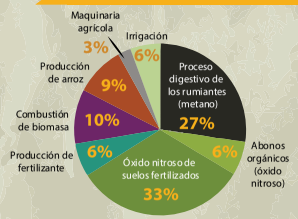
La práctica de tala y quema de bosques es la causa del 50% al 75% de la pérdida de bosque tropical.

La tasa de deforestación en los Andes colombianos fue de 310 349 ha/año durante el periodo 1990-2010.

El cambio de uso de suelo es responsable de más del 70% de las emisiones de GEI en Perú, Ecuador y Bolivia, tres veces más de lo procedente de la quema de combustibles fósiles.



Agricultura



Emisión de GEI relativa a la agricultura (excluyendo el cambio de uso de suelo)

La agricultura es responsable del 13,5% del total mundial de emisiones de GEI.

Fuente: Elaboración propia con base en documentos de: www.stateofthetropics.org; www.fao.org; www.minambiente.gov.co y www.asb.cgiar.org.

2.3. Impacto del cambio climático en los servicios ecosistémicos andinos

En las últimas décadas, los factores climáticos de los Andes Tropicales empezaron a sobrepasar los umbrales históricamente documentados. La temperatura del aire en la región incrementó significativamente en los últimos 60 años (+0,11°C/década) y más intensamente desde 1975 (+0,34°C/década) (Herzog *et al.* 2012). Aun reconociendo las incertidumbres relacionadas con las simulaciones actuales de los Modelos de Circulación General, se estima que esta tendencia seguirá en los próximos 30 o 40 años, con efectos importantes en el entorno agrícola de la región (Bradley *et al*. 2006; Herzog *et al*. 2012).

En cuanto a la precipitación, la comparación de una serie de 17 MCG de los escenarios SRES, realizada por Mulligan y Rubiano en 2010, muestra que uno de los mayores cambios mundiales en precipitación para el año 2050[4] ocurre en los Andes, con aumentos de unos cientos de mm/año en el norte de los Andes, en el occidente del Amazonas y en los Llanos colombianos, y con disminuciones de unos cientos de mm/año en el sur de los Andes, el Escudo de Guyana y Brasil oriental. Un estudio realizado en 2013 por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) muestra que en Colombia las disminuciones más significativas en la precipitación total se prevén en la región de los Santanderes, mientras que se prevén aumentos en el Valle del Cauca, Cauca, Quindío, Nariño, Tolima y Huila. En el caso de Perú, el promedio de los modelos indica aumentos de precipitación anual fuertes hacia el norte (de unos 80 mm/año para la década de 2030 y 180 mm/año para la de 2050), pero más leves hacia el sur (de máximo 40 mm/año para la década 2030 y 120 mm/año para la de 2050).

Además de los cambios en precipitación y temperatura, se prevé un cambio en el tipo, la frecuencia y la intensidad de eventos climáticos extremos, tales como lluvias intensas u olas de calor/frío (UNFCCC 2007). De hecho, un estudio publicado en 2012 indica que la intensidad de los eventos de precipitación en los trópicos va a aumentar en 10% con cada grado de calentamiento de temperatura (O´Gorman 2012). Más que los cambios en el promedio de temperatura, que se presentan de forma gradual, los eventos extremos presentan un riesgo importante para los agricultores, ya que se producen repentinamente y ofrecen poco tiempo de reacción. Según el Atlas de las Dinámicas del Territorio Andino (2009), 355 000 km^2 del territorio agrícola andino está expuesto a heladas (el 54% en Perú, el 28% en Bolivia, el 10% en Colombia y el 7% en Ecuador). En cuanto a las inundaciones, derivadas de lluvias intensas, 120 000 km^2 de tierra agrícola están expuestos en Colombia y 35 000 km^2 en Perú (Secretaría General de la Comunidad Andina 2009).

Estos cambios en temperatura, precipitación y eventos extremos afectan y seguirán afectando los ecosistemas y sus servicios, lo que a su vez conllevará consecuencias, positivas o negativas, para el bienestar humano y las actividades productivas como la agricultura. En la siguiente sección, se identifica el impacto del cambio climático sobre los servicios ecosistémicos más relevantes para la agricultura andina.

Abastecimiento de agua y regulación hídrica

La agricultura es una de las actividades productivas que demanda más agua, y su competitividad depende de que pueda disponer de este recurso en forma oportuna para el desarrollo de los cultivos, el ganado y los árboles (Ortiz 2012). De hecho, en los Andes, del 40 al 80% del agua consumida se destina a la actividad agrícola (Mulligan y Rubiano 2010).

4 La comparación se hizo usando el escenario A2a para el año 2050. Para más información, consultar el estudio en http://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1537/1537.

La provisión de agua y la regulación hídrica son unos de los principales servicios prestados por los ecosistemas de las partes altas de la región andina. Millones de personas dependen del agua de los Andes para sus actividades diarias. En la compleja geología de los Andes, la regulación hídrica a través de aguas subterráneas es limitada. Por lo tanto, las opciones de regulación en las montañas son en general pocas y frágiles, limitándose al almacenamiento y regulación en forma de nieve (zonas de mayor altitud), a la regulación natural en lagos y lagunas (a lo largo de la cordillera), y al almacenamiento en los suelos de los ecosistemas altoandinos (páramo, puna y bosque) (De Bièvre y Acosta 2012). En el último caso, el almacenamiento del agua en la superficie del suelo o a poca profundidad es posible gracias a suelos con alto contenido de materia orgánica y a una cobertura vegetal conservada. Por lo tanto, los cambios de uso de suelo y los efectos del cambio climático sobre las cuencas hidrográficas y los ecosistemas de páramo y alta montaña han contribuido a deteriorar la capacidad de regulación hídrica en la región.

Se prevé que un clima más cálido modificará el ciclo hidrológico en la región en los siguientes rubros: i) mayores tasas de evaporación; ii) una mayor proporción de precipitación líquida (lluvia) en lugar de precipitaciones sólidas (nieve); iii) posibles cambios en la cantidad y estacionalidad de la precipitación; iv) la probable reducción de las reservas de humedad del suelo y de agua subterránea, y v) una mayor frecuencia de sequías o inundaciones (Beniston 2005; Pérez *et al*. 2010). Estos cambios sin duda incidirán en los balances hídricos de las cuencas, con impactos considerables sobre la agricultura. De hecho, se prevé una poca disponibilidad del recurso hídrico en las épocas secas, así como una pérdida de la calidad del agua por los aumentos en la carga de sedimentos.

En los Andes, observaciones de largo plazo han encontrado un retroceso de 30% en la masa total de hielo en los últimos 30 años, afectando a la mayoría de los glaciares de menor altitud y de menor tamaño (<0,5 km^2) (Urrutia y Vuille 2009; Vuille *et al*. 2003). En los últimos 30 años, el Huascarán (Perú) ha perdido 40% de su área de hielo (1280 hectáreas) y el Glaciar Chacaltaya (Bolivia) el 82% de su superficie, como consecuencia tanto del incremento de la temperatura y de los niveles de CO_2, así como del adelgazamiento de la capa de ozono, entre otros factores (Simms y Reid 2006). El deshielo de los glaciares también tendrá importantes repercusiones sobre el acceso al agua para los productores locales.

Al momento del derretimiento glaciar, se prevé una mayor circulación y disponibilidad del agua. Sin embargo, a medida que se van perdiendo las superficies de hielo, se agudizará el periodo de estiaje y se reducirá la disponibilidad de agua, tanto para el consumo humano como para la agricultura y otras actividades productivas (Bradley *et al*. 2006). Junto con el incremento en la intensidad de las precipitaciones, se estima que el deshielo de los glaciares podría aumentar el riesgo de desastres; afectando a los cultivos de los valles interandinos y de la Amazonía alta (Chevallier *et al.* 2004; Kaser *et al.* 2003; Mark y Seltzer 2003; Juen *et al*. 2007; Poveda 2009; Cuesta *et al.* 2012).

Formación de suelo

La formación de suelo es un servicio esencial que, a su vez, sostiene varios otros servicios ecosistémicos. No sólo constituye la base del 90% de los alimentos humanos, así como de forrajes, fibras y combustibles, sino que ofrece también servicios que van más allá de las funciones productivas: provee el almacenamiento, filtrado y transformación de muchas sustancias incluyendo el agua, el carbono y el nitrógeno; sirve de hábitat y de patrimonio genético, y es también una plataforma para las actividades humanas. Los suelos también juegan un papel significativo en la reducción o mitigación de los riesgos por eventos hidrometeorológicos extremos.

La altitud y por lo tanto el clima afectan profundamente la fertilidad inherente de los suelos y el comportamiento de la erosión por escurrimiento. Muchas características de la fertilidad del suelo (con-

tenido de materia orgánica, pH) varían significativamente con la altitud, mientras que la propensión de los suelos a la erosión aumenta dramáticamente con la elevación (Pérez *et al*. 2010). Los impactos del cambio climático en forma de lluvias más severas y del retroceso de glaciares, así como el avance de la frontera agrícola en mayor altitud, harán que los sistemas agrícolas sean más vulnerables a la erosión del suelo. Según la encuesta llevada a cabo por Mulligan y Rubiano (2010), donde se entrevistó a 70 profesionales del agua de siete países andinos, la erosión del suelo fue identificada por el 71% de los encuestados como la prioridad agrícola más alta en las cuencas andinas. La deforestación, el sobrepastoreo y las prácticas inadecuadas de cultivo también conducen a pérdidas irreversibles de materia orgánica del suelo. Además, estudios han mostrado que la pérdida de elementos químicos del suelo causada por la deforestación puede provocar un aumento de nutrientes en los cuerpos de agua superficial, generando así un riesgo para los ecosistemas acuáticos y para los seres humanos que dependen de ellos para sus actividades cotidianas (Lindell *et al*. s/f).

Biodiversidad

La biodiversidad se refiere a la variabilidad entre organismos vivos tanto entre una misma especie, como entre distintas especies o entre diferentes ecosistemas. Aunque la biodiversidad no es un servicio ecosistémico en sí, es la base del suministro de servicios como los de aprovisionamiento (alimentos, fibra, leña), regulación (polinización), soporte (formación de suelo) o culturales (recreación, ecoturismo).

Como ha sido mencionado previamente, los Andes Tropicales son unos de los sitios con mayor biodiversidad del mundo. Un importante número de especies presentes en la región son endémicas y de distribución restringida, adaptadas a rangos altitudinales y latitudinales estrechos así como a condiciones ambientales específicas. Con pronósticos de aumento de temperatura que superan los de otras partes del mundo, y con especies intrínsecamente más sensibles, se estima que los Andes Tropicales se sitúan entre las regiones ecológicamente más vulnerables en términos del impacto sobre la biodiversidad (Herzog *et al*. 2012).

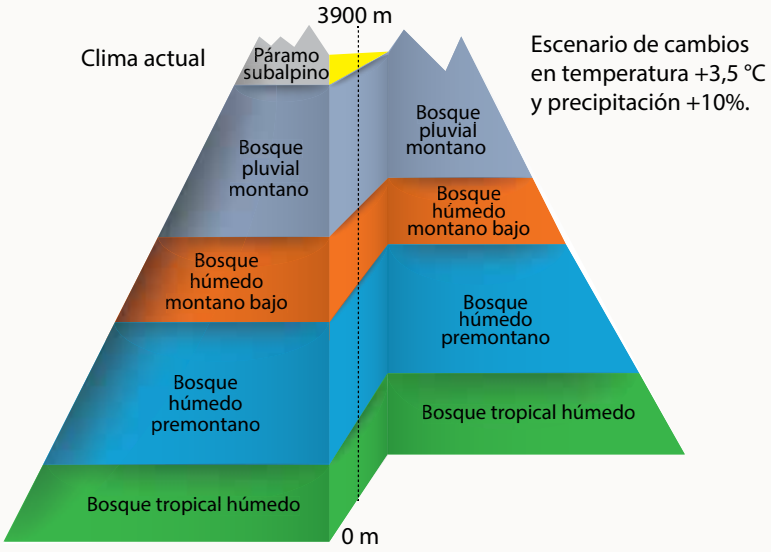


Figura 9. Impacto del cambio climático sobre las zonas de vegetación de montaña. Adaptado de Slaymaker et al. (2009).

La pérdida de hábitats naturales derivada de la conversión de tierras y el cambio climático en los últimos 50 años, ha sido sin precedente. Las principales consecuencias de esta pérdida son los probables cambios en la presencia y abundancia de las especies así como la alta probabilidad de cambios profundos en su distribución (Herzog *et al.* 2012). Las observaciones y proyecciones para las regiones de montaña muestran cambios en la distribución de ecosistemas o biomas de montaña, con evidentes desplazamientos ascendentes verticalmente. A manera de ejemplo, la Figura 9 simula las modificaciones que podría provocar el cambio climático (según un escenario de +3,5 ºC y +10% de precipitación) para las zonas de vegetación de montaña en ecosistemas tropicales húmedos. En términos del desplazamiento de ecosistemas, la velocidad con la cual están cambiando las condiciones climáticas obliga a las especies a migrar de manera rápida. En caso contrario, es probable que la población de varias especies andinas disminuya o que un nuevo conjunto de especies emergerá (La Marca *et al*. 2005; Pounds *et al*. 2006; Herzog *et al*. 2012). Un análisis de Cuesta Camacho (2007) estima que 35% de las especies de aves y 60% de las plantas de los páramos en la región andina podrían extinguirse o llegar a estar en peligro crítico de extinción.

2.4. Impacto del cambio climático en la agricultura andina

Las características climáticas (temperatura, precipitación, CO_2 y radiación solar) determinan ciertos factores esenciales para el desarrollo óptimo de cada especie, tales como la longitud del ciclo de vida, la fotosíntesis o la evapotranspiración. Por ejemplo, la temperatura ambiental afecta la longitud del ciclo de vida de una planta o un cultivo; es decir, modula el tiempo (días o meses) que transcurre entre la germinación de la semilla y la cosecha.

La reducción en el tiempo del ciclo de cultivo puede ser contraproducente en algunas especies, ya que no completarán cada una de sus etapas (Boschell *et al*. 2010). Por lo tanto, el clima delimita geográficamente la región donde puede realizarse la producción de ciertos cultivos, así como la cantidad y calidad de las cosechas. La vegetación y los cultivos andinos están adaptados a las condiciones climáticas características de la región. Sin embargo, con el rango de variabilidad climática natural que ha empezado a sobrepasar los umbrales históricamente documentados, se esperan efectos importantes en el entorno agrícola de la región. De hecho, la agricultura es uno de los sectores que será más afectado por el cambio climático. Entre los impactos esperados, se debe destacar el cambio de zonas aptas para cultivos, el avance de la frontera agrícola hacia alturas mayores y la conversión subyacente de ecosistemas altoandinos como páramos y bofedales en áreas de cultivos; cambios en el rendimiento agrícola, así como cambios en el patrón de plagas y enfermedades.

Se estima que para 2050, en la mayoría (>60%) de las áreas actualmente cultivadas, el 80% de los cultivos andinos se verán afectados por el cambio climático (CIAT 2013). Sin embargo, el efecto preciso es aún incierto: será distribuido inequitativamente a lo largo de la región y afectará los diferentes cultivos de manera diferenciada. Se prevé que algunos cultivos de clima cálido (los que tienen condiciones óptimas de producción en las zonas inferiores de la región andina) como la yuca, el cacao, la caña y el plátano, ganarán aptitud en las zonas más bajas. En cambio, se estima que los cultivos altoandinos como la papa y la quínoa, perderán aptitud climática en las zonas donde actualmente se cultivan y ganarán en zonas más altas. Usando el ejemplo del cultivo de maíz en Perú para 2030 y 2050, la Figura 10 indica una pérdida potencial de aptitud climática muy fuerte en la zona más baja de la región andina en el costado amazónico (en rojo en el mapa). A medida que se asciende altitudinalmente, se observa que las pérdidas pasan a ser más leves, y al seguir ascendiendo la situación se vuelve más favorable para este cultivo (en verde en el mapa).

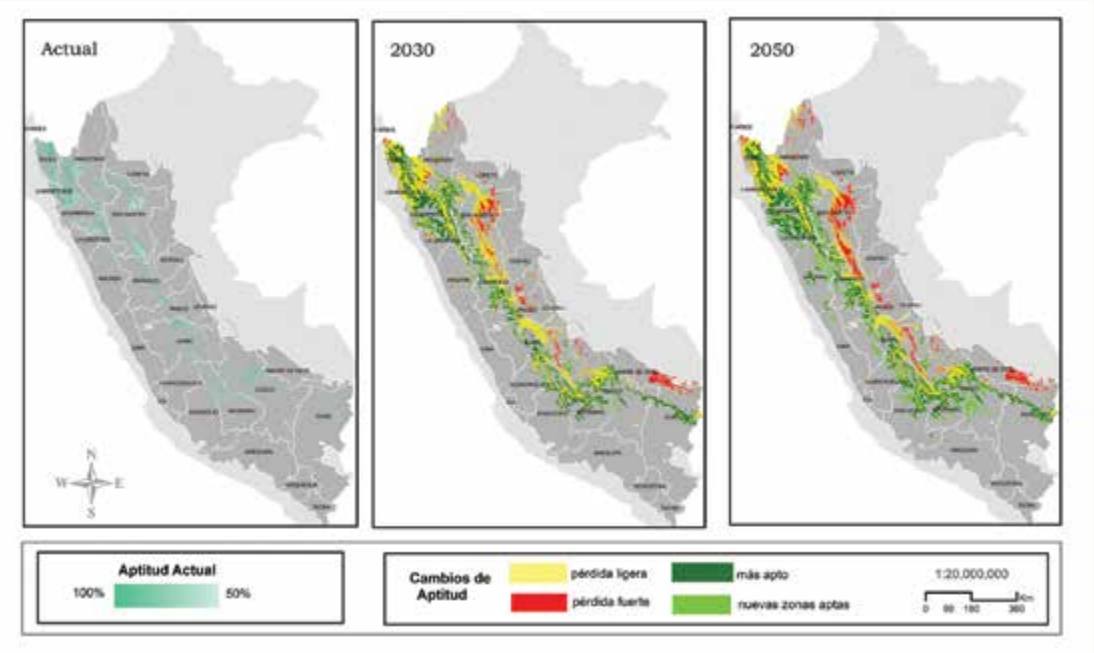


Figura 10. Cambios en aptitud climática del cultivo de maíz para los escenarios 2030 y 2050 en la región andina de Perú. Fuente: CIAT (2013).

Basándose en los escenario de emisiones A1B y A2 para los períodos 2010-2039 y 2040-2069, Zapata Caldas *et al.* (2011) evaluaron los impactos probables del cambio climático sobre 25 de los cultivos más importantes de los Andes Tropicales. La investigación concluyó que el tomate sería el cultivo más afectado en la región por sus pérdidas en aptitud climática, seguido del trigo, el fríjol, el café y la papa. En términos económicos, se debe mencionar que Colombia y Venezuela serían los países mayormente afectados, mientras Ecuador y Perú tendrían beneficios para al menos uno de los cultivos analizados. En el caso de Perú, los cultivos afectados positivamente serían la papa y el fríjol, con una ganancia de USD$87,9 y USD$2,2 millones, respectivamente.

La ganancia en aptitud climática de ciertos cultivos en zonas más altas y el proceso de retroceso glaciar explican el incremento del límite altitudinal para la agricultura de montaña en los últimos 50 años. De hecho, el pastoreo y la agricultura ya han subido unos 300 metros en ciertas zonas de Perú para reajustarse al aumento de las temperaturas y a los cambios en la precipitación, con el cultivo de la papa alcanzando una altura récord de más de 4500 msnm (Herzog *et al*. 2011). La migración en altitud del cultivo del café también ha sido observada en Colombia (Cauca) (Ramírez-Villegas *et al.* 2012). Las proyecciones indican que, de manera general, la tendencia del aumento del límite altitudinal de la agricultura permanecerá a lo largo del próximo siglo, llevando a un aumento total de por lo menos 500 metros a lo largo de la región. Aun si la migración de los cultivos a mayor altitud está considerada en algunos casos como una estrategia de adaptación viable, ésta también conlleva efectos potencialmente negativos, los cuales incluyen la competencia por los recursos entre los cultivos nuevos y cultivos nativos, la extinción de especies de las cimas de montaña para las que no existen rutas de escape, la competencia de áreas agrícolas con áreas de conservación (p.ej. páramo) y una mayor exposición a eventos climáticos extremos como heladas, sequías y granizadas (IPCC 2001a; Ramírez-Villegas *et al*. 2012).

Cuadro 1. La papa

Cultivada desde hace milenios a lo largo de la cordillera, la papa es uno de los alimentos básicos de la población de la región andina. Representa el 11% del PIB peruano, mientras que en Colombia representa el 9,63% de la producción agrícola. La papa es considerada una fuente importante de ingresos para productores pobres de Colombia, Ecuador y Perú (CIAT 2013).

La combinación del aumento de la temperatura con cambios en la distribución de la precipitación suele tener un impacto favorable sobre el rendimiento de la papa, principalmente en altitudes elevadas. Por lo tanto, el panorama para el año 2050 muestra ganancias de la aptitud climática de la papa en las zonas comprendidas desde el centro de Perú hacia el sur, mientras una superficie importante –probablemente áreas más bajas– se verá impactada negativamente (Colombia año 2020, SRES-A2). La reubicación del cultivo hacia altitudes superiores, especialmente en zonas por encima de los 3000 msnm, donde normalmente se cultivan especies de papa nativas (Cusco, Apurímac, Huancavelica) es una estrategia de adaptación común en la región.

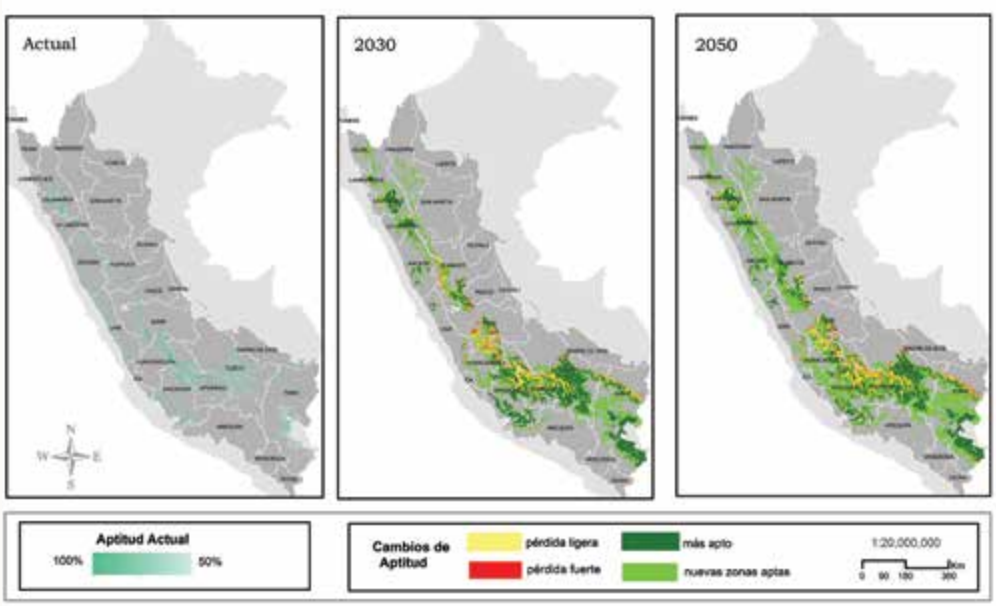


Figura 11. Cambios en aptitud climática del cultivo de papa para los escenarios 2030 y 2050 (Perú).

El incremento de la agrodiversidad es una estrategia de adaptación reconocida en el caso de la papa, reduciendo los riesgos relacionados con la agricultura en altura. Se nota que las papas más comunes (*Solanum tuberosum subsp. tuberosum*) soportan temperaturas inferiores a 3 ºC, mientras otras especies andinas (especialmente *S. tuberosum sub. andigena, S. stenotomum, S. chaucha, S. goniocalyx*) y de papas amargas (*Solanum juzepzuckii, Solanum curtilobum, Solanum ajanhuiri*) pueden soportar temperaturas tan bajas como -5 ºC.

La temperatura y humedad crecientes favorecerán el desarrollo del tizón tardío de la papa - la plaga que más daño puede provocarle a este tubérculo - que podría extenderse a zonas ubicadas sobre los 3000 msnm (en donde hoy en día es inexistente). La polilla de la papa, que en la actualidad se presenta en las zonas costeras y en los valles interandinos, también podrá extender su presencia a raíz de los cambios en temperatura.

Fuente: CIAT (2013), PROEXPORT y SAC (2012), Devaux et al. (2010), Zapata Caldas et al. (2011).

Cuadro 2. El café

Con una producción anual en 2012/2013 de 595 500 toneladas, Colombia se posiciona como el cuarto productor mundial de café (detrás de Brasil, Vietnam e Indonesia), mientras que Perú se sitúa en la novena posición con una producción anual de 258 000 toneladas.

La temperatura óptima para el desarrollo del *coffea arabica* fluctúa entre 15 ºC y 24 ºC (entre 500 msnm y 2800 msnm en función de la latitud) ya que las temperaturas más elevadas truncan el brote de plantas o causan una maduración temprana de sus frutos, impactando su rendimiento y calidad. La pérdida de rendimiento y de calidad relacionada con el aumento de temperatura es uno de los principales riesgos que enfrentan los productores cafetaleros andinos. Estudios indican que el promedio de temperatura en las regiones cafetaleras colombianas ha incrementado en aproximadamente 1 ºC en los últimos 30 años y con aumentos de 2 ºC en algunas áreas montañosas. Si la tendencia se mantiene, se estima que el 84,7% de la zona actual de producción colombiana de café estará afectada por cambios de temperatura del orden de 2 a 2,5 °C. Un estudio realizado por CIAT (2013) muestra un desplazamiento de la aptitud climática del cultivo en forma ascendente en altitud en Colombia (ver Figura 12). En 2030, en el municipio de Puente Nacional (Santander), se anticipa un cambio de zonas con pérdida ligera con respecto a las zonas de la misma aptitud. Finalmente, se prevé una ganancia de nuevas zonas aptas en los municipios de Altamira, Garzón y Guadalupe en el Departamento del Huila y en el municipio de San Juan de Pasto, Departamento de Nariño.

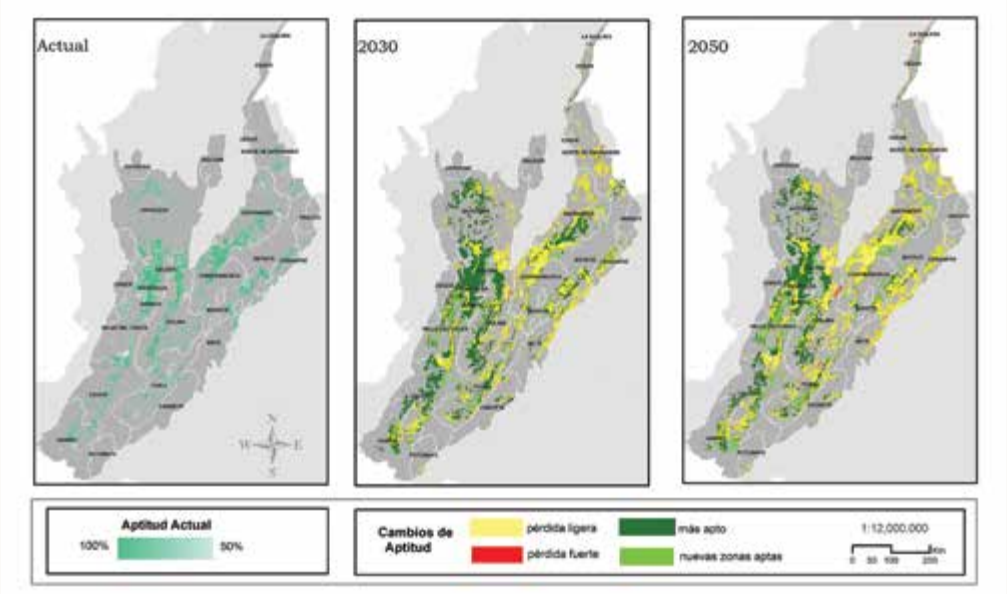


Figura 12. Cambios en aptitud climática del cultivo de café para los escenarios 2030 y 2050 (Colombia).

A su vez, el aumento de temperatura que se prevé como efecto del calentamiento global, generará condiciones especiales para la expansión de plagas, modificando su patrón de distribución. De hecho, el café en áreas por encima de los 1500 msnm está considerado como uno de los cultivos más afectados por plagas y enfermedades. Un buen ejemplo es *Hemileia vastatrix* o la roya, una enfermedad fúngica devastadora del *coffea arabica* que depende de niveles específicos de temperatura, humedad y lluvia para desarrollarse. Chalfoun *et al*. (2001) observaron que, en la actualidad, los brotes de roya aparecen más temprano de lo que se había observado en los años 1980 y 1990, identificando una posible relación con el aumento de las temperaturas medias mínimas durante el invierno.

Fuente: Méndez (2009), Centro de Comercio Internacional (2010), CIAT (2013), EcoCrop (2012), Lau et al. (2012), Ramirez-Villagas et al. (2012).

El cambio en condiciones climáticas también podrá tener un impacto sobre el rendimiento agrícola (producción de alimentos por unidad de superficie). Un estudio realizado por el Departamento de Planeación Nacional de Colombia (DNP) (2011) prevé un aumento significativo en los rendimientos medios de algodón y arroz irrigado en Colombia en las próximas décadas, mientras los rendimientos del cultivo de caña de azúcar podrían incrementar moderadamente. Por el contrario, se espera una disminución moderada de la productividad del café y el plátano, mientras que no se prevé una afectación significativa para los cultivos de banano, maíz y papa (CIAT 2013). A nivel regional, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) estima que la productividad de la agricultura andina podría descender entre un 12 y un 50% como resultado del cambio climático (Ortiz 2012).

Dado que las plantas, los hongos, las bacterias y los insectos tienen umbrales climáticos en los que se desarrollan mejor, el cambio climático regional y local, así como la migración de algunas especies a mayor altitud, han favorecido la dispersión de plagas a zonas que históricamente eran libres de ellas. Además, la simplificación de los paisajes en términos de biodiversidad y de complejidad ecológica aumenta la vulnerabilidad de los sistemas agrícolas frente a las enfermedades, limita su capacidad de recuperación y se correlaciona positivamente con el aumento de ciertas plagas como ha sido demostrado con la polilla guatemalteca de la papa (Poveda *et al.* 2012).

Cafetos con sombra natural, Santander. Foto C. Membreño

3 Las alternativas

3.1. Panorama de adaptación para la agricultura

Dada la exposición y sensibilidad de los agroecosistemas andinos frente al cambio climático y la importancia de la agricultura para el bienestar de la población, se calcula que los impactos anticipados del cambio climático amenazan las bases del desarrollo de la región. Mientras la necesidad de mitigar los efectos del cambio climático a través de la reducción o captura de las emisiones de gases de efecto invernadero sigue siendo imperativa, existe también la necesidad de adaptarse a los cambios actuales y futuros. Según la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), la adaptación se refiere a los ajustes en los sistemas ecológicos, sociales o económicos, en respuesta a estímulos climáticos reales o esperados y a sus efectos o impactos. Las medidas de adaptación representan cambios en los procesos, prácticas y estructuras de un sistema con el fin de moderar los daños potenciales o de beneficiarse de las oportunidades asociadas al cambio climático.

La adaptación no es un fenómeno nuevo. A lo largo de la historia humana, las sociedades han adaptado sus sistemas productivos a la variabilidad del clima. Esas estrategias de adaptación han tenido varias caras. En sistemas naturales (no gestionados), la adaptación es generalmente autónoma y reactiva: es el proceso mediante el cual las especies y los ecosistemas responden a condiciones cambiantes. Por ejemplo, cuando una especie migra a zonas más altas para encontrar las condiciones climáticas propicias para su desarrollo. En los sistemas humanos, o en sistemas naturales gestionados por humanos, la adaptación se lleva a cabo por actores privados u organismos públicos y puede ser anticipatoria o reactiva; es decir, puede servir para prepararse para los riesgos y oportunidades del cambio climático (anticipatoria) o servir para hacer frente a sus efectos (reactiva).

Ya sea reactiva o anticipatoria, la adaptación al cambio climático constituye una actividad estrechamente ligada con la reducción de la vulnerabilidad de las comunidades, regiones, sectores o actividades. La adaptación combina actividades dirigidas a hacer frente a los riesgos actuales ante la creciente variabilidad y las tendencias emergentes; a gestionar el riesgo y la incertidumbre, y a desarrollar la capacidad adaptativa. Así, los enfoques de adaptación son varios, centrados en el rol de las comunidades, en la infraestructura para reducir el riesgo de los eventos extremos, o en las nuevas tecnologías (UNFCCC 2007). También hay un reconocimiento cada vez mayor del papel que los ecosistemas sanos pueden desempeñar para aumentar la resiliencia y ayudar a las personas a adaptarse al cambio climático. La Tabla 6 presenta una descripción de diferentes tipos de adaptación al cambio climático enfocados en los recursos hídricos y la agricultura.

Tipo de adaptación	Descripción	Beneficios	Limitantes	Ejemplo
Institucional, legal	Fortalecimiento de las capacidades institucionales a todo nivel, incluyendo la definición de responsabilidades y competencias y la asignación de recursos.	• Incorpora la adaptación en los procesos de planificación y ordenamiento territorial. • Fortalece las capacidades institucionales.	• Existe alta incertidumbre para la toma de decisiones en términos del rango e intensidad del cambio climático. • Exige voluntad política, liderazgo, rendición de cuentas, justicia política/social, y empoderamiento social.	• Proyecto de Adaptación al Cambio Climático a través de una Efectiva Gobernabilidad del Agua en Ecuador (PACC).
Infraestructura	Mejoramiento de la resiliencia de la infraestructura (tanto nueva como existente).	• Mejora la gestión de riesgos ante desastres • Sinergias con mitigación; por ejemplo en infraestructura energética y de transporte	• Altos costos de inversión y de mantenimiento. • Puede tener implicaciones en la cobertura del suelo, calidad del agua y la biodiversidad (maladaptación).	• Cambios en infraestructura para cultivos perennes (riego, drenaje).
Tecnología	Uso de la innovación para el mejoramiento de procesos y sistemas existentes para mayor eficiencia.	• Aumenta la resiliencia con el uso de tecnología apropiada que permite un mejor manejo de los ecosistemas y sus servicios.	• Puede contribuir a incrementar la competencia en el uso de recursos. • Necesidad de crear capacidades que permitan el uso y manejo de esas técnicas. • Alto costo de implementación a escalas significativas.	• Implementación de sistemas de alerta temprana. • Investigación sobre nuevas variedades de cultivos.
Financiera	Acciones respecto a la provisión de recursos e incentivos financieros para compartir y transferir riesgos o mejorar las bases sociales y ecológicas de sistemas vulnerables.	• Reduce el impacto (principalmente económico) de condiciones meteorológicas adversas en los niveles de desarrollo humano.	• Precisa de la existencia de una estructura financiera efectiva. • No suele ser accesible a los grupos más vulnerables.	• Seguros indexados. • Microfinanciamiento.
Adaptación basada en Ecosistemas (EbA)	Uso de los servicios de la biodiversidad y de los ecosistemas como parte de una estrategia de adaptación global para apoyar a las personas y a las comunidades en su adaptación frente los efectos negativos del cambio climático a nivel local, nacional, regional y global.	• Genera beneficios sociales, económicos, ambientales y culturales, a la vez que contribuye a la conservación de la biodiversidad.	• Requiere cambios estructurales en actividades productivas y de desarrollo. • Falta de información y difusión de casos exitosos.	• Sistemas agroforestales. • Huertos familiares. • Restauración de suelos. • Corredores biológicos.
Adaptación basada en Comunidades	Proceso liderado por la comunidad que se basa en sus prioridades, necesidades, conocimientos y capacidades, y el cual debe empoderar a las personas a planear para los impactos del cambio climático y superarlos.	• Crea sentido de pertenencia, genera conciencia y un sentimiento de compromiso frente al proyecto de adaptación. • Provee soluciones locales accesibles a la comunidad.	• Requiere voluntad, organización y capacidad local. • No hace explícita la necesidad de conservar los servicios ecosistémicos de los que dependen los medios de vida más vulnerables.	• Capacitación comunitaria en el mantenimiento de viveros forestales; gestión participativa, gobernanza ambiental así como recolección y manejo de semillas.

Tabla 6. Comparación de diferentes tipos de adaptación. Elaboración propia con base en documentos diversos.

De manera general, una medida de adaptación es más eficaz en reducir la vulnerabilidad de los sistemas sociales y ecológicos cuando se implementa en conjunto con una cartera amplia de medidas complementarias. Por ejemplo, la reducción de vulnerabilidad ante inundaciones será más eficaz si, además de la construcción de un dique (infraestructura), se hace el restablecimiento de llanuras aluviales (EbA) y se implementa una política de uso de suelo que prohíbe o limita la construcción de asentamientos en áreas propensas a inundaciones (institucional). Aún más, el carácter multifacético del impacto del cambio climático (económico, social, político, ambiental) hace necesaria la transversalización de la adaptación. Es decir, que las medidas de adaptación no sean consideradas como acciones puntuales ni tareas adicionales, sino que sus metas, estrategias, políticas, medidas u operaciones sean integradas en las políticas, los procesos y los presupuestos de desarrollo nacional y regional en todos los niveles y todas las etapas.

La adaptación no debe ser considerada como un proyecto puntual, sino más bien como un proceso de aprendizaje iterativo y acumulativo, en el cual las experiencias se incorporan en la elaboración y desarrollo de nuevas acciones. Por lo tanto, la implementación de proyectos de adaptación se hace normalmente en diferentes etapas, las cuales incluyen la recolección de información, la sensibilización, la planificación y el diseño de la medida; la implementación en sí y el monitoreo y la evaluación (Figura 13).

Figura 13. Etapas del proceso de Adaptación. Elaboración propia.

3.2. Adaptación basada en Ecosistemas

Por una parte, el efecto sinérgico del cambio climático, los patrones y prácticas de producción y el desarrollo económico, son de las principales causas de la alteración y el deterioro de los servicios ecosistémicos, y es muy probable que sus efectos se sigan intensificando en el futuro (Evaluación de los Ecosistemas del Milenio 2005). Por la otra, los ecosistemas sanos y bien gestionados permiten aumentar la resiliencia de las comunidades y las ayudan a adaptarse al cambio climático. Reconociendo esta relación, el enfoque de la Adaptación basada en Ecosistemas (EbA, por sus siglas en inglés), surge como una interesante opción de adaptación al cambio climático.

Cuadro 3. Estudio de caso sobre Adaptación basada en Ecosistemas en los Andes Peruanos

La Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas, ubicada entre las regiones de Lima y Junín en los Andes peruanos (2780 a 5750 msnm), es el sitio piloto para la implementación del proyecto de Adaptación basada en Ecosistemas en áreas de montaña que se ejecuta por encargo del Ministerio de Medio Ambiente del Perú[1].

Los ecosistemas más extensos de la reserva y que brindan la mayor cantidad de servicios a la población son los bofedales y el pajonal/césped de puna. Particularmente proveen agua y pasto, y son fundamentales para el sustento de la ganadería, la principal actividad económica de la zona. Por consecuencia también son los ecosistemas más presionados por la ganadería extensiva y potencialmente los más amenazados por los efectos adversos del cambio climático.

En la reserva se están implementando tres conjuntos de medidas de adaptación al cambio climático:

- **El manejo de la vicuña en el distrito de Tanta.** Consiste en conservar praderas naturales para pastura de vicuña y en la esquila de la vicuña para aprovechar su fibra. Permite la recuperación del césped de puna, los humedales y los bofedales.
- **El manejo comunitario en las praderas naturales.** Incluye el ordenamiento de la ganadería doméstica para promover zonas de conservación. Disminuye la presión sobre el césped de puna, los humedales y los bofedales.
- **La rehabilitación de infraestructura hídrica ancestral en los distritos de Miraflores y Canchayllo.** Incluye la conservación de cabeceras de microcuencas. Promueve la regulación hídrica adecuada.

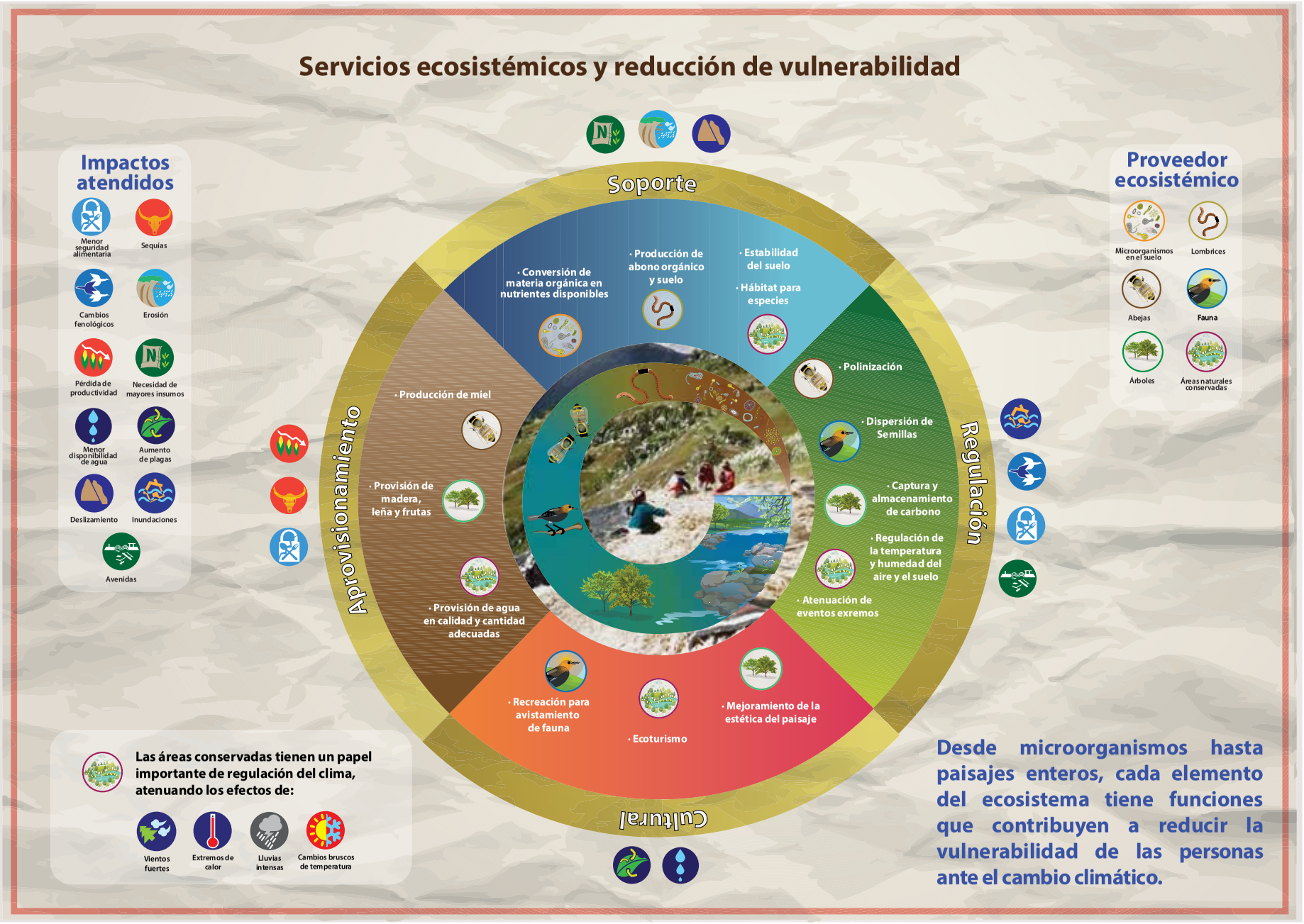
Las medidas, priorizadas con base en diferentes metodologías, enfoques y procesos, apuntan a aliviar la presión ganadera en los bofedales y el pajonal/césped de puna, desarrollando una ganadería sostenible al interior de la reserva.

Por su parte, el agua proveniente de los ecosistemas de la reserva se utiliza para la producción de energía eléctrica y actividades agrícolas río abajo, beneficiando también a las poblaciones de áreas lejanas. Mantener la salud de los ecosistemas en la reserva asegura la provisión de agua a futuro para las actividades económicas de estas poblaciones.

Fuente: Proyecto de Adaptación basada en Ecosistemas de Montaña. Parte del Programa Global Ecosystem based Adaptation (EbA). Retos y oportunidades de adaptación al Cambio Climático en la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas, Perú. Proyecto EbA Montaña, 2014. http://www.pnuma.org/eba/Brochure_EbA%20Montana_Final.pdf

1 El Programa de Adaptación basada en Ecosistemas (EbA) de Montaña es una iniciativa colaborativa del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), financiada por el Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza, Obras Públicas y Seguridad Nuclear del Gobierno Alemán (BMUB). En Perú, el programa se ejecuta por encargo del Ministerio del Ambiente del Perú (MINAM) y es implementado en la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas (RPNYC), con apoyo del Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP). Las actividades bajo responsabilidad de UICN son implementadas en alianza con el Instituto de Montaña (IM) en las comunidades de Canchayllo y Miraflores.

Servicios ecosistémicos y reducción de vulnerabilidad



Las medidas EbA son en general costo-efectivas. Además de su rol en la reducción de la vulnerabilidad y el incremento de la resiliencia de la biodiversidad, tienden a generar valiosos beneficios adicionales; entre ellos:

- **La reducción del riesgo de desastres.** Los ecosistemas saludables juegan un papel importante en la protección de la infraestructura y de la seguridad humana, actuando como barreras naturales o reduciendo los riesgos agroclimáticos. Por ejemplo, la conservación y mantenimiento de la cobertura vegetal en zonas montañosas reduce el riesgo de deslizamientos e inundaciones durante lluvias intensas.

- **La manutención de medios de subsistencia y seguridad alimentaria.** El mantenimiento y la gestión sostenible de los ecosistemas garantiza la provisión de servicios esenciales para el bienestar de la población y sus medios de subsistencia. Por ejemplo, un agroecosistema saludable contribuye a la alimentación de la comunidad y también provee recursos económicos.

- **La captura de carbono.** Las estrategias EbA pueden complementar y mejorar las acciones de mitigación del cambio climático. La gestión sostenible de los ecosistemas forestales ayuda a capturar y almacenar carbono, así como a mantener servicios ecosistémicos como la provisión de alimentos, fibra y agua.

- **La disponibilidad de agua.** La gestión, restauración y protección de los ecosistemas también contribuye a la provisión de agua para diversos usos; por ejemplo, al mejorar la calidad del agua y aumentar la recarga de acuíferos (Lhumeau y Cordero 2012).

En el marco del proyecto *Microfinanzas para la Adaptación basada en Ecosistemas* (MEbA), se usaron los siguientes cinco criterios para identificar opciones EbA que pueden ser promovidas a través de productos microfinancieros:

1. Reducir la presión sobre los ecosistemas y los servicios que proveen.

2. Incrementar la resiliencia social o económica de las poblaciones humanas vulnerables al cambio climático.

3. Reducir riesgos asociados a eventos climáticos en las actividades productivas.

4. En su implementación, proteger, restaurar o usar la biodiversidad y los ecosistemas de forma sustentable.

5. Tener un impacto positivo sobre la economía de las personas en el corto plazo.

Cuadro 4. Terrazas agrícolas

Impactos atendidos:

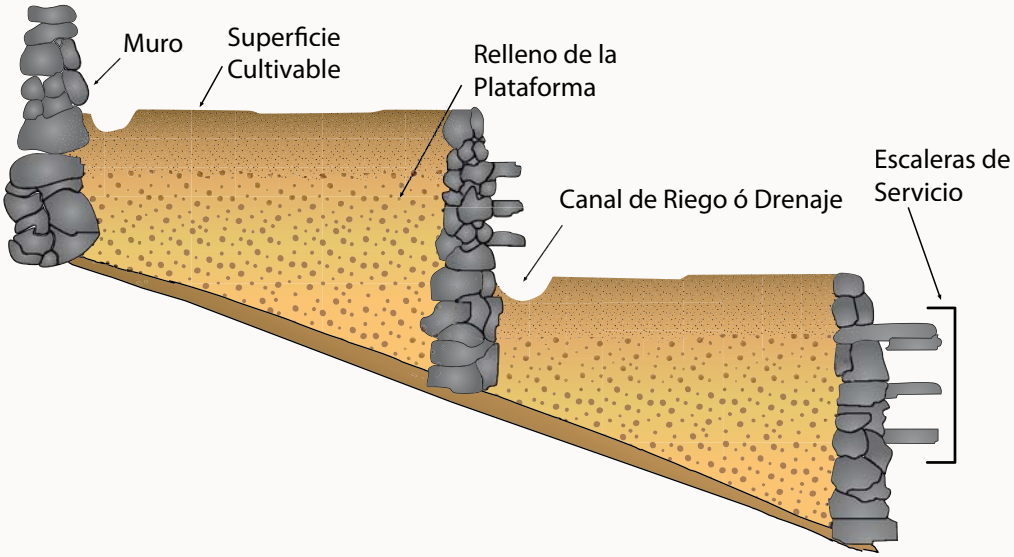
- Deslizamientos
- Menor seguridad alimentaria
- Erosión

Tipo de medida:
Colectiva – dirigida a grupos con un interés común.

Enfoque:
Inversión – Produce mayores rendimientos o ingresos adicionales a corto plazo
Soporte - Destinada a incrementar la resiliencia del sistema, contribuyendo a una mayor estabilidad ante fluctuaciones en el clima o los mercados a mediano y largo plazo.

Plazo para resultados:
Hasta 1 año

Descripción:
Ésta técnica ancestral de la región andina consiste en hacer cortes a pendientes pronunciadas para establecer terraplenes de cultivo soportados con muros de piedra. Las terrazas resultantes, por su orientación perpendicular al flujo de agua, hacen que el agua infiltre al suelo lentamente, aumentando así el contenido de humedad en el suelo. Al mismo tiempo, disminuyen la erosión y retienen suelo. Además de lo anterior, también permiten contar con mayor superficie agrícola. Altieri (1999) reporta que los primeros rendimientos, después de la reconstrucción de terrazas en un proyecto en Perú, mostraron un rango de incremento de 43-65% en papa, maíz y cebada, en comparación con cultivos de ladera.



Fuente: PNUMA y Frankfurt School (2013).

Cuadro 5. Diversificación de cultivos

Impactos atendidos:

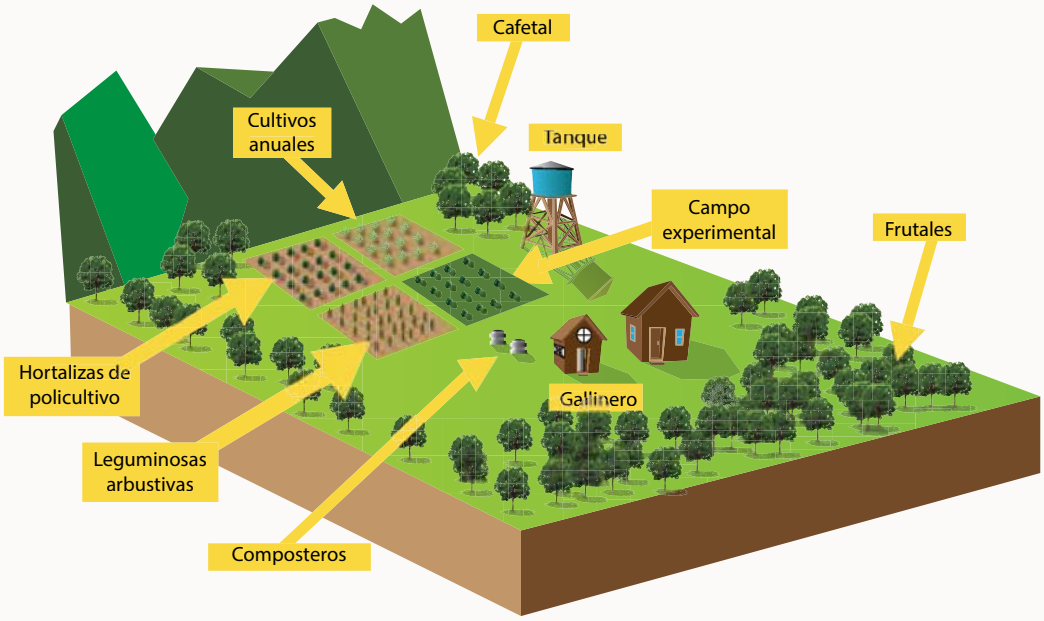
- Menor seguridad alimentaria
- Pérdida de cosechas
- Aumento de plagas

Tipo de medida:
Individual - dirigida a unidades familiares o personas que ven por sus propios intereses.

Enfoque:
Inversión – produce mayores rendimientos o ingresos adicionales a corto plazo.

Plazo para resultados:
Hasta 1 año

Descripción:
La diversificación de cultivos es la siembra de varias especies agrícolas en una finca, destacándose la producción de dos o más cultivos de manera intercalada. Dependiendo de la mezcla de cultivos, la diversificación puede lograr varios objetivos incluyendo reducir insectos herbívoros y hacer más eficiente la utilización de espacios horizontales y verticales. Los sistemas diversificados son, en general, más resilientes que los monocultivos.



Fuente: PNUMA y Frankfurt School (2013).

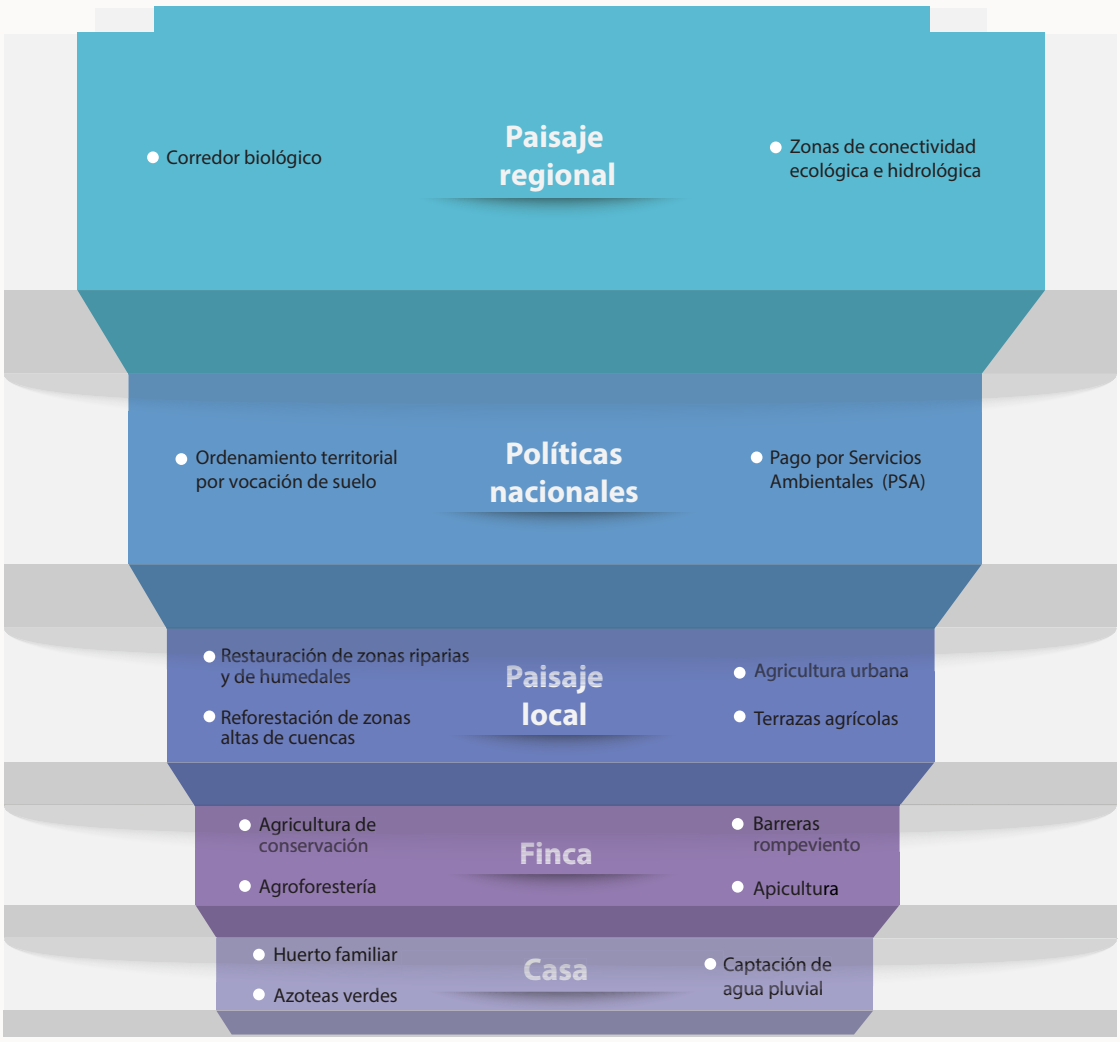


Figura 14. Ejemplos de medidas de Adaptación basada en Ecosistemas a diferentes escalas. Elaboración propia.

Medidas de Adaptación basada en Ecosistemas incluyen actividades diversas para la gestión sostenible de los ecosistemas, tales como: el manejo integrado del recurso hídrico para la regulación de flujos de agua, la restauración de ecosistemas (humedales, bosques) para la reducción del riesgo de desastres (protección contra crecientes o inundaciones) y la diversificación de la producción agrícola para hacer frente a las condiciones climáticas cambiantes (adaptación de cultivos y ganado a la variabilidad climática) (Cuadros 4 y 5). Cabe destacar que la Adaptación basada en Ecosistemas va más allá de estrategias a nivel local y escala de paisaje. De hecho, el enfoque ecosistémico puede ser integrado a la conceptualización de políticas sectoriales y a una visión de la adaptación en el largo plazo. Por lo tanto, de acuerdo con las capacidades y circunstancias nacionales, se pueden integrar conceptos EbA en estrategias pertinentes a escala superior, como las políticas, los planes y las estrategias de adaptación a nivel nacional y regional; por ejemplo, estrategias de acción nacionales en materia de diversidad biológica, corredores biológicos; estrategias de reducción de los riesgos de desastres y estrategias de gestión sostenible de la tierra (Figura 14).

3.3. El rol de las microfinanzas para promover la adaptación basada en ecosistemas

Desde su creación a finales del siglo XX, las microfinanzas se han visto como una herramienta para combatir la pobreza. El concepto que dio origen a las Instituciones de Microfinanzas (IMFs) fue la idea de que a través de la provisión de pequeños préstamos a poblaciones de escasos recursos, ellos podrían incrementar su nivel socioeconómico y salir de pobreza. En el transcurso de los años, dicho concepto se ha ido expandido y ahora las IMFs ofrecen una gama de productos y servicios adicionales al crédito, incluyendo productos como transferencias nacionales e internacionales y microseguros. La industria microfinanciera confía en que la mejora socioeconómica de sus clientes se transformará en empoderamiento social en el futuro.

Enfoques de las microfinanzas

Como en cualquier otra área de interés, en las microfinanzas también existen varios enfoques y conceptos diferentes. Mientras que al inicio de la década de 1980 competían los dos enfoques principales de microcrédito – subsidiado y comercial – hoy en día prevalecen las microfinanzas comerciales. La idea básica es que únicamente a través de mecanismos de mercado se podrá aprovechar por completo el potencial de desarrollo mediante el uso de servicios y productos financieros.

Por otro lado existen diferentes enfoques de cómo llegar a los clientes finales. Con la creciente diversificación de segmentos de clientes varían también los modelos de negocios de cómo servirles. A esta diversificación de segmentos ha de a añadirse una mayor competencia existente entre los proveedores de servicios financieros para penetrar en mercados que aún no están saturados. Por el lado de crédito se diferencia, por ejemplo, entre la provisión de créditos individuales y de créditos a grupos de deudores con una responsabilidad compartida de repago. Respecto a la competencia, se pueden observar a las agencias propias buscando alternativas para competir contra las redes de agentes bancarios. El naciente tema de servicios financieros digitales promete proveer soluciones innovadoras en el futuro próximo, ya que la mayor conectividad que hoy en día existe en países en desarrollo coloca a las soluciones basadas en tecnología al alcance de la mayoría de los bancos (Alexandre e*t al*. 2011).

También hay distintos enfoques en la forma de segmentar el mercado para atender a clientes finales. Una segmentación inadecuada puede causar deficiencias en el cumplimiento de los objetivos de la organización, en el desempeño ante la competencia y en la satisfacción de las necesidades de los clientes. Los segmentos de clientes se pueden definir por sus características: nivel de endeudamiento, tamaño, número de activos, de empleados o ventas. Otro ejemplo de segmentación es la geográfica, donde los mercados urbanos y peri-urbanos compiten con los rurales. Debido a diferencias como una mayor concentración de la población, mayor facilidad para atender a los clientes gracias a una mejor infraestructura, y una percepción de riesgo menor, los mercados urbanos y peri-urbanos son más atractivos para los bancos y se encuentran mejor atendidos que los rurales (Cainey y Hagens 2008).

Las microfinanzas en Colombia y Perú

La Región Andina de Colombia y Perú se encuentra habitada por una población con escasos recursos económicos, altamente dependiente de la agricultura. Esto sitúa a la población andina en un alto nivel de vulnerabilidad al cambio climático. Tanto el IPCC como la Red de Conocimiento sobre el Cambio Climático (CCKN, por sus siglas en inglés) han declarado a las

	Perú	Colombia
Número de IMFs[1,*]	72	42
Número de prestatarios[1,*]	3,7 millones	2,4 millones
Prestatarios como % de la población[1,*]	12,2%	5,0%
% de la población (15+ años) con cuenta bancaria en instituciones formales en el último año[1]:	20% (2011)	30% (2011)
% de la población (15+ años) que ha ahorrado en una institución formal en el último año[1]:	9% (2011)	9% (2011)
Préstamos otorgados[2]	10 700 millones (USD)	6 750 millones (USD)*
Depósitos[2]	9 000 millones (USD)	5 500 millones (USD)*
Número de depositantes[2]	4,6 millones	6,1 millones

* Datos de las IMFs que reportan a MIX. Cuadro actualizado en septiembre, 2014 con datos disponibles a la fecha. En el caso de Colombia no se contabilizó el portafolio de Bancolombia para facilitar la comparación.
1 Fuente: CGAP portal de Microfinanzas.
2 Fuente: MIX Market.

Tabla 7. La industria de microfinanzas en Colombia y Perú.

poblaciones de escasos recursos como aquellas que más sufrirán los efectos del cambio climático y que peores condiciones presentan para su adaptación. Una de las principales razones por las que presentan este alto grado de vulnerabilidad es la baja disponibilidad de recursos económicos. Se ha logrado identificar un vínculo positivo entre los recursos económicos y la capacidad de adaptación. Esto implica que si se desea encontrar una manera para que los pobres puedan disminuir su vulnerabilidad se debe comenzar por promover el acceso a dichos recursos (IFAD 2013).

Cuando en la década de los 1980's, las Cajas Municipales de Ahorro y Crédito (CMACs) en el Perú (asistidas por las GTZ –hoy GIZ– e IPC[5]) iniciaron con el movimiento de las microfinanzas (FEPCMAC 2012), se pudo observar cómo las poblaciones marginadas, al tener acceso a recursos financieros, encontraban una manera de salir de su condición de pobreza y mejorar su nivel de vida. Si se observa la relación existente entre la provisión de fondos y la mejora de la calidad de vida de las personas, se puede identificar a las microfinanzas como un instrumento para combatir la pobreza.

A la fecha (septiembre de 2014) se reportó, a nivel mundial, un portafolio de créditos de USD 94 500 millones (MIX Market 2014). Específicamente, Perú fue nombrado por sexta vez consecutiva como el país con el mejor entorno en el mundo para las microfinanzas (CGAP 2014). El país cuenta con 72 IMFs que atienden a 3,7 millones de prestatarios (12,2% de la población), a quienes otorgan un total de USD 10 700 millones en préstamos.

Por otra parte, Colombia se encuentra en el séptimo puesto de la misma clasificación por *The Economist Inteligence Unit*. El país cuenta con 42 IMFs que atienden a 2,4 millones de prestatarios. Esta cifra incluye al 5% de la población, misma que ha recibido préstamos por USD 6750 millones, manteniendo depósitos por USD 5500 millones (CGAP 2014; MIX Market 2014; EIU 2013).

Microfinanzas y clima

Mientras que la mayoría de los clientes rurales están expuestos a riesgos climáticos por depender de actividades agropecuarias directa o indirectamente, el análisis de este tipo de riesgo generalmente no se considera en la metodología crediticia de las IMFs. Estas metodologías a menudo se basan en una evaluación crediticia individual, elaborada por un oficial de crédito o asesor del cliente, verificada a través una visita *in situ* y basándose en estructuras de decisiones descentralizadas.

[5] IPC – Internationale Projekt Consult (Consultora de Proyectos Interdisciplinarios - FEPCMAC)

Las microfinanzas rurales no solo son susceptibles a los mismos riesgos que cualquier otro sector financiero, sino que, debido a su naturaleza, tienen que afrontar riesgos específicos de la agricultura. Esto significa que aunado a los riesgos típicos como el riesgo moral (cuando el cumplimiento de la obligación está en duda), la selección adversa (cuando la estimación de la capacidad económica del prestatario para pagar el crédito es incorrecta) o los problemas entre agente y principal (nacidos por intereses diferentes entre las partes involucradas), deberán enfrentarse a riesgos inherentes a la actividad agrícola (clima, productividad). El Cuadro 6 presenta el concepto de riesgo aplicado al contexto de las microfinanzas en la agricultura.

Sin embargo, la complejidad de las interrelaciones entre el clima y el desarrollo vegetativo de una planta, por ejemplo, no es manejable a un nivel de evaluación individual, realizada por personal comercial con escaso entrenamiento. Se requiere de volúmenes de datos y niveles de conocimiento más grandes y complejos. Por ello la inclusión de riesgos climáticos, y en consecuencia de cambio climático, en el día a día de la industria microfinanciera requiere de soluciones más sofisticadas de manejo de datos. En general el manejo de datos tanto de mercado (precios de insumos y productos) como de proyecciones climáticas (cambios en temperatura y precipitación) juega un rol más importante en las microfinanzas agropecuarias que en las del contexto urbano.

Además, para poder identificar las necesidades de los clientes y desarrollar productos a la medida, es de primordial importancia conocer su situación actual. Para esto se requiere identificar qué riesgos climáticos han afectado de mayor manera a la población objetivo en cada área de influencia, así como cuáles han sido los efectos de dichos riesgos. A través del levantamiento de datos de las operaciones diarias de las microfinancieras se puede obtener dicha información. Una vez que los riesgos han sido identificados es posible desarrollar los productos que mejor se adapten a las necesidades de los clientes.

Por su naturaleza, de un alto volumen de transacciones de montos pequeños, las microfinanzas tienen un gran potencial para replicar múltiples acciones de pequeña escala, orientadas hacia la adaptación basada en ecosistemas, que en conjunto pueden lograr cambios sustanciales a gran escala. El éxito depende de la forma en que se haga operacional simultáneamente la necesidad de estandarizar procesos administrativos, operativos y organizacionales y de proveer soluciones individuales específicas para atender los riesgos productivos del cliente. La promoción del bienestar de los ecosistemas en su entorno directo y la mejora en prácticas productivas garantiza una solución sostenible que traspasará las fronteras conocidas en la industria.

Un mejor manejo y desarrollo del mercado naciente se puede apoyar y fomentar por una o varias de las siguientes soluciones, apoyando la adaptación de clientes a través de:

1. **Una adecuada segmentación**. Identificando las necesidades compartidas por grupo de clientes es posible ofrecer productos y servicios microfinancieros que cubran requisitos comunes (por ejemplo al tener similitudes en cultivos, riesgos climáticos y métodos de producción o si los clientes forman parte de la misma población). Esto permitirá generar valor para el cliente al darle la oportunidad de elegir la opción que más le convenga dentro de una serie de productos previamente aprobados.

2. **Nuevas metodologías crediticias**. Para poder incorporar más datos, tanto de mercado, de proyecciones climáticas como de desarrollo fenológico de cultivos típicos, se pueden buscar soluciones tecnológicas de información y comunicación (TIC). Mientras que los dispositivos inteligentes son cada vez más accesibles, la cantidad de datos sigue aumentando constantemente. Se espera que un mejor entendimiento del mercado fortalezca la provisión de productos y servicios valorados por los clientes meta.

Cuadro 6. El riesgo aplicado al contexto de las microfinanzas y la agricultura

De manera general, el riesgo agrícola está asociado con los desafíos y riesgos de la producción agrícola y de su comercialización desde la perspectiva del agricultor (vista real del sector), mientras que el riesgo del financiamiento agrícola contempla los desafíos y riesgos de autorizar préstamos a los agricultores desde el punto de vista de una institución financiera (visión del sector financiero). Ambos riesgos están relacionados entre sí, y los riesgos agrícolas determinan en gran medida los riesgos del sector financiero de los préstamos agrícolas. De hecho, los altos riesgos del financiamiento agrícola se citan comúnmente como la principal limitación de las instituciones financieras para otorgar préstamos para la agricultura.

Según Baquet *et al*. (1997), existen cinco fuentes principales de riesgo agrícola que pueden ser definidos de la siguiente manera (OCDE 2009):

- **El riesgo de producción:** se refiere a la variación en los rendimientos de los cultivos y la producción ganadera debido a la las condiciones climáticas y a las plagas y enfermedades.

- **El riesgo de mercado:** se relaciona con las variaciones en los precios de los productos y las cantidades que pueden ser comercializadas.

- **El riesgo financiero:** se refiere a la capacidad para los agricultores de pagar las cuentas a tiempo, para tener dinero para continuar con la actividad agrícola y evitar la quiebra.

- **El riesgo legal y ambiental:** se refiere a la posibilidad de juicios iniciados por empresas o individuos y a cambios en la regulación del gobierno en materia ambiental.

- **El riesgo de los recursos humanos:** se refiere a la posibilidad de que la familia o empleados no estarán disponibles para proporcionar mano de obra o de gestión a la empresa agrícola.

Entre los riesgos que afectan más concretamente a la agricultura, están los riesgos de producción (debido al mal tiempo, a plagas y enfermedades), así como los riesgos de mercado. En los últimos años, ha aparecido el cambio climático como una categoría adicional de riesgo.

De manera general, se identifican tres categorías de riesgos del financiamiento agrícola:

- **Los riesgos principales de crédito:** se refieren esencialmente a la capacidad y a la voluntad del prestatario a reembolsar el monto prestado. Tanto en el caso de pequeños productores como en el de pequeñas empresas, esta capacidad representa un riesgo alto dado el alto grado de informalidad, los bajos niveles de educación y de alfabetización financiera y la baja capacidad de producir estados financieros que les caracterizan.
- **Los riesgos específicos relacionados con la agricultura:** se refieren a los altos riesgos de producción y de mercado que pueden, a final de cuentas, afectar la capacidad de pago de los pequeños agricultores.
- **Los riesgos políticos:** se refieren a los riesgos relacionados a las interferencias políticas asociadas a la importancia estratégica de la agricultura para la seguridad alimentaria de la población.

Fuente: Maurer (2010)

3. **Concientización.** El fortalecimiento de la conciencia de que existen estrategias factibles de adaptación basada en ecosistemas resulta en una mayor demanda de este tipo de alternativas. Las microfinancieras fortalecen su mercado meta a través de operaciones y soluciones adecuadas.

4. **Capacitación.** A través de cooperaciones estratégicas con proveedores de servicios educativos y técnicos, las microfinancieras pueden promover mejoras en los procesos productivos.

5. **Verificación y monitoreo.** Por medio de los datos provistos por las metodologías ajustadas al clima y de criterios claros sobre las prácticas promovidas, las IMFs pueden garantizar retornos de triple balance a sus inversionistas (beneficios ambientales, sociales y económicos) de forma transparente.

El proyecto MEbA

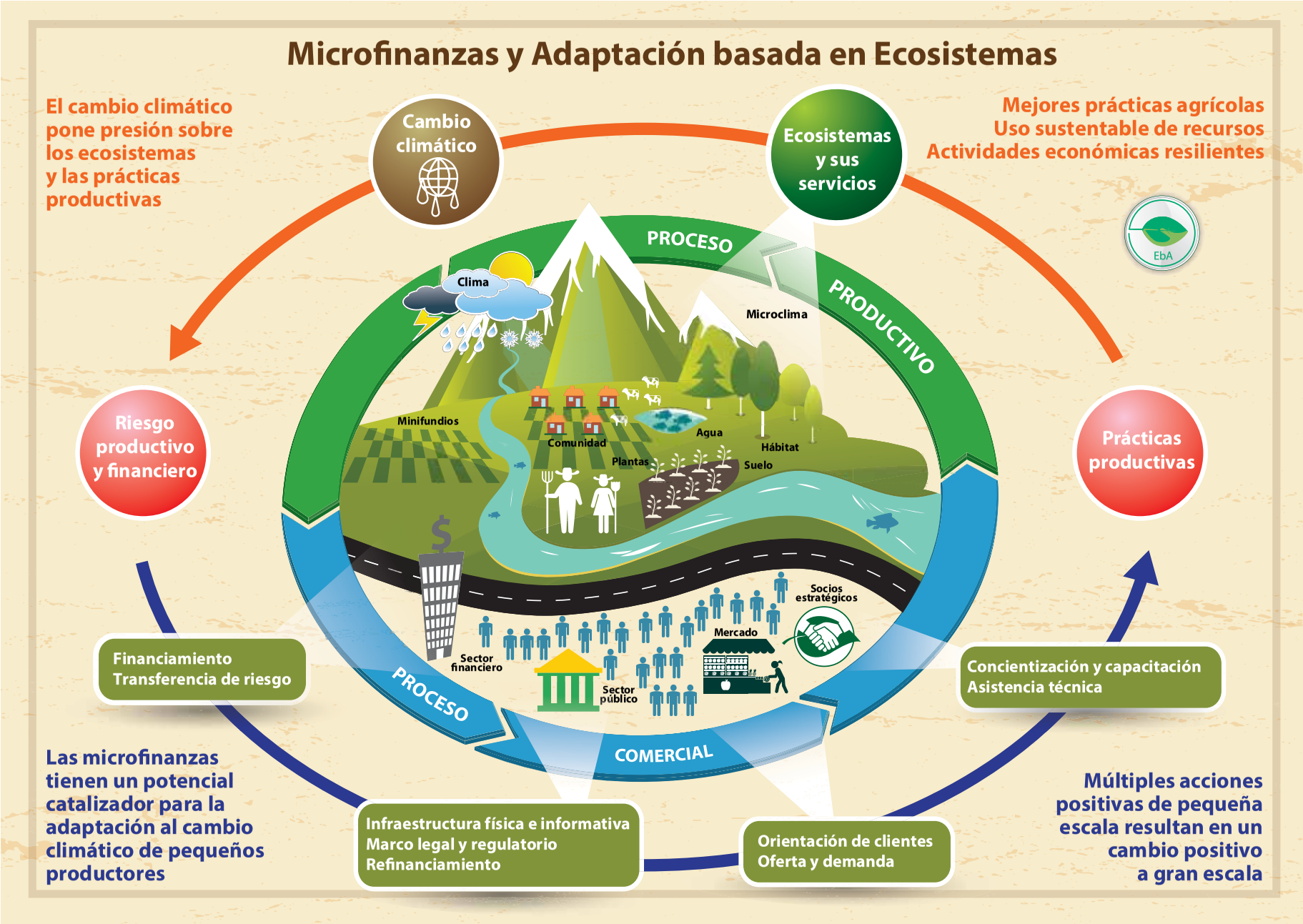
El proyecto MEbA busca abordar cada una de las soluciones mencionadas arriba a través de la transferencia de conocimiento a las IMFs asociadas para su implementación. La misión del proyecto MEbA es brindar opciones para un manejo sustentable de los ecosistemas y sus servicios a través de productos y servicios microfinancieros. El objetivo central es incrementar la resiliencia al cambio climático de la población andina de Colombia y Perú, la cual consiste principalmente de pequeños agricultores.

La metodología base del proyecto está centrada en integrar un mejor entendimiento de riesgos climáticos en la metodología crediticia microfinanciera. Por un lado se busca mejorar la gestión de riesgos financieros para incrementar el entendimiento del mercado y en consecuencia aumentar los incentivos para penetrarlo. La información generada no solamente permite una mejor gestión de riesgos de las IMFs sino que resulta valiosa para los clientes. Para los agricultores se presentan opciones de adaptación basada en ecosistemas que permiten disminuir el riesgo climático y productivo por medio de mejores prácticas agrícolas, diversificación de ingresos y mantenimiento de los servicios ecosistémicos que sustentan sus actividades. Por su parte, las IMFs podrán gestionar de mejor manera los riesgos y en un futuro ofrecer precios fijos ajustados al riesgo, productos hechos a la medida y un mejor servicio basado en el uso de datos climáticos.

Con este proyecto se logra la integración de los productos financieros con la promoción del desarrollo de la población rural y el valor agregado de que los impactos positivos de las actividades EbA van más allá del plazo del crédito. Para los pequeños agricultores, un beneficio importante es el mayor acceso a fondos. Adicionalmente, con la posibilidad de reducir el riesgo productivo, no solo se beneficia al agricultor a través de mejoras en rendimientos o ingresos, sino que se potencia la disminución del riesgo financiero de las IMFs al existir una mayor estabilidad en el flujo económico del agricultor. Las IMFs obtienen beneficios adicionales al ampliar su participación de mercado y poder llegar a poblaciones a las que antes no atendían.

En un futuro, contando con más conocimiento de datos sobre los clientes meta, se puede esperar una sofisticación del mercado. La fijación de precios ajustados al riesgo (*risk adjusted pricing*) debe ser el objetivo: si se evalúa con mayor exactitud el riesgo individual de un cliente y se toma en cuenta su posición adaptativa actual y futura (por ejemplo después de la implementación exitosa de una medida EbA), los precios se podrán ajustar de forma más adecuada.

Con el fin de capitalizar esta oportunidad y disminuir el riesgo de producción inherente a la agricultura, las IMFs deben idear instrumentos financieros que promuevan el desarrollo de pequeños agricultores y reduzcan el riesgo climático que les afecta. Esto se puede traducir en el desarrollo de productos financieros MEbA. Cuando una IMF promueve el uso de una medida EbA no solo está cuidando de sus clientes, al ofrecer opciones para reducir vulnerabilidad, sino que también está cuidando de sí misma, al mejorar su capacidad de recolección de préstamos y su base de clientes.


Microfinanzas y Adaptación basada en Ecosistemas
El cambio climático pone presión sobre los ecosistemas y las prácticas productivas
Cambio climático
Ecosistemas y sus servicios
Mejores prácticas agrícolas
Uso sustentable de recursos
Actividades económicas resilientes
EbA
PROCESO PRODUCTIVO
Clima
Microclima
Minifundios
Comunidad
Agua
Hábitat
Plantas
Suelo
Riesgo productivo y financiero
Prácticas productivas
Sector financiero
Sector público
Mercado
Socios estratégicos
PROCESO COMERCIAL
Financiamiento
Transferencia de riesgo
Concientización y capacitación
Asistencia técnica
Las microfinanzas tienen un potencial catalizador para la adaptación al cambio climático de pequeños productores
Infraestructura física e informativa
Marco legal y regulatorio
Refinanciamiento
Orientación de clientes
Oferta y demanda
Múltiples acciones positivas de pequeña escala resultan en un cambio positivo a gran escala

Productos y servicios MEbA

Las IMFs conocen las necesidades de sus clientes y la manera en que se comportan con respecto a los créditos ofrecidos. Con base en esto, las IMFs contarán con las herramientas adecuadas para ofrecer a los productos que mejor satisfagan las necesidades de sus clientes, promoviendo a la vez una adaptación sostenible.

Los productos y servicios MEbA son instrumentos microfinancieros que tienen como destino o como acompañamiento una estrategia de adaptación basada en ecosistemas (EbA). Al tener una naturaleza similar a la de los productos financieros existentes para el sector agrícola, las IMFs podrán impulsar productos y servicios MEbA de manera parecida a como actualmente promueven los créditos agrícolas. Estos productos y servicios MEbA se segmentan de acuerdo con la duración del crédito y el enfoque del mismo. Los tipos de productos existentes dentro de los cuales las opciones EbA habrán de incluirse son:

1. **Créditos de capital de trabajo (*short-term*)**. Créditos que financian inversiones para capital de trabajo como insumos, semillas, abono orgánico, entre otros. El repago se realiza con base en la cosecha; es decir durante una sola campaña.
2. **Créditos de activo fijo *(medium-term)***. Créditos que financian inversiones para activos fijos de mayor plazo, como equipos, herramientas o maquinaria, entre otros. Son créditos realizados con base en varias actividades económicas, por lo que su pago es típicamente durante varias campañas.
3. **Créditos asociativos o comunitarios *(short-to-medium-term)*.** Créditos para inversiones comunitarias.
4. **Servicios adicionales ("MF+")**. Oferta propia o intercambio de datos con aliados estratégicos para la capacitación a clientes o grupos de clientes, basada en actividades productivas sustentables.
5. **Otros.** A raíz de una mayor experiencia se puede pensar en productos de micro-seguros, de planes de ahorro y más, pero dependerán de la introducción de los productos iniciales.

Políticas Públicas

Si bien las acciones promovidas por las IMFs pueden tener importantes efectos positivos en la calidad de vida de sus clientes y el mantenimiento de servicios ecosistémicos, se requiere de un marco de políticas que sustente la participación continua y coordinada del sector privado en la adaptación. Esto se debe a que el financiamiento público disponible no es suficiente para atender las necesidades de las poblaciones vulnerables en el proceso de blindar sus actividades ante potenciales impactos o aprovechar oportunidades de mercado que surjan con el cambio climático. Las alianzas público-privadas son clave, y en la medida que los distintos roles y responsabilidades se hagan explícitos en la planificación nacional, sectorial o local será más fácil reducir la brecha de financiamiento y atender a los más vulnerables.

El proyecto MEbA trabaja con distintos actores a nivel gubernamental en Perú y Colombia para promover la inclusión del sector microfinanciero como un socio estratégico que ayude a catalizar procesos de adaptación sustentable al cambio climático. Dado el enfoque innovador y el potencial de réplica de las acciones promovidas por el proyecto, los gobiernos de dichos países han sido receptivos a brindar mayores espacios de colaboración con IMFs en los instrumentos de política pública sobre cambio climático, agricultura y medio ambiente que están elaborando. Este tipo de alianzas puede resultar en mayor acceso a información, capacitación y financiamiento para mejorar las condiciones actuales y futuras de pequeños agricultores.

En el contexto internacional también hay espacio para promover un mayor involucramiento del sector privado para potenciar esquemas sustentables como la adaptación basada en ecosistemas. Foros como la vigésima sesión de la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP20 de la CMNUCC), celebrada en Lima en 2014, son clave para plantear posicionamientos afines que estrechen el vínculo entre gobiernos y financiadores con el objetivo común de mejorar los retornos ambientales, sociales y económicos de sus inversiones.

Conclusiones

El cambio climático es el resultado del modelo de crecimiento económico de los últimos siglos. Las actividades económicas de los seres humanos (desde la producción de alimentos hasta la provisión de servicios financieros) dependen en gran medida del uso de combustibles fósiles (fertilizantes, transporte, electricidad). La quema de hidrocarburos y la conversión del suelo a otros usos (agropecuario, por ejemplo) producen gases de efecto invernadero; principalmente CO_2.

Se requieren acciones tanto de mitigación (para reducir las emisiones) como de adaptación (para prevenir impactos negativos y aprovechar oportunidades) en las propuestas de acción frente al cambio climático. Las medidas de adaptación se centran en disminuir la vulnerabilidad de personas, infraestructura y modos de vida. La vulnerabilidad depende de las condiciones ambientales y socioeconómicas de una población, además de las amenazas climáticas a las que se encuentra expuesta. En este contexto, la adaptación basada en ecosistemas es una alternativa sostenible para incrementar la resiliencia de poblaciones rurales, específicamente de pequeños productores.

Existen sinergias positivas y negativas entre cambio climático y cambio de uso de suelo. La conversión de bosques a otros usos es la segunda fuente de emisiones globales, sólo superada por la producción de electricidad. Además de reducir emisiones, la mejora en prácticas productivas disminuye la presión sobre los ecosistemas y sus servicios que son indispensables para la producción agrícola. Las inversiones que se hagan hoy tendrán efectos duraderos en la seguridad alimentaria y el desarrollo equitativo de la zona andina. Por otro lado, la diversificación de ingresos y actividades económicas fortalece la resiliencia socioeconómica de las comunidades. Estrategias de conservación del entorno natural y de diversificación de la producción son clave para el desarrollo de las comunidades en el contexto de cambio climático. Un desarrollo sostenible en el ámbito rural no es posible sin considerar los impactos positivos o negativos de las prácticas productivas en los entornos ambiental, social y económico.

La agricultura en la región andina de Colombia y Perú puede sufrir impactos significativos por la manifestación del riesgo climático en los sistemas de producción. Un ejemplo de esto es el cambio en las zonas de aptitud para el cultivo de variedades actuales. La adaptación es un proceso de aprendizaje iterativo y acumulativo, en el que es indispensable desarrollar capacidades a múltiples niveles, desde elaboración de políticas públicas hasta implementación tecnológica y conocimiento tradicional.

Existen opciones de adaptación basada en ecosistemas que se pueden promover a través de productos y servicios microfinancieros, pero requieren de capacitación, asistencia técnica, difusión del conocimiento y que los productos se enfoquen en las necesidades del cliente. Por la atención que brinda a las poblaciones más vulnerables, la industria microfinanciera es un aliado estratégico para promover procesos sustentables de adaptación y establecer alianzas para fortalecer al sector. En la medida en que apoyen a disminuir el riesgo climático a través de agricultura sustentable, las IMFs contarán con una cartera de clientes más resiliente y disminuirán el riesgo financiero de invertir en el sector rural. El proyecto MEbA ofrece asistencia técnica para el desarrollo de productos y servicios microfinancieros orientados hacia la adaptación basada en ecosistemas.

Glosario

Este glosario surge de la recopilación bibliográfica para elaborar el presente documento y de distintos recursos disponibles, especialmente del GEO5 (2012), del IPCC (2014a) y del CDB (2009).

Adaptación
Un ajuste en los sistemas naturales o humanos frente a un entorno nuevo o cambiante, incluyendo las adaptaciones anticipadas y reactivas, las adaptaciones privadas y públicas, y las adaptaciones autónomas y planificadas (PNUMA 2012).

Adaptación basada en Ecosistemas (EbA)
La utilización de la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas como parte de una estrategia global de adaptación para ayudar a la gente a adaptarse a los efectos adversos del cambio climático (CBD 2009).

Agroecosistema
Ecosistemas en los que el ser humano ha ejercido una intencionada selectividad sobre la composición de los organismos vivos. Los agroecosistemas contienen poblaciones humanas y dimensiones tanto económicas como ecológico-ambientales y se diferencian de los ecosistemas no gestionados en que están alterados intencionalmente, y a menudo manejados intensivamente, con el fin de proporcionar alimentos, fibra y otros productos (FAO 2008).

Amenaza
La potencial ocurrencia de un evento natural o físico que puede causar pérdida de vidas y lesiones, así como causar daños y pérdidas a la propiedad, a la infraestructura, a las actividades humanas, medios de vida, prestación de servicios, y a los ecosistemas y recursos ambientales. Factores del clima en el que los humanos tienen poco control (PNUMA 2012).

Cambio Climático
Importante variación estadística en el estado medio del clima o en su variabilidad, que persiste durante un período prolongado (normalmente decenios o incluso más). El cambio climático se puede deber a procesos naturales internos o a cambios del forzamiento externo, o bien a cambios persistentes antropogénicos en la composición de la atmósfera o en el uso de las tierras (IPCC 2014a).

Capacidad de adaptación
Capacidad de un sistema para ajustarse al cambio climático (incluida la variabilidad climática y los cambios extremos) a fin de moderar los daños potenciales, aprovechar las consecuencias positivas, o soportar las consecuencias negativas (IPCC 2014a).

Clima
En sentido estricto, se suele definir el clima como 'estado medio del tiempo' o, más rigurosamente, como una descripción estadística del tiempo en términos de valores medios y variabilidad de las cantidades pertinentes durante períodos que pueden ser de meses a miles o millones de años (IPCC 2014a).

Ecosistema
Complejo dinámico de comunidades de plantas, animales y microorganismos junto con su entorno no viviente, que interaccionan como una unidad funcional (PNUMA 2012).

Efecto invernadero
Proceso por el que la radiación térmica de una superficie planetaria es absorbida por los gases atmosféricos de efecto invernadero y es re-irradiada en todas direcciones. Puesto que parte de esta re-irradiación es regresada a la superficie y las capas inferiores de la atmósfera, resulta en un aumento

de la temperatura superficial promedio, por arriba de lo que sería en la ausencia de los gases (PNUMA 2012).

Efecto potente (del IPCC)

Un índice, sobre la base de propiedades radiativas de gases de efecto invernadero, que mide la fuerza radiactiva de un gas de efecto invernadero en un horizonte de tiempo elegido, en relación con la del dióxido de carbono. El efecto potente representa el efecto combinado de los diferentes tiempos que estos gases permanecen en la atmósfera y su relativa eficacia en la causa de forzamiento radiativo. Por convención el efecto potente del CO_2 es 1 (IPCC 2014a).

Escenarios cimáticos SRES (del IPCC)

Seis escenarios de las emisiones futuras elaborados con base en cuatro familias de escenarios, A1, A2, B1 y B2, en las que A representa un desarrollo globalizado, B representa un desarrollo regionalizado, 1 se refiere al crecimiento económico y 2 a la protección ambiental (PNUMA 2012).

Exposición

Presencia de personas; medios de subsistencia; servicios ambientales y recursos; infraestructura; o bienes económicos, sociales o culturales en lugares que podrían verse afectados negativamente (IPCC 2014a).

Impacto

Consecuencias del cambio climático en sistemas humanos y naturales (IPCC 2014a).

Mitigación (del cambio climático)

Intervención antropogénica para reducir las fuentes o mejorar los sumideros de gases de efecto invernadero (IPCC 2014a).

Resiliencia

Capacidad de un sistema social o ecológico de hacer frente a una perturbación y responder o reorganizarse de manera a mantener su función esencial, su identidad y estructura, así como su capacidad de adaptación, aprendizaje y transformación (IPCC 2014a).

Sensibilidad

Nivel en el que un sistema resulta afectado, ya sea negativa o positivamente, por estímulos relacionados con el clima. El efecto puede ser directo (por ejemplo, un cambio en la producción de las cosechas en respuesta al promedio, rango o variabilidad de temperatura) o indirecto (los daños causados por una mayor frecuencia de inundaciones costeras debido al aumento del nivel del mar) (IPCC 2014a).

Transversalidad

La transversalidad se refiere a la integración de objetivos, estrategias, políticas, medidas u operaciones orientadas a la adaptación a fin de que formen parte de las políticas, los procesos y presupuestos de desarrollo nacional y regional en todos los niveles y todas las etapas (PNUMA 2010).

Variabilidad del clima (Variabilidad climática)

Variaciones en el estado medio o en otros parámetros estadísticos (como la desviación estándar y la existencia de extremos) del clima en todas las escalas temporales y espaciales que sobrepasen eventos individuales del estado del tiempo. La variabilidad puede ser debida a procesos internos naturales del sistema climático (variabilidad interna) o a variaciones en las fuerzas externas naturales o antropogénicas (variabilidad externa) (IPCC 2014a).

Vulnerabilidad

Nivel al que un sistema es susceptible, o no es capaz de soportar, los efectos adversos del cambio climático, incluidos la variabilidad climática y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad se determina en función del carácter, magnitud y velocidad de la variación climática al que se encuentra expuesto un sistema, su sensibilidad, y su capacidad de adaptación (IPCC 2007).

Productor de café, Villa Rica, Perú. Foto C. Membreño

Bibliografía

Alexandre, C., Mas, I., y Radclif e, D. (2011). "Regulating New Banking Models to Bring Financial Services to All". *Challenge* (05775132), 54(3), 116-134. doi:10.2753/05775132540306.

Asociación Methane to Markets. (2008). La importancia del metano y las actividades de reducción de sus emisiones. https://www.globalmethane.org/documents/methane_fs_spa.pdf (página consultada el 17 de junio 2014).

Banco Mundial. (2013). Data: Agriculture, Value Added (% of GDP). http://data.worldbank.org/indicator/NV.AGR.TOTL.ZS/countries?display=default (página consultada el 19 de junio 2014).

Banco Mundial. (2014). Catalog Sources World Development Indicators. Agricultural land (% of land area). http://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.AGRI.ZS (página consultada el 23 de junio 2014).

Beniston, M. (2005). "Mountain Climates and Climatic Change: An Overview of Processes Focusing on the European Alps". *Pure and Applied Geophysics* (162), 1587–1606.

Boshell, J. F., León, G. E. y Peña, A. J. (2011). "Contextualización de los efectos del cambio climático en la agricultura". Serie Manuales N°3. Programa AACC. GIZ GmbH–Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit. http://www.infoandina.org/sites/default/files/contextualizacion_de_los_efectos_del_cambio_climatico_en_la_agricultura.pdf (página consultada el 17 de junio 2014).

Bradley, R. S., Vuille, M., Díaz, H. S. y Vergara, W. (2006). "Threats to Water Supplies in the Tropical Andes". *Science* (312), pp. 1755-1756.

California Environmental Protection Agency. (2004). Sulfuryl Fluoride (Vikane®) Risk Characterization Document Draft. http://cdpr.ca.gov/docs/emon/pubs/sulf uor/sf_rcddraft.pdf (página consultada el 17 de junio 2014).

Carmona, J.C., Bolívar, D.M. y Giraldo, L.A. (2005). "El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo". *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 18 (1), 49–63. http://rccp.udea.edu.co/index.php/ojs/article/viewFile/6/6 (página consultada el 17 de junio 2014).

Cainey, A. y Hagens, R.J. (2008). *Rural Banking 2.0 The Globalization of the Countryside*. Greater China: Booz & Company Inc.

CCAFS. (2014). "Fenómeno de El Niño puede generar ganadores y perdedores en la agricultura mundial". Blog de Noticias. Programa de Investigación de CGIAR en Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria. http://ccafs.cgiar.org/es/blog/fen%C3%B3meno-de-el-ni%C3%B1o-puede-generar-ganadores-y-perdedores-en-la-agricultura-mundial#.VAeBg2PTGlc (página consultada 3 de septiembre de 2014).

CDIAC. (2014). *Recent Greenhouse Gas Concentrations*. Carbon Dioxide Information Analysis Center. http://cdiac.esd.ornl.gov/pns/current_ghg.html (página consultada el 17 de junio 2014).

Centro de Comercio Internacional. (2010) *La Guía del Café: El Sector del Café y el Cambio Climático*. http://www.laguiadelcafe.org/guia-del-cafe/el-cambio-climatico/el-sector-del-cafe-y-el-cambio-climatico/#sthash.7wzVJTK0.dpuf (página consultada el 23 de junio 2014).

CIAT. (2013). *Evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático de la agricultura y del recurso hídrico en los Andes de Colombia, Ecuador y Perú*. Informe final del Centro Internacional de Agricultura Tropical al PNUMA. Proyecto REGATTA.

Chevallier, P., Pouyaud, B. y Suarez, W. (2004). *Climate change impact on the water resources from the mountains in Peru.* OECD Global Forum on Sustainable Development: Development and Climate Change. OECD, Paris.

Comisión Europea. (2013). European Union, trade in goods with Andean community (4). http://trade.ec.europa.eu/doclib/docs/2006/september/tradoc_113469.pdf (página consultada el 17 de junio 2014).

Comunidad Andina (s/f). *El Niño, La Niña*. En Línea: http://www.comunidadandina.org/public/Atlas_13_El_Nino_y_La_Nina.pdf.

Concari, G. (2010). "Sudamérica: Atractivo mercado microfinanciero". *INCAE Business Review*. 1 (10), pp.28-33.

Cuesta, F., Muriel, P., Beck, S., Meneses, R.I., Halloy, S., Salgado, S., Ortiz, E. y Becerra, M.T. (2012). *Biodiversidad y cambio climático en los Andes tropicales - Conformación de una red de investigación para monitorear sus impactos y delinear acciones de adaptación*. Red Gloria-Andes, Lima-Quito. http://www.gloria.ac.at/GLORIA_papers/Cuesta_etal_2012_Biodiversidad_y_cambio_climatico_en_los_Andes_Tropicales_CONDESAN.pdf (página consultada el 17 de junio 2014).

Cuesta Camacho, F. (2007). *Efectos del cambio climático en el rango de distribución de especies en los Andes del Norte*. La Paz: Curso GLORIA, Bolivia.

De Bièvre, B. y Acosta, L. (2012). "Ecosistemas altoandinos, cuencas y regulación hídrica". Área de Cuencas Andinas CONDESAN. http://www.condesan.org/portal/sites/default/files/publicaciones/archivos/articulo_luis_y_berth.pdf (página consultada el 17 de junio 2014).

Devaux, A., Ordinola, M. Hibon, A., y Flores, R. (2010). *El sector papa en la región andina Diagnóstico y elementos para una visión estratégica (Bolivia, Ecuador y Perú)*. Centro Internacional de la Papa. http://cipotato.org/publications/pdf/005363.pdf (página consultada el 23 de junio 2014).

Ecocrop. (2012). Ecocrop database. FAO. http://ecocrop.fao.org/ecocrop (página consultada el 23 de junio 2014).

FAO. (2008). *Agricultura para biodiversidad – Biodiversidad para agricultura*. En línea: https://www.cbd.int/doc/external/cop-09/fao-factsheet-es.pdf (página consultada el 18 de julio 2014).

FAO. (2010). *Global Forest Resources Assessment 2010*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. http://www.fao.org/forestry/fra/fra2010/en/ (página consultada el 17 de junio 2014).

FEPCMAC: Federación Peruana de Cajas Municipales de Ahorro y Crédito. (2012). *Cajas Municipales: Una Realidad en Microfinanzas con un Rol Social*. 1a ed. Lima: Perú: FEPCMAC.

Held, I. y Soden, B. (2000). "Retroalimentación del vapor de agua y el calentamiento global resumen". *Annual Review of Energy and the Environment* 25, 441-475. doi: 10.1146/annurev.energy.25.1.441.

Herzog, S.K., Martinez, R., Jørgensen, P.M. y Tiessen, H. (2011). *Cambio climático y biodiversidad en los Andes tropicales*. Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global (IAI), Sao José dos Campos, y Comité Científico sobre Problemas del Medio Ambiente (SCOPE), Paris http://www.iai.int/files/communications/publications/scientific/Climate_Change_and_Biodiversity_in_the_Tropical_Andes_SP/libro_completo.pdf (página consultada el 18 de junio 2014).

IFAD. (2013). *Adaptation in Practice: Increasing adaptive capacity through participatory mapping*. Rome: International Fund for Agricultural Development.

International Cof ee Organization. (2013). Exporting countries: Total production. http://www.ico.org/prices/po.htm (página consultada el 18 de junio 2014).

IPCC. (2001a). *The regional impacts of climate change*. GRID Arendal IPCC Special Reports. Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. http://www.grida.no/publications/other/ipcc_sr/?src=/climate/ipcc/regional/136.htm (página consultada el 18 de junio 2014).

IPCC. (2001b). *Working group III: Mitigation*. Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. http://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg3/index.php?idp=81 (página consultada el 19 de junio 2014).

IPCC. (2007a). *Cambio climático 2007 - Informe de síntesis*. Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf (página consultada el 18 de junio 2014).

IPCC. (2007b). *Cambio climático 2007- Informe del grupo de trabajo I*. Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml#1 (página consultada el 18 de junio 2014).

IPCC. (2010). *Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura: Resumen para responsables de políticas*. Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/srl-sp.pdf (página consultada el 18 de junio 2014).

IPCC. (2013). *Climate change 2014: Impacts, adaptation and vulnerability: Technical summary*. Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. http://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/WGIIAR5-TS_FGDall.pdf (página consultada el 20 de junio 2014).

IPCC. (2014a). *Summary for policymakers*. En: *Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: Global and sectoral aspects. Contribution of working group II to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change* [Field, C.B., Barros, V.R., Dokken, D.J, Mach, K.J., Mastrandrea, M.D., Bilir, T.E., Chatterjee, M., Ebi, K.L., Estrada, R.C., Genova, R.C., Girma, B., Kissel, E.S., Levy, A.N., MacCracken, S., Mastrandrea, P.R., and White, L.L. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge and New York http://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/IPCC_WG2AR5_SPM_Approved.pdf (página consultada el 18 de junio 2014).

IPCC. (2014b). *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Jiménez Noboa, S., Castro, L., Yepez, J. y Wittmer, C. (2012). *Impacto del cambio climático en la agricultura de subsistencia en el Ecuador*. Fundación Carolina. http://www.fundacioncarolina.es/es-ES/publicaciones/avancesinvestigacion/Documents/AI66.pdf (página consultada el 18 de julio 2014).

Josse, C., Cuesta, F., Navarro, G., Barrena, V., Cabrera, E., Chacón-Moreno, E., Ferreira, W., Peralvo, M., Saito, J. y Tovar, A. (2009). *Ecosistemas de los Andes del norte y centro. Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela*. Secretaría General de la Comunidad Andina. Programa Regional ECOBONA-Intercooperation, CONDESAN-Proyecto Páramo Andino, Programa BioAndes, EcoCiencia, NatureServe, IAvH, LTA-UNALM, ICAE-ULA, CDC-UNALM, RUMBOL SRL. Lima http://www.condesan.org/ppa/sites/default/files/recursos/archivos/atlas_memoria_tecnica.pdf (página consultada el 18 de junio 2014).

Juen I., Kaser, G. y Georges, C. (2007). "Modelling observed and future runof from a glacierized tropical catchment (Cordillera Blanca, Peru)". *Global and Planetary Change* 59 (1-4), 37-48.

Karl, T. R., Melillo, J.M. y Peterson, T.C. (eds) (2009). *Global climate change impacts in the United States*. Cambridge University Press.

Kaser G., Juen, I., Georges, C., Gomez, J. y Tamayo, W. (2003). "The impact of glaciers on the runof and the reconstruction of mass balance history from hydrological data in the tropical Cordillera Blanca, Peru". *Journal of Hydrology* 282 (1-4), 130-144.

Krüger, J.P. y Gerold, G. (2003). *Estimation of a potential landscape development regarding factors of forest conversion and soil degradation in eastern Bolivia*. University of Goettingen, Goettingen.

La Marca, E., Lips, K. R., Lötters, S., Puschendorf, R., Ibañez, R., Rueda-Almonacid, V., Schulte, R., Marty, C., Castro, F., Manzanilla-Puppo, J., García-Perez, J.E., Bolanos, F., Chaves, G., Pounds, A., Toral, E. y Young, B.E. (2005). "Catastrophic Population Declines and Extinctions in Neotropical Harlequin Frogs (Bufonidae: Atelopus)". *Biotropica* 37:190-201.

Lau, C., Jarvis, A. y Ramírez, J. (2011). "Agricultura Colombiana: Adaptación al cambio climático". *CIAT Políticas en Síntesis* no. 1. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali. http://ciat.cgiar.org/wp-content/uploads/2012/12/politica_sintesis1_colombia_cambio_climatico.pdf (página consultada el 18 de junio 2014).

Lhumeau, A. y Cordero, D. (2012). *Adaptación basada en Ecosistemas: una respuesta al cambio climático*. UICN, Quito, Ecuador. http://intranet.catie.ac.cr/intranet/posgrado/BB507%20Cambio%20Global/Documentos/2013/lecturas/Lhumeau,%20Cordero%20-%202012%20adaptaci%C3%B3n%20basado%20en%20ecosistemas.pdf (página consultada el 30 de junio 2014).

Lindell, L., Astrom, M., Claesson, T., Lindstrom, M. and Peltola, P. (S/F). "Influencia de la deforestación y del uso del suelo en los recursos naturales de la selva alta peruana". *Geoquímica medioambiental y multielemental.* http://www.skb.se/03f5743d-f66a-443e-9313-613d5f7640df.fodoc (página consultada 4 de julio 2014).

Mark, B.G. y Seltzer, G.O. (2003). "Tropical glacier meltwater contribution to stream discharge: a case study in the Cordillera Blanca, Peru". *Journal of Glaciology* 49 (165), 271-281.

Maurer, K. (2010). *Where is the risk? Is agricultural banking really more difficult than other sectors?* Prepared for the KfW Financial Sector Development Symposium 2010. https://www.kfw-entwicklungsbank.de/migration/Entwicklungsbank-Startseite/Development-Finance/Sectors/Financial-System-Development/Events/Symposium-2010/Paper-Where-is-the-risk-Is-agricultural-banking-really-more-dif cult-than-other-sectors.pdf (página consultada el 24 de junio 2014).

Microfinance Information Exchange, Inc. (2014). *Colombia Market Profile*. En línea http://mixmarket.org/mfi/country/Colombia. (página consultada el 4 de agosto 2014).

Microfinance Information Exchange, Inc. (2014). *Peru Market Profile*. En línea http://mixmarket.org/mfi/country/Peru. (página consultada el 4 de agosto 2014).

Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. World Resources Institute. Island Press, Washington, DC.

Ministerio Peruano de Economía y Finanzas. (2014). Estudio de impacto económico del cambio climático en el Perú. http://www.mef.gob.pe/index.php?option=com_content&view=article&id=2434&Itemid=101689&lang=es (página consultada el 18 de junio 2014).

Mulligan, M. y Rubiano, J. (2010). "Cambio climático y su impacto en la agricultura". *Revista Palmas* 31 Especial. http://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1537/1537 (página consultada 18 de junio 2014).

Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., da Fonseca, G.A.B. y Kent, J. (2000). "Biodiversity hotspots for conservation priorities". *Nature* 403, 853-58.

NASA (2013). *Global climate change: Vital signs of the planet*. National Aeronautics and Space Administration. http://climate.nasa.gov/evidence (página consultada el 19 de junio 2014).

O'Gormon (2012). "Sensitivity of tropical precipitation extremes to climate change". *Natural Geoscience* 5, 697-700.

Ortiz, R. (2012). *El cambio climático y la producción agrícola*. Banco Interamericano de Desarrollo (BID). http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=36736182 (página consultada el 18 de junio 2014).

Pérez, A., Muñoz, M., Páez, K. y Triana, J. (2009) *The Ecosystem Approach and Climate Change Adaptation: lessons from the Chingaza Massif, Colombia*, IUCN.

Pérez, C., Nicklin, C., Dangles, O., Vanek, S., Sherwood, S., Halloy, S., Garrett, K.A., y Forbes, G. (2010). "Climate Change in the High Andes: Implications and Adaptation Strategies for Small-scale Farmers". *The international journal of environmental, cultural, economic and social sustainability*. 6(5), 71-88.

Pidwirny, M. (2006). "Climate Classification and Climatic Regions of the World". *Fundamentals of Physical Geography*, 2nd Edition. http://www.physicalgeography.net/fundamentals/7v.html (página consultada 4 de julio 2014).

PNUD. (2008). *La hoja de ruta de Bali: Los temas claves en la migración*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, New York. http://inac.gub.uy/innovaportal/file/5227/1/la_hoja_de_ruta_de_bali.pdf#page=127 (página consultada 27 de junio 2014).

PNUD. (2009). *Glosario corto de términos y conceptos importantes relacionados con el cambio climático*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo Colombia. http://www.pnud.org.co/img_upload/6162646162643434353537373735353 5/CAMBIOCLIMATICO/2.%20Memorias%20Di%C3%A1logo%20Nacional%20Lucha%20contra%20la%20pobreza%20y%20adaptaci%C3%B3n%20al%20cambio%20clim%C3%A1tico/2.2.%20Material%20Mesas%20trabajo/Glosario%20terminos%20CambioClimatico.pdf (página consultada el 18 de Julio 2014).

PNUMA. (2003). *GEO LAC (América Latina y el Caribe, Perspectivas de medio Ambiente 2003)*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, México.

PNUMA. (2010). *Gráficos vitales del cambio climático para América latina y el Caribe*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Panamá.

PNUMA. (2011). *Seguimiento a nuestro medio ambiente en transformación: de Río a Río+20 (1992-2012)*. División de Evaluación y Alerta Temprana (DEWA), Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Nairobi.

PNUMA – Frankfurt School. (2013). *Microfinanzas para la adaptación basada en ecosistemas: Opciones, costos y beneficios*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Panamá.

Pounds, J. A., Bustamante, M.R., Coloma, L.A., Consuegra, J.A., Fogden, M.P.L., Foster, P.N., La Marca, E., Masters, K.L., Merino-Viteri, A., Puschendorf, R., Ron, S.R., Sánchez-Azofeifa, G.A., Still, C.J. y Young, B.E. (2006). "Widespread amphibian extinctions from epidemic disease driven by global warming". *Nature* 439, 161-167.

Poveda, G. (2009). "Evidence of climate and environmental change on water resources and malaria in Colombia". *Earth and Environmental Science* 6. doi:10.1088/1755-1307/6/9/292054.

Poveda, K., Martínez, E., Kersch Becker, M.F., Bonilla, M.A. y Tscharntke, T. (2012). "Landscape simplification and altitude af ect biodiversity, herbivory and Andean potato yield". *Journal of Applied Ecology* 49 (2), 513-522.

Price, M.F., Gratzer, G., Alemayehu Duguma, L., Kohler, T., Maselli, D. y Romeo, R. (2011). *Mountain forests in a changing world - Realizing values, addressing challenges*. FAO/MPS and SDC, Rome.

Programa Nacional de Cambios Climáticos. (2003). *Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero de Bolivia para la década 1990-2000 y sus análisis tendencial*. La Paz: Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación Viceministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

PROEXPORT Colombia y Sociedad Agricultores de Colombia (SAC). (2012). Sector Agroindustrial Colombiano. http://www.inviertaencolombia.com.co/Adjuntos/Perfil%20Sector%20Agroindustrial%20Colombiano%20-%202012.pdf (página consultada el 23 de junio 2014).

Ramirez-Villegas, J., Salazar, M., Jarvis, A. y Navarro-Racines, C.E. (2012). "A way forward on adaptation to climate change in Colombian agriculture: perspectives towards 2050". *Climatic Change* 115, 611–628.

Rengifo, J.M., Himuer, Y. y Romero Zeballos, J.L. (2005). *Manual de operación y mantenimiento de un sistema de riego por goteo*. PREDES Centro de Estudios y Prevención de Desastres, Arequipa. http://www.predes.org.pe/predes/cartilla_riegoteo.pdf (página consultada 27 de junio 2014).

Rodríguez, M. (2005). *Cambio del paisaje en la cuenca del río Capaz*. ICAE. Universidad de Los Andes. Mérida.

Rodríguez-Eraso, N., Pabón-Caicedo, J.D., Bernal-Suárez, N.R., Martínez-Collantes, J. (2010). *Cambio climático y su relación con el uso del suelo en los Andes colombianos*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Universidad Nacional de Colombia y Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación.

Sala, O.E., Chapin III, F.S., Armesto, J.J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., Huber-Sanwald, E., Huenneke, L.F., Jackson, R., Kinzig, A., Leemans, R., Lodge, D., Mooney, H.A, Oesterheld, M., Pof , N., L., Sykes, M.T., Walker, B.H., Walker, M. y Wall, D.H. (2000). "Global biodiversity scenarios for the year 2100". *Science* 287, 1770-1774.

Secretaría General de la Comunidad Andina. (2009). *Atlas de las dinámicas del territorio andino: población y bienes expuestos a amenazas naturales*. Corporación OSSO, Cali. http://www.comunidadandina.org/predecan/doc/libros/atlas.pdf (página consultada el 18 de junio 2014).

Secretariat of the Convention on Biological Diversity (CBD) (2009). *Connecting Biodiversity and Climate Change Mitigation and Adaptation:* Report of the Second Ad Hoc Technical Expert Group on Biodiversity and Climate Change. Montreal, Technical Series No. 41, 126 pages.

SIAC. (s/f). *Monitoreo de la deforestación mediante el procesamiento digital de imágenes*. Sistema de Información Ambiental de Colombia. https://www.siac.gov.co/documentos/DOC_Portal/DOC_Bosques/DEFORESTACI%C3%93N%20INSERTO.pdf (página consultada el 20 de junio 2014).

Sierra-Almeida, A. y Cavieres, L. (2010). Summer freezing resistance decreased in high-elevation plants exposed to experimental warming in the central Chilean Andes. *Oecologia* 163, 267-276.

Simms A., y Reid, H. (2006). *Up in Smoke? Latin America and the Caribbean, The threat from climate change to the environment and human development*. The third report from the Working Group on Climate Change and Development International Institute for Environment and Development.

Slaymaker, O., Spencer, T., Embleton-Hamann, C. (2009). *Geomorphology and Global Environmental Change*. Cambpridge University Press.

Stadtmüller, T. (1986). *Cloud forests in the humid tropics: a bibliographic review*. The United Nations University and CATIE. Turrialba.

Stern, N. (2006). *STERN REVIEW: The Economics of Climate Change.* Cambridge University Press. En Línea: http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20130129110402/http://www.hm-treasury.gov.uk/stern_review_report.htm (página consultada el 18 de julio 2014).

Tapia, M.E. y Fries, A.M. (2007). *Guía de campo de los cultivos andinos*. FAO y ANPE, Lima.

Tejedor Garavito, N., Álvarez, E., Arango Caro, S., Araujo Murakami, A., Blundo, C., Boza Espinoza, T.E., La Torre Cuadros, Gaviria, J., Gutíerrez, N., Jørgensen, P.M., León, B., López Camacho, R., Mlizia, L., Millán, B.B., Moraes, M., Pacheco, S., Rey Benayas, J.M., Reynel, C., Timaná de la Flor, M., Ulloa Ulloa, C., Vacas Cruz, O., Newton, A.C. (2012). "Evaluación del estado de conservación de los bosques montanos en los Andes tropicales". *Ecosistemas* 21 (1-2), 148-166. http://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/34 (página consultada el 19 de junio 2014).

The Economist Intelligence Unit. (2013). *Microscopio global sobre el entorno de negocios para las microfinanzas 2013*. En línea http://www.redcamif.org/uploads/tx_rtgfiles/Microscopio_Global_sobre_el_entorno_de_negocios_para_las_microfinanzas_2013.pdf.

Tovar Narváez, A., Tovar Ingar, C., Saito Díaz, J., Soto Hurtado, A., Regal Gsatelumendi, F., Cruz Burga, Z., Véliz Rosas, C., Vásquez Ruesta, P. y Rivera Campos, G. (2010). *Yungas Peruanas - Bosques montanos de la Vertiente oriental de los Andes del Perú. Una perspectiva ecorregional de la conservación*. Centro de Datos para la Conservación de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Punto Impreso S.A., Miraflores.

UNEP. (2005). *Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer* pp 82. En Línea: http://ozone.unep.org/teap/Reports/TEAP_Reports/teap-supplement-ippc-teap-report-nov2005.pdf (página consultada el 18 de julio 2014).

UNEP. (2012). GEO-5. Global Environnent Outlook. *Environment for the future we want.* United Nations Environment Programme. Progress Press. LTD. Malta.

UNEP y GRID-Arendal (s/f). Vital Climate Graphics: Potential Impacts of Climate Change. http://www.grida.no/climate/vital/28.htm (página consultada el 24 de junio 2014).

UNFCCC. (2007). *Climate change: Impacts, vulnerabilities and adaptation in developing countries*. United Nations Framework Convention on Climate Change http://unfccc.int/resource/docs/publications/impacts.pdf (página consultada el 19 de junio 2014).

UNFCCC. (2014). *Global warming potentials*. United Nations Framework Convention on Climate Change. https://unfccc.int/ghg_data/items/3825.php (página consultada el 18 de junio 2014).

Urrutia, R. y Vuille, M. (2009). "Climate change projections for the tropical Andes using a regional climate change model: Temperature and precipitation simulations for the 21st Century". *Journal of Geophysical Research* 114, 1-15.

USDA. (2013). "Cof ee: world markets and trade". *Foreign Agricultural Service Circular Series*. Diciembre 2013. United States Department of Agriculture. http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/cof ee.pdf (página consultada el 19 de junio 2014).

US EPA. (2000). Cloroformo de Metilo. Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/trichlor.html (página consultada el 19 de junio 2014).

US EPA. (2012a). *Indicadores del Cambio Climático en los Estados Unidos*. Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos http://epa.gov/climatechange/science/indicators/ghg/index.html (página consultada el 19 de junio 2014).

US EPA. (2012b). *Indicadores del Cambio Climático en los Estados Unidos*. Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos http://www.epa.gov/climatechange/pdfs/CI-introduction-2012.pdf (página consultada el 19 de junio 2014).

US EPA. (2014). Greenhouse gas inventory Data Explorer. En línea: http://www.epa.gov/climatechange/ghgemissions/inventoryexplorer/ (página consultada el 20 de junio 2014).

Vuille, M., Bradley, R.S., Werner, M. y Keimig, F. (2003). "20th century climate change in the tropical Andes: observations and model results". *Climatic Change* 59, 75-99.

Wassenaar, T., Gerber, P., Verburg, P.H., Rosales, M., Ibrahim, M. y Steinfeld, H. (2007). "Projecting land use changes in the Neotropics: The geography of pasture expansion into forest". *Global Environmental Change* 17, 86-104.

World Meteorological Organization (WMO) (2007). *La niña y los fenómenos meteorológicos extremos actuales*. En Línea: http://www.wmo.int/pages/index_es.html (página consultada el 18 de julio 2014).

WRI. (2005). *Navigating the numbers: Greenhouse Gas Data and International Climate Policy*. Climate Analysis Indicator Tool (CAIT) December 2005. World Resource Institute.

Yorke, D. A. (1982). "The definition of market segments for banking services". *European Journal of Marketing*, 16(3), 14-22.

Zapata Caldas, E., Jarvis, A., Ramírez, J. y Lau, C. (2011). "Potenciales impactos del cambio climático en cultivos andinos". *Panorama Andino sobre cambio climático*. Decision and Policy Analysis Program (DAPA), CONDESAN, SGCAN, Lima-Quito http://www.condesan.org/portal/sites/default/files/publicaciones/archivos/informe_pacc_cultivos.pdf (página consultada el 19 de junio 2014).

PNUMA

Frankfurt School
UNEP Collaborating Centre
for Climate & Sustainable Energy Finance

MEBA
microfinanzas para la adaptación
basada en ecosistemas

Fomentado por el:

Ministerio Federal
de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza,
Obras Públicas y Seguridad Nuclear

en virtud de una resolución del
Parlamento de la República Federal de Alemania