

# Evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático de la agricultura y del recurso hídrico en los Andes de Colombia, Ecuador y Perú





# INFORME FINAL



**RESUMEN**

### **Autores:**

Área de Investigación en Análisis de Políticas  
(**DAPA**)-Centro Internacional de Agricultura  
Tropical (**CIAT**)

### **Contacto**

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)

Km 17, Recta Cali-Palmira

Apartado Aéreo 6713

Cali, Colombia

Teléfono: +57 2 4450000

Fax: +57 2 4450073

E-mail: [ciat@cgiar.org](mailto:ciat@cgiar.org)

### **Financiadores:**

El proyecto "Evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático de la agricultura y del recurso hídrico en los Andes de Colombia, Ecuador y Perú" es financiado por el Gobierno de España y el Ministerio de relaciones Exteriores de Noruega a través del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (**PNUMA**).

### **Agradecimientos:**

Agradecemos la contribución que realizaron al presente estudio las siguientes personas:

#### **Colombia**

Nestor Hernández	MADR
Olga Lucía Ospina	MADS
Rodrigo Cely	DNP
Juan Gabriel Osorio	IDEAM

#### **Perú**

Jannet Sanabria Quispe	SENAMHI
Alan Llacza Rodríguez	SENAMHI
Rogger Morales H.	MINAM
Nestor Choquehuanca	ANA

#### **Ecuador**

Robert Erreis	MAE
---------------	-----

### **Fotografías**

Neil Palmer (*CIAT*)

# CONTENIDO

	Página
<i>Introducción</i>	5
<i>Capítulo 1. Generalidades del estudio</i>	6
<i>Capítulo 2. Exposición</i>	7
<i>Capítulo 3. Sensibilidad del recurso hídrico</i>	10
<i>Capítulo 4. Sensibilidad agropecuaria y social</i>	13
<i>Capítulo 5. Capacidad de adaptación</i>	18
<i>Capítulo 6. Servicios ecosistémicos</i>	21
<i>Capítulo 7. Análisis de vulnerabilidad</i>	22
<i>Capítulo 8. Medidas de adaptación preliminares</i>	29
<i>Bibliografía</i>	36



## INTRODUCCIÓN

El proyecto Portal Regional para la Transferencia de Tecnología y la Acción frente al Cambio Climático en América Latina y el Caribe (REGATTA) tiene como objetivo principal el fortalecimiento de capacidades y la promoción e intercambio de conocimientos sobre tecnologías y experiencias en materia de cambio climático, en el ámbito de la mitigación y adaptación, para la región de América Latina y el Caribe.

El presente proyecto se enmarca dentro del proyecto REGATTA y pretende generar un espacio para compartir conocimientos entre diferentes actores que trabajan y están involucrados con los impactos del cambio climático en el sector agropecuario y en el recurso hídrico en la región Andina de Colombia, Ecuador y Perú. Un primer paso del trabajo es el desarrollo de un estudio sobre la vulnerabilidad al cambio climático de la agricultura y del recurso hídrico en esta región, identificar medidas de adaptación en conjunto con gremios, investigadores, ONG, etc. En este estudio de vulnerabilidad, se sigue el enfoque propuesto por el panel intergubernamental sobre cambio climático (IPCC) mediante la combinación de la exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación.

En el primer caso, se construyen escenarios de Cambio Climático (CC), para el segundo, mediante modelación de cultivos y la capacidad de adaptación, mediante indicadores socioeconómicos.

Toda esta información servirá de insumo para orientar las discusiones que se generen en el espacio para compartir conocimientos mediante una plataforma virtual. La plataforma virtual tiene como eje principal el desarrollo de foros electrónicos acerca de temas como: la construcción de escenarios climáticos, modelación de cultivos, análisis de vulnerabilidad y medidas de adaptación.

**PNUMA**  
por medio del Centro  
Internacional de Agricultura  
Tropical, lidera el Centro de  
Conocimiento para la Evaluación  
de Vulnerabilidad e Impacto frente al  
Cambio Climático en los Andes de  
Colombia, Ecuador y Perú.  
[Más información](#)



Foto: Maíz, Llanos Orientales.

# CAPÍTULO 1

## GENERALIDADES DEL ESTUDIO

El estudio se circunscribe a la región Andina de Colombia, Ecuador y Perú (Figura 1). La región Andina de Colombia, Ecuador y Perú cubre una superficie cercana a 1.1 millones de km<sup>2</sup>. La población que vive en la región Andina de los tres países cuenta con casi 45 millones de habitantes. La densidad poblacional de los tres países es cercana a los 31 habitantes<sup>1</sup> por Km<sup>2</sup>, mientras que en la región Andina de los tres países se incrementa a 40, indicando que las zonas montañosas concentran un poco más a los pobladores en estos países.



**Figura 1.** Zona de estudio del proyecto PNUMA-CIAT, límite basado en la definición de la CAN 2009.

La Región Andina de Colombia, Ecuador y Perú se caracteriza particularmente por su relieve, en su gran mayoría conformado por zonas montañosas pertenecientes a la cordillera de los Andes, con algunos picos volcánicos que pueden alcanzar los 5.000 metros de altura. En algunos casos se pueden presentar mesetas y valles interandinos, donde generalmente se desarrollan cultivos transitorios intensivos o ganadería de lechería especializada, y en menor cantidad algunos cultivos perennes. En las partes altas de la región de estudio, se encuentran zonas de gran importancia hidrológica, como páramos, bofedales y glaciares, considerados reservorios o reguladores hídricos de usuarios de agua en las partes medias y bajas de las cuencas hidrográficas (hidroeléctricas, riego, consumo humano).

La región Andina de Colombia, Ecuador y Perú posee una enorme diversidad de climas y microclimas. En los Andes de Colombia, la temperatura media puede variar desde 0 °C en las partes más altas hasta los 30 °C en los valles interandinos, incluso temperaturas más altas dado al fenómeno del niño. Por su parte, la precipitación varía entre 1.000 y 2.500 mm/año ó más en algunas regiones en particular, dado a la frecuente incidencia del fenómeno de la niña en el trópico. En el caso de Ecuador, la zona central de los Andes es seca y fría. Parte de los Andes ecuatorianos presenta promedios anuales de precipitación cercanos a los 500 mm/año. En el caso de Perú, el clima es más diverso, los Andes peruanos son secos y fríos, la región sur posee zonas áridas, semiáridas y secas. Entre noviembre y marzo es el período de lluvias, alcanzando valores de hasta 1.000 mm/año.

Los riesgos naturales más comunes que se afrontan en los Andes de Colombia son lluvias torrenciales, las cuales causan inundaciones en los valles interandinos. En el caso de Ecuador, las sequías y la baja disponibilidad de agua es un factor limitante de la producción agrícola en la alta montaña. En Perú, las heladas, sequías, inundaciones y la baja disponibilidad de agua son las amenazas más frecuentes para la producción agrícola.

<sup>1</sup>Es necesario aclarar que los datos poblacionales fueron tomados de los años en los cuales se realizaron Censos: para Colombia, año 2005, para Perú, año 2007, y para Ecuador, año 2010. De aquí en adelante los cálculos presentados se estimaron con estas

## EXPOSICIÓN

## 2.1 Metodología

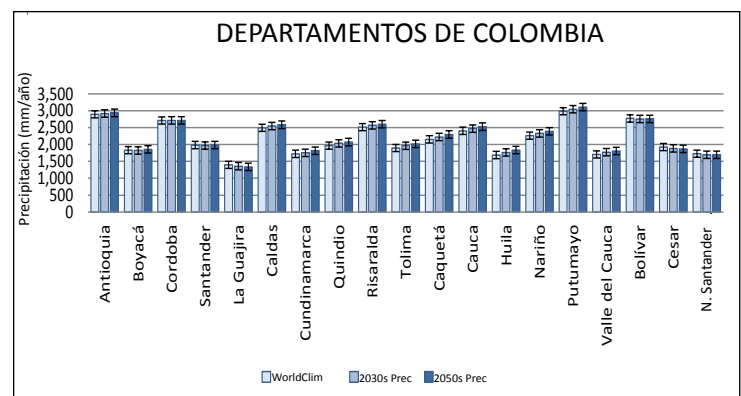
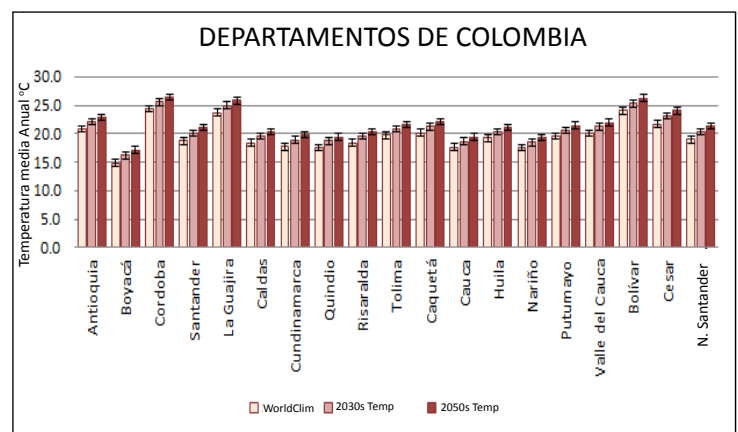
Para la línea base climática, se usó la base de datos de WorldClim (<1 km<sup>2</sup> al Ecuador), mientras que para el caso de la generación de escenarios climáticos, se obtuvieron datos de 19 Modelos Climáticos Globales pertenecientes al SRES (*Special Report on Emission Scenarios*) A2 del Cuarto Reporte de Evaluación del IPCC (2007). Los datos fueron interpolados utilizando los centroides de los píxeles a la resolución original, y obteniendo superficies de 1 km de resolución (30 arcseg).

Para el presente estudio, se utilizó una técnica de reducción de escala estadística llamada "Reducción de escala delta" (Ramírez y Jarvis, 2010), que incluye el uso de la superficie alta resolución de línea base WorldClim (Hijmans et al., 2005). El método, básicamente, produce una superficie suavizada (interpolación) de los cambios en los climas (deltas o anomalías) y luego se aplica esta superficie interpolada al clima de referencia (WorldClim), teniendo en cuenta el posible sesgo debido a la diferencia en las líneas de base.

## 2.2 Resultados

La **Figura 2**, muestra los cambios promedio y la desviación estándar de las anomalías para precipitación total anual y temperatura media anual. En el caso de Colombia, para el norte de la región Andina se observan disminuciones de precipitación de hasta 40 mm/año en 2030s y 80 mm/año en 2050s, mientras que algunas partes del sur de la región Andina, se observan aumentos de alrededor de 80 mm/año en 2030s y 160 mm/año en 2050s. Las disminuciones más significativas en la precipitación total se prevén serán en la región de los Santanderes, mientras que se prevén aumentos en Valle del Cauca, Cauca, Quindío, Nariño, Tolima y Huila.

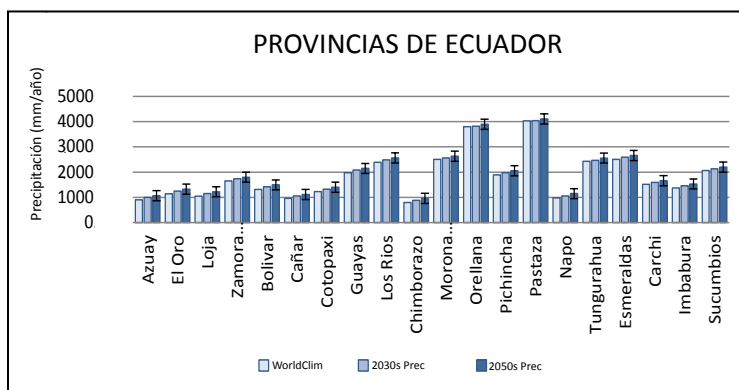
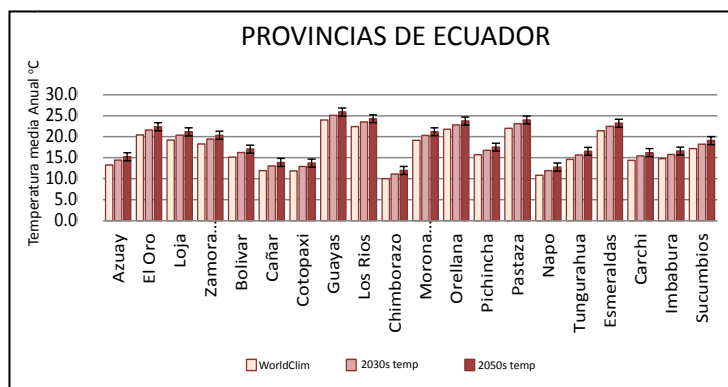
El patrón de anomalías en 2030s de precipitación es muy similar al mostrado por los modelos en 2050s, pero en magnitudes diferentes. Mientras que el cambio de precipitación del 2030s está en el rango de -3 a 3%, y para 2050s los rangos están entre -6 a 5%. Las tendencias principales proyectadas de la temperatura media anual indican aumento en todos los Andes. En 2030s se espera un aumento de la temperatura media anual entre 1,0 y 1,4°C, y 1,8 y 2,4 °C para 2050s.



**Figura 2.** Proyecciones de cambio en temperatura (superior) y precipitación (inferior) en diferentes departamentos de la región Andina de Colombia.

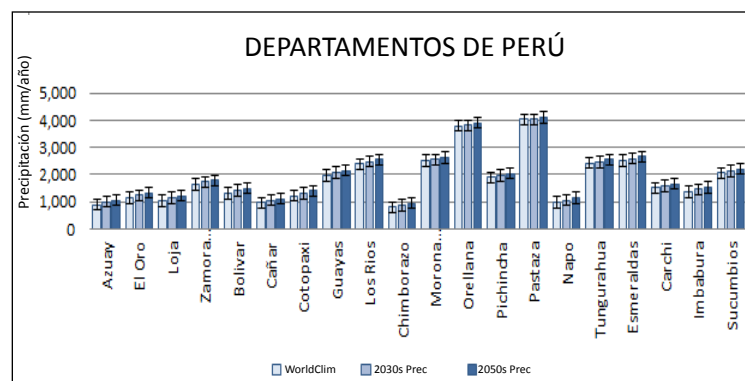
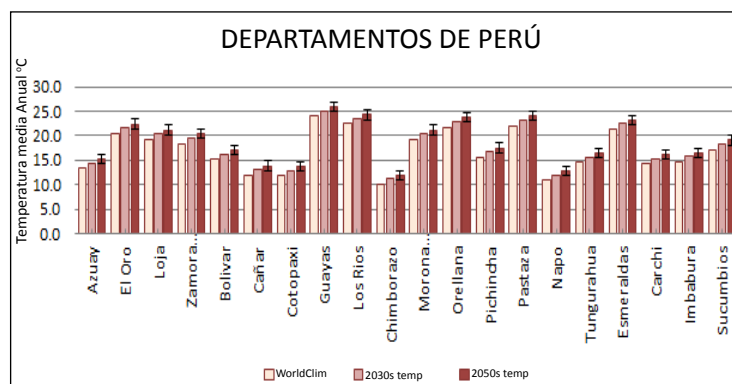


**Figura 3.** En el Caso de Ecuador, la proyección muestra un aumento general de las precipitaciones, especialmente en los departamentos de Manabí, Santa Elena, Guayas, El Oro y Loja. El aumento se estima en un máximo de 160 mm/año en 2030s y 200 mm/año en 2050s. En los Andes ecuatorianos, habría un aumento de la temperatura media anual entre 0,9 y 1,6 °C para 2030s, y 1,7 y 2,8 °C para 2050s, con mayor influencia en la región de las provincias de Sucumbíos, Orellana y Pastaza.



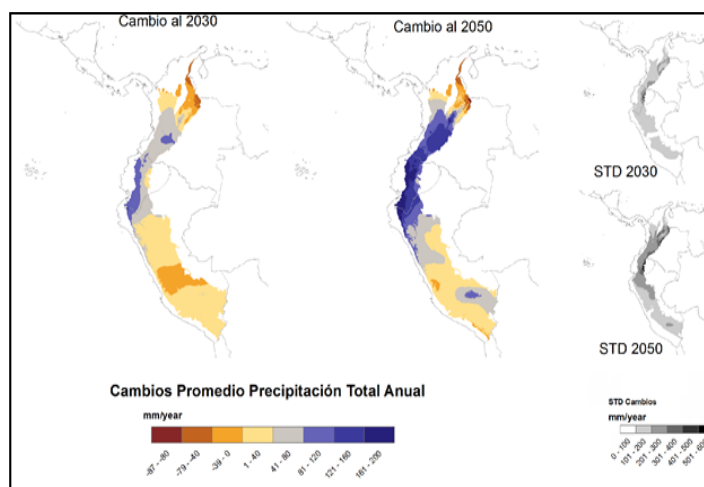
**Figura 3.** Proyecciones de cambio en temperatura (superior) y precipitación (inferior) en diferentes provincias de la región Andina de Ecuador.

En el caso de Perú, (**Figura 4**) el promedio de los modelos indican amentos de precipitación anual fuertes hacia el norte de hasta 80 mm/año en 2030s y 180 mm/año en 2050s, pero más leves hacia el sur, donde habrían cambios de máximo 40 mm/año y 120 mm/año, respectivamente entre los dos períodos. Al igual que en los otros dos países, los modelos indican un aumento general de la temperatura media anual, cuya magnitud no supera los 1,6 °C en 2030s y los 2,8 °C en 2050s.



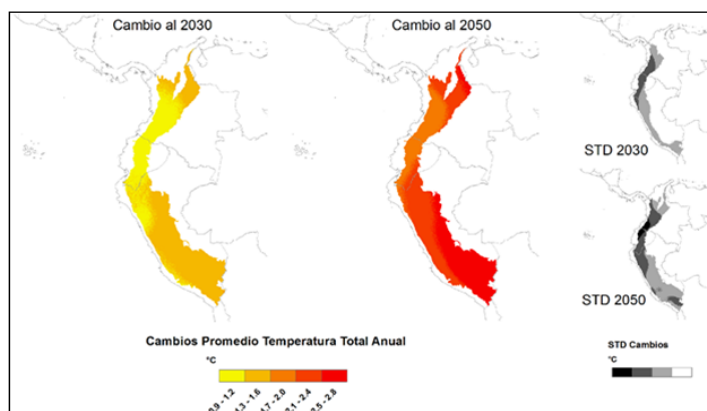
**Figura 4.** Proyecciones de cambio en temperatura (superior) y precipitación (inferior) en diferentes departamentos de la región Andina de Perú.

Según las anteriores estimaciones, la región Andina de estos tres países podría verse afectada por un calentamiento entre 0,9 y 2,8 °C y por alteraciones de la precipitación que podría estar entre -3 y 10% del acumulado anual promedio presente.



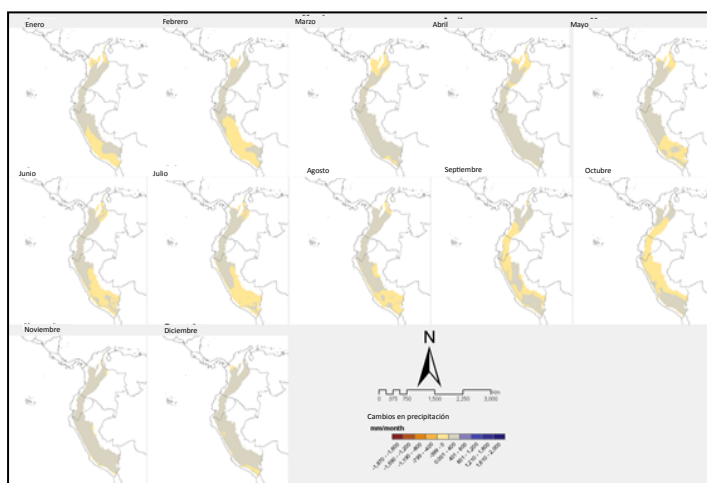
**Figura 5.** Promedio de las anomalías de precipitación total anual a 2030s y 2050s (corte de la región Andina).

En la Figura 5, se observa la distribución geográfica de las anomalías en la precipitación anual, indicando que habría a 2050s aumentos de precipitación superiores a 80 mm/año en la zona centro y sur de la región Andina de Colombia, a lo largo de la región Andina de Ecuador, y en la zona norte de la región Andina de Perú. Igualmente podrían presentarse disminuciones de la precipitación en la zona norte de la región Andina de Colombia, y en la zona centro de la región Andina de Perú.



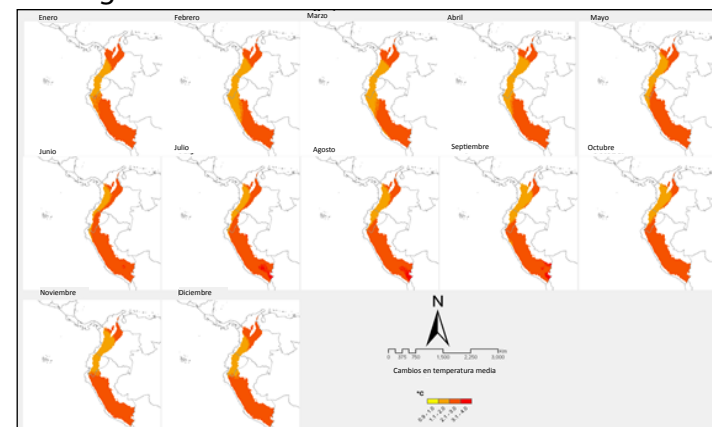
**Figura 6.** Promedio de las anomalías de temperatura media anual a 2030s y 2050s con corte de la región Andina.

La Figura 6 muestra la distribución geográfica de las anomalías en temperatura a 2030s y 2050s. Se observa que la temperatura incrementaría progresivamente a través del tiempo, y que existe una cierta tendencia a que las anomalías se incrementen en sentido occidente a oriente. Igualmente se observan mayores valores de anomalías en la zona norte de la región Andina de Colombia, y en la zona sur de la región Andina de Perú.



**Figura 7.** Anomalías mensuales en la precipitación a 2050s para los tres países y con corte de la región

En cuanto a precipitación mensual (Figura 7), los modelos muestran que para la zona norte de la región Andina de Colombia, a pesar de que la precipitación anual disminuiría, se observa que en algunos meses dichas valores de precipitación podrían aumentar. Por su parte, en la región Andina de Ecuador, a pesar que la precipitación anual aumentaría, en los meses de septiembre y octubre la precipitación podría reducirse. Lo anterior indica que los cambios anuales en precipitación no se distribuyen homogéneamente a lo largo del año.



**Figura 8.** Anomalías mensuales temperatura media a 2050s para los tres países con corte de la región Andina.

En el caso de las anomalías mensuales de temperatura (Figura 8), los modelos indican que los cambios en temperatura serían homogéneos a lo largo del año.

Un aspecto muy importante cuando se analizan los resultados de modelos climáticos, es la incertidumbre. La dispersión entre modelos para precipitación es alta y se acentúa significativamente a lo largo de la región Andina, probablemente producto de la dificultad de los modelos en resolver gradientes topográficos complejos (un problema que se atribuye a la resolución tan gruesa de los modelos) o por la cantidad de lluvia que cae en esa región.

## CAPÍTULO 3

### SENSIBILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO

El análisis de sensibilidad del recurso hídrico se realizó para nueve cuencas de la región Andina de los tres países. Las cuencas seleccionadas fueron: Coello, Neiva, Alto Magdalena y Taraza en Colombia; Quijos y Juval en Ecuador; Cañete, Ilo-Moquegua y Locumba en Perú. La selección de estas cuencas obedeció a criterios relacionados con la importancia de la cuenca como aportante de agua a zonas agrícolas, a cuencas de importancia estratégica para instituciones gubernamentales consultadas, o a la presencia del proyecto microfinanciamiento de medidas de adaptación basadas en ecosistemas (MEBA) desarrollado por PNUMA.

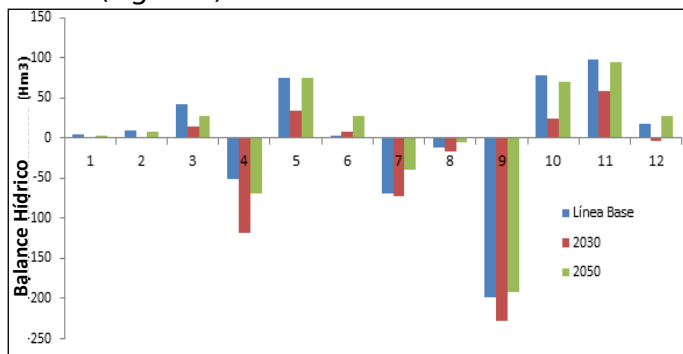
#### 3.1 Metodología del análisis de la sensibilidad del recurso hídrico

Se determinó el impacto del cambio climático sobre el balance hídrico en las nueve cuencas a través de la modelación de la situación actual, y los escenarios de cambio climático a 2030s y a 2050s. El impacto se calcula a través de un análisis comparativo entre el balance hídrico de la línea base frente a los dos escenarios de cambio climático.

#### 3.2 Resultados del análisis de la sensibilidad del recurso hídrico

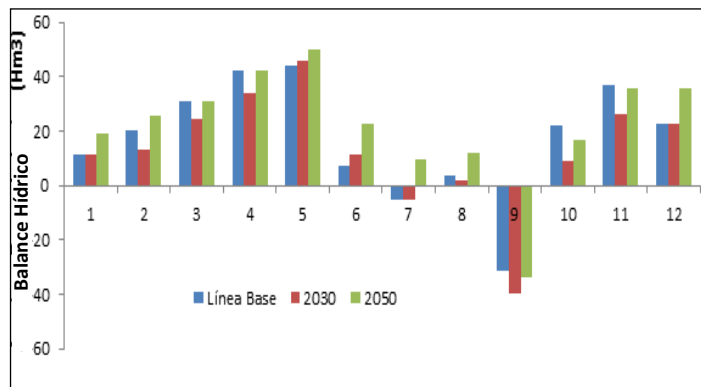
### COLOMBIA

La cuenca del río Coello presenta dos épocas en el año con déficit hídrico. Abril y septiembre son los meses con mayor déficit hídrico, especialmente para este último. El efecto del cambio climático parece ser más fuerte para las épocas secas para el escenario 2030s (Figura 9).



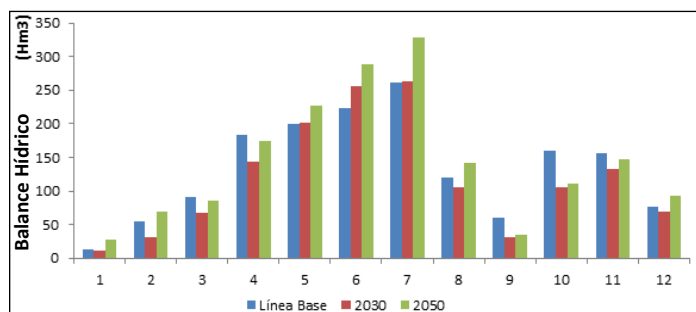
**Figura 9.** Balances hídricos a nivel mensual para las condiciones de la línea base, 2030s y 2050s en la cuenca del Río Coello.

El aumento generalizado de temperatura en la cuenca río Coello a 2030s, y en mayor medida en la parte baja de la misma a 2050s, generará un aumento en los valores de evapotranspiración (ETc) de los principales cultivos (arroz y café) que sumado a las disminuciones previstas en los aportes de agua realizados al caudal en la parte alta de la cuenca, pueden comprometer la disponibilidad del recurso hídrico para la población y la producción agrícola en la zona baja, particularmente en los meses de establecimiento del cultivo de arroz.



**Figura 10.** Comparación entre los balances hídricos a nivel mensual para las condiciones de la línea base, 2030s y 2050s en la cuenca del río Neiva.

En las principales zonas de producción de arroz y café al noroccidente y sur de la cuenca río Neiva, se prevé a 2030s un aumento en la evapotranspiración de los cultivos (ETc) que, junto con la disminución en el aporte de agua al caudal en zonas altas, genere mayor requerimiento hídrico en el territorio destinado al cultivo de arroz, básicamente en el segundo semestre del año. Sin embargo a 2050s, a pesar de incrementarse la ETc en la cuenca, de igual forma se espera mayor aporte de agua al caudal, debido al potencial aumento de las precipitaciones en la misma, lo que resultará en un balance positivo de los requerimientos hídricos en el cultivo de arroz durante el primer semestre del año.

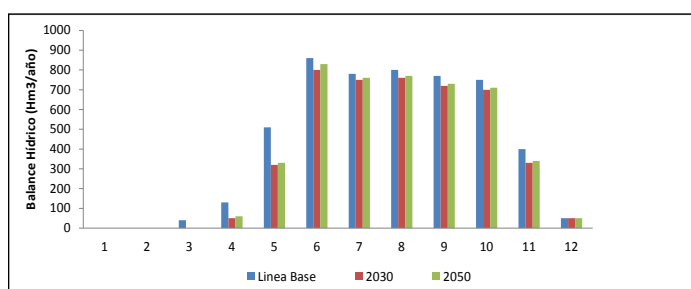


**Figura 11.** Comparación entre los Balances Hídricos a nivel mensual para las condiciones de la línea base, 2030s y 2050s en la cuenca del Alto Magdalena.



En el caso de la cuenca del Alto Magdalena, se observa un balance hídrico favorable para todas las épocas del año. No se observan muchos cambios para los escenarios de cambio climático; no obstante, el caudal del río podría aumentar para las épocas de invierno lo que incrementaría los riesgos de inundaciones en las riberas del río (Figura 11).

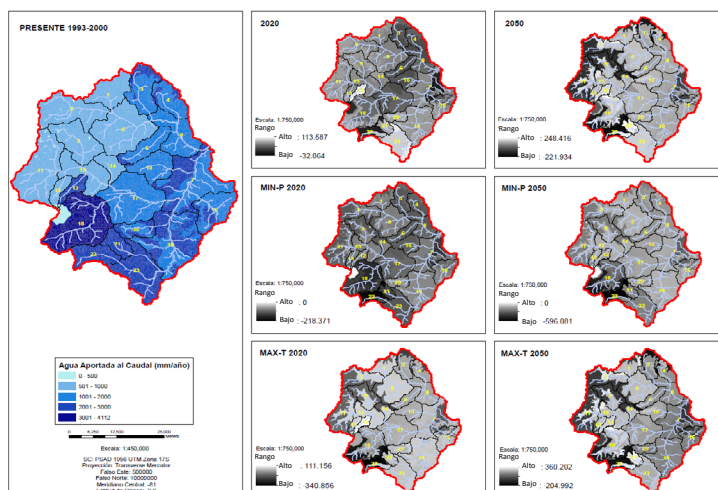
En el caso de la cuenca Taraza, se observa una tendencia a reducción de los caudales del río para todas las épocas del año, lo que podría afectar en parte el potencial de generación hidroeléctrica en la central hidroeléctrica proyectada en la zona (Figura 12).



**Figura 12.** Comparación entre los balances hídricos en 2030 y 2050 para la cuenca del río Tarazá.

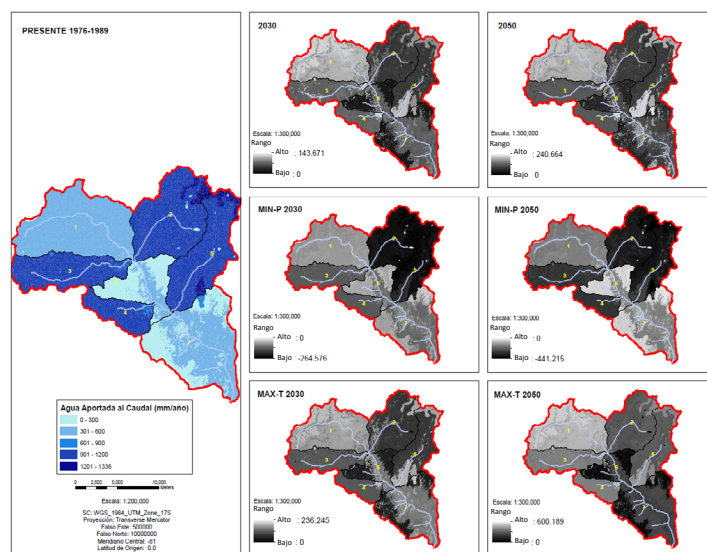
## ECUADOR

En el caso de la cuenca del río Quijos (Figura 13), se observa un balance hídrico favorable a través de toda la cuenca. En la parte alta de la cuenca, donde se encuentran las zonas de páramo, el balance hídrico es favorable, incluso después de suministrar gran parte de agua para la ciudad de Quito. Una característica de esta cuenca es que a medida que se desciende a lo largo de ella la precipitación aumenta. Esto último se debe a que la parte baja de la cuenca está influenciada por la región amazónica. En la parte baja de la cuenca, se encuentra en construcción una de los mayores proyectos hidroeléctricos de Ecuador. De acuerdo con los escenarios de cambio climático del balance hídrico, podría ser un poco desfavorable para las partes bajas de la cuenca, y a pesar del gran potencial hídrico de la cuenca, esto podría tener algún impacto dado que el principal usuario del agua sería para esas épocas la central hidroeléctrica ubicada en la parte baja de la cuenca, la cual tiene una alta demanda del recurso.



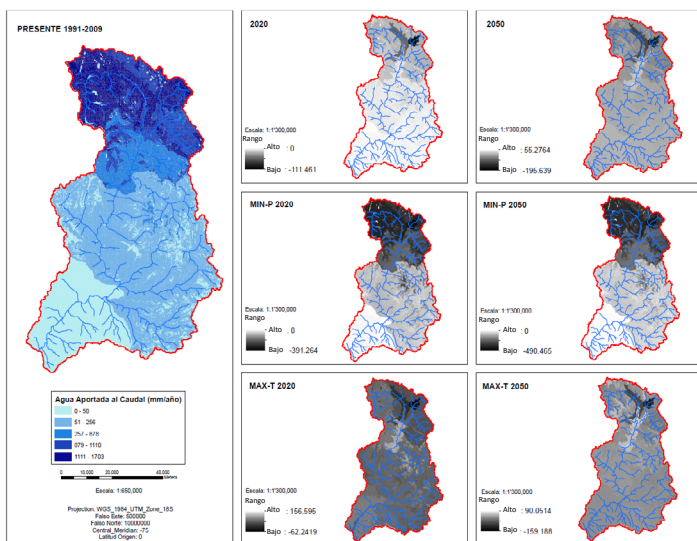
**Figura 13.** El posible impacto del cambio climático dentro de la cuenca del río Quijos.

En el caso de la cuenca del río Juval (Figura 14), existe un balance positivo para ciertos sectores de la cuenca (en azul más oscuro), y un balance no tan positivo para otras zonas (azul claro). De acuerdo con los escenarios de cambio climático los modelos muestran que en términos generales habrá un efecto negativo del balance hídrico, lo que podría ser más serio para las áreas con balance hídrico desfavorable en la actualidad.



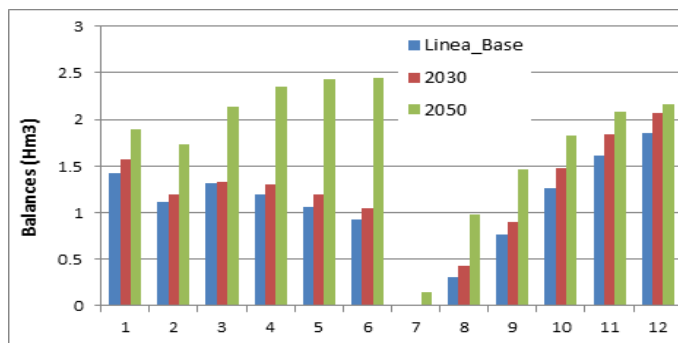
**Figura 14.** Impacto del cambio climático dentro de la cuenca del río Juval.

En el caso de la cuenca del río Cañete (Figura 15), el balance es positivo para la parte alta de la cuenca. No obstante, este balance positivo solo se da para cierta época del año. El resto de la cuenca depende básicamente de los remanentes de agua de la parte alta. En la parte media de la cuenca, existe una hidroeléctrica que aprovecha los altos caudales del río en la época de lluvias en la parte alta, y cuenta con un embalse en la parte alta para regulación hídrica y para complementar los caudales en la épocas de más bajo caudal. Es necesario mencionar que el caudal del río puede alcanzar valores superiores a los 80 m<sup>3</sup>/s en la época de lluvias, y su caudal puede disminuir hasta 10 m<sup>3</sup>/s en la época seca. La parte baja de la cuenca es muy estrecha, pero en zonas contiguas a esta, la agricultura es importante. En la región de la ciudad de Cañete, se cuenta con más de 20 mil hectáreas de cultivos, las cuales dependen en un 100% del recurso hídrico del río.

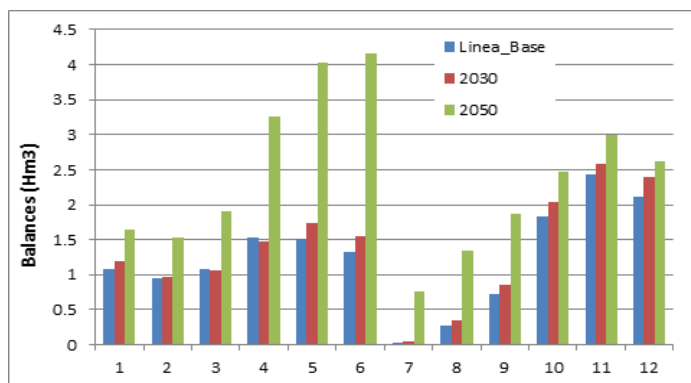


**Figura 15.** Impacto del cambio climático dentro de la cuenca del río Cañete.

Para las cuencas de Ilo-Moquegua (Figura 16) y Locumba (Figura 17), el balance hídrico de la cuenca es muy desfavorable, dado que se trata de una cuenca árida en la parte baja y media y semiseca en la parte alta. Por lo tanto, la agricultura se desarrolla en los valles a lo largo de los ríos. Se trata de una agricultura altamente dependiente de los pocos remanentes del agua del río que proviene de la parte alta de la cuenca. Los escenarios de cambio climático muestran que la situación de estas cuencas tiende a empeorar, dado que debido al incremento en la temperatura los requerimientos hídricos parece incrementarán sustancialmente.



**Figura 16.** Comparación de los balances hídricos a nivel mensual para la cuenca de Ilo-Moquegua.



**Figura 17.** Balances hídricos mensuales de la cuenca para la línea base, escenario 2030s y escenario 2050s Locumba.

En general, se observa que todas la cuencas muestran algún grado de afectación debido al cambio climático, de acuerdo a lo que muestran los escenarios 2030s y 2050s. No obstante, los impactos varían mucho de cuenca a cuenca, lo mismo que el sentido del impacto. En cualquier caso, se observa que dichos aumentos en la oferta hídrica podrían darse en la épocas más lluviosas, mientras que las disminuciones de la oferta podrían darse en la épocas más secas. De esta manera, independiente del sentido del impacto (aumento o disminución de la oferta), los resultados podrían ser negativos en ambos casos, ya que un aumento de oferta hídrica en épocas muy lluviosas puede aumentar los riesgos de deslizamiento y crecidas de los ríos, mientras que una disminución de la oferta hídrica en la época seca, puede agravar más los problemas actuales de déficit hídrico.

## CAPÍTULO 4

### SENSIBILIDAD AGROPECUARIA Y SOCIAL

#### 4.1 Metodología

Se empleó el modelo Ecocrop para determinar la sensibilidad de los cultivos a cambios en la precipitación y la temperatura. Se procedió a realizar la modelación de la aptitud climática (AC) para el año 2030s y 2050s, empleando los escenarios climáticos. Posteriormente se construyó un algoritmo matemático para clasificar los impactos del cambio climático sobre los cultivos (Figura 18), así:

ID	Actual	Futuro	Diferencia( Futuro - Actual)	Significado
1	< 50	>= 50		Nuevas zonas aptas
2	>= 50	< 50		Pérdida fuerte
3	>= 50	>= 50	Negativa (-)	Pérdida ligera
4	>= 50	>= 50	Positiva o cero (+ or cero(0))	Más apto

**Figura 18.** Algoritmo para la clasificación de impactos de cultivos.

Se identificaron sitios con mayores niveles de pobreza rural, y posteriormente se elaboró una lista de cultivos que generalmente son de importancia económica para productores pobres o de gran importancia en términos de seguridad alimentaria (autoconsumo). Posteriormente en estos sitios y para los cultivos priorizados, se realizó un análisis de pérdida de aptitud climática de dichos cultivos con el fin de conocer el posible impacto del cambio climático sobre este sector de la población.

En el caso de Colombia, se tomó como indicador de pobreza el índice de pobreza multidimensional<sup>2</sup> para la zona rural. Los cultivos considerados de importancia en términos de seguridad alimentaria (autoconsumo) para productores pobres fueron: maíz tradicional, frijol y plátano. Mientras que los cultivos considerados de importancia económica (o ingresos) para productores pobres en la región Andina son: cacao, arveja, café y caña panelera.

Para Ecuador, se tomó como referencia de pobreza lugares con altos valores en el índice de Necesidades Básicas Insatisfechas Total (NBI). Como cultivos de importancia en seguridad alimentaria en productores pobres en la región Andina, se tomaron como referencia: frijol, haba, maíz y plátano. Cultivos de importancia en la generación de ingresos a productores pobres fueron tomados como referencia: cacao, cebada, papa y trigo.

En el caso de Perú, el índice de referencia para pobreza fue la incidencia de pobreza. Los cultivos de referencia para la seguridad alimentaria de productores pobres fueron: cañihua, frijol, maíz, papa y quinua. Mientras que los cultivos de referencia para la generación de ingresos de productores pobres de la región Andina de Perú fueron: arveja, café y papa.

#### 4.2 Resultados Sensibilidad Agropecuaria

En términos generales, se observa una alta influencia del aumento de la temperatura sobre la aptitud de los cultivos a lo largo de la región Andina. Los resultados del modelo indica que habría una tendencia general del desplazamiento de la aptitud climática de los cultivos hacia zonas más altas. Algunos cultivos, como por ejemplo yuca, cacao, caña y plátano, ganan aptitud en las zonas más bajas de la región Andina, y esto se explica porque son cultivos de clima cálido que actualmente tienen sus zonas óptimas de producción en las zonas inferiores a los límites de la región Andina. Otros casos como los cultivos altoandinos (por ejemplo papa y quinua), pierden aptitud climática en las zonas donde actualmente se cultivan, y ganan en zonas más altas de los andes, donde generalmente se encuentran las áreas protegidas.

En el caso del café en Colombia a 2030s y 2050s, los resultados del modelo indican que habrían pérdidas ligeras de AC en la región central y oriental, y nuevas zonas aptas y más aptas en el costado occidental de la región Andina. Mientras que en Ecuador, el café tendría nuevas zonas aptas a lo largo de la cordillera en ambos costados (oriental y occidental). En el caso del Perú, se prevé una pérdida ligera generalizada de AC para todo el costado oriental de los Andes.

<sup>2</sup>Este índice contempla: condiciones educativas del hogar, condiciones de niñez y juventud, trabajo, salud, servicios públicos domiciliarios y condiciones de vivienda.



En Colombia, la AC para frijol sufriría pérdidas generalizadas en las zonas más bajas de la región Andina. Estas pérdidas serán más fuertes en las zonas más bajas, y ligeras en las zonas intermedias de la región Andina. En Ecuador, el frijol tendría pérdidas fuertes de AC en el costado oriental, y pérdidas ligeras en el occidente, mientras en el sector central andino se prevé aumento de nuevas zonas aptas, y una ganancia de AC para la región norte. El caso de Perú, el frijol perderá aptitud climática a lo largo de todo el territorio Andino, pero ganará AC en las zonas más altas.

El análisis de AC para arveja en Colombia revela que habría grandes pérdidas de AC en el Departamento del Huila. En el caso de Ecuador y Perú, existe un balance entre pérdidas y ganancias con una clara tendencia de desplazamiento de la AC del cultivo hacia zonas más altas.

En el caso del maíz, para Colombia se diferenció entre sistema tecnificado y sistema tradicional. El primero encontrará nuevas zonas y más aptas a lo largo de los valles interandinos a 2030s; sin embargo, a 2050s la AC presentará pérdidas fuertes e irán desplazando en altura las zonas de cultivo, pero encontrará limitantes en el uso de maquinaria agrícola. En el maíz tradicional a 2050s, gran parte de los Andes presentarán pérdida ligera y en menor proporción fuerte, y se encontrará nuevas zonas aptas a mayor altura. En el caso de Ecuador y Perú, se observa igualmente un desplazamiento de la AC del cultivo del maíz hacia zonas más altas.



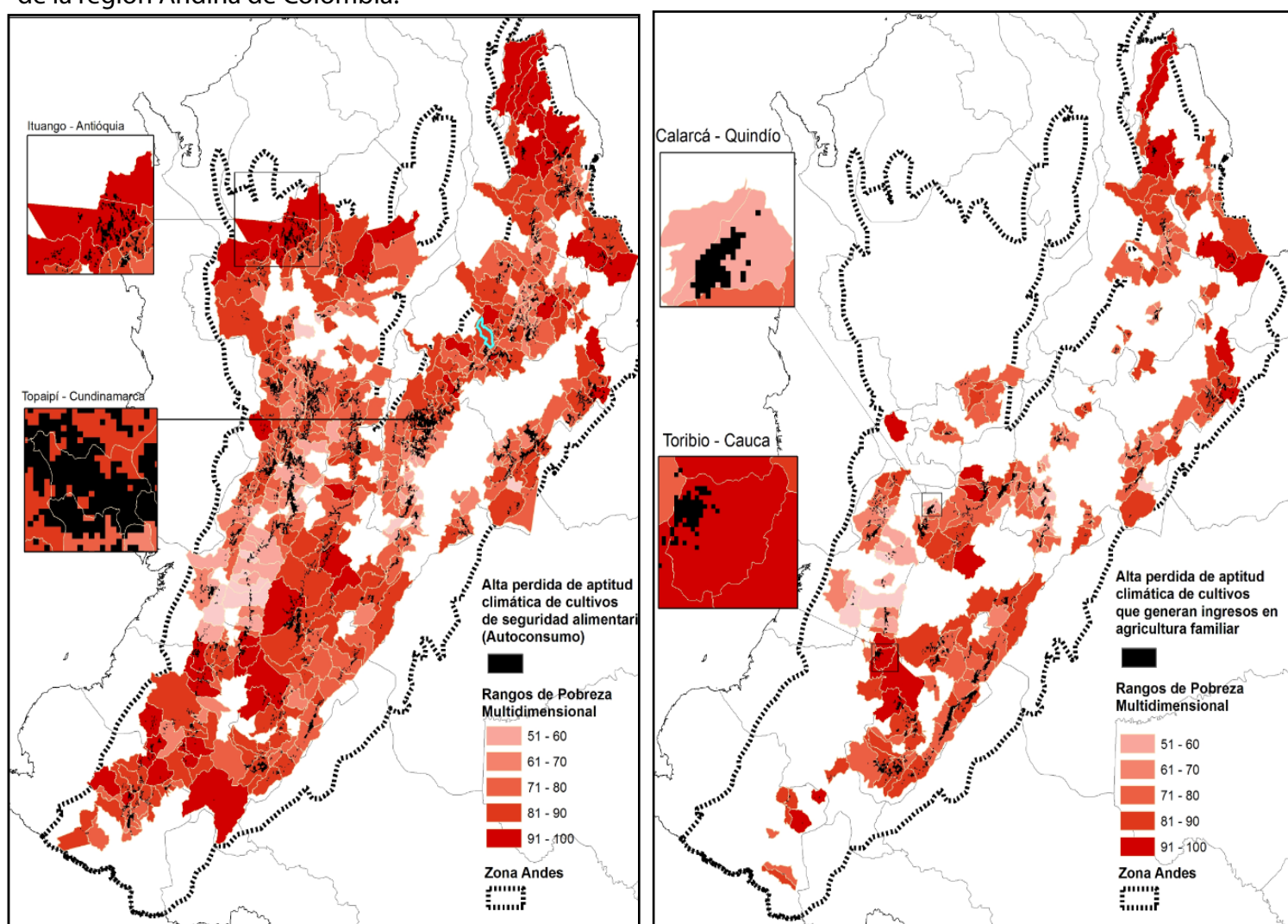
Foto: Encharcamiento en un cultivo de maíz.

### 4.3 Resultados Sensibilidad Social

## COLOMBIA

Los resultados del análisis muestran que para la región Andina de Colombia los cultivos asociados a la seguridad alimentaria como: maíz tradicional, frijol, plátano y yuca, estos cultivos de autoconsumo de los productores pobres se verán altamente afectados por el cambio climático. Los efectos negativos se ven a lo largo de la región Andina, pero se concentran especialmente en los Departamentos de Antioquia, los Santanderes, Huila, Nariño, Cauca y Eje Cafetero. Los casos de Topaipi en Cundinamarca e Ituango en Antioquia son los más críticos dado los altos niveles de pobreza y la gran superficie que sería afectada en cultivos de autoconsumo por cambio climático (Figura 19).

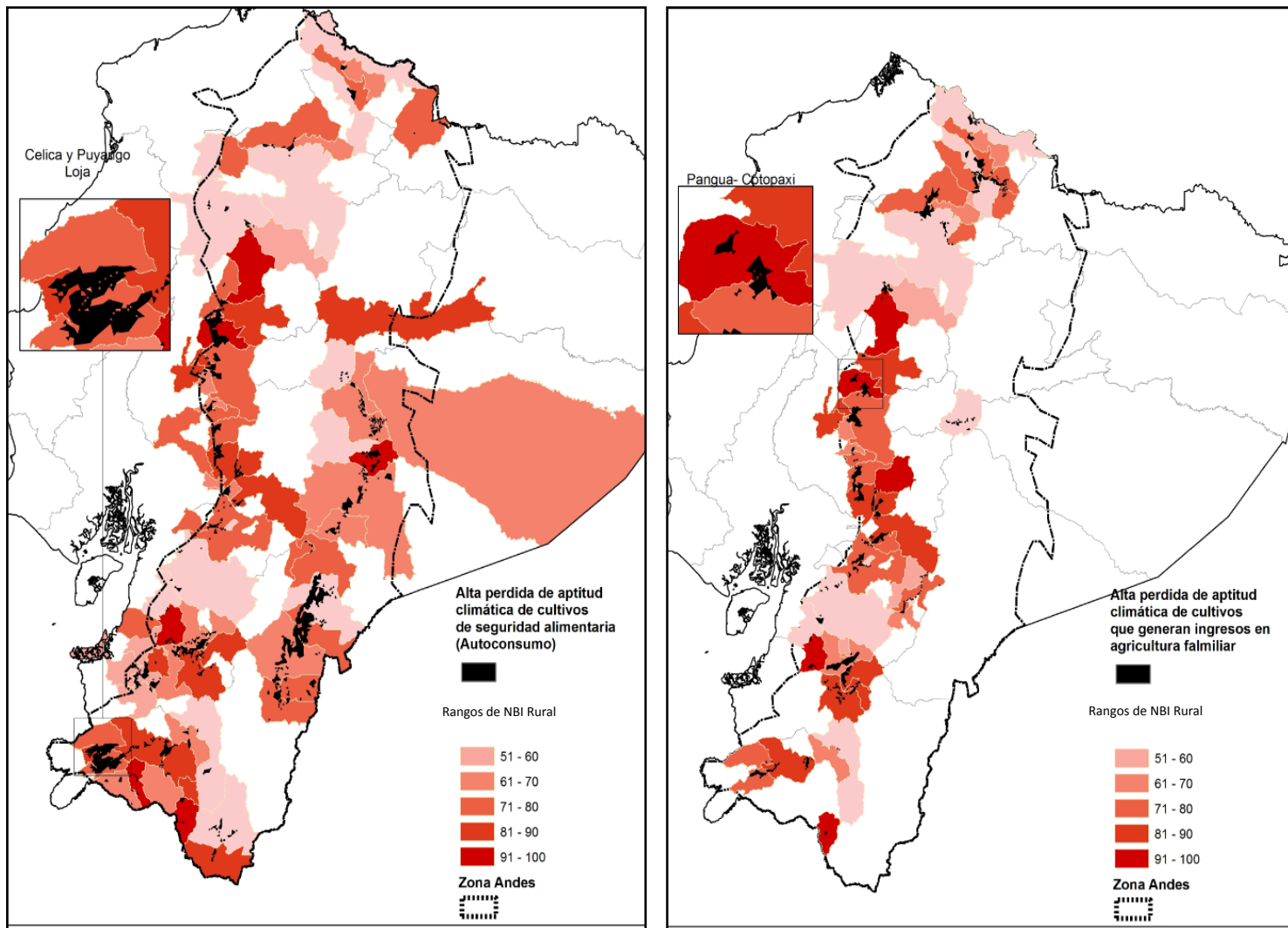
**Figura 19.** Impacto del cambio climático sobre los cultivos de seguridad alimentaria ó autoconsumo (izquierda) y cultivos importantes en la generación de ingresos de productores pobres (derecha) en las regiones más pobres de la región Andina de Colombia.



En el caso de cultivos que son importantes en la generación de ingresos económicos para productores de agricultura familiar; cacao, arveja, café, caña panelera, se observa un impacto negativo considerable para los Santanderes, Boyacá, Tolima y Huila. Un caso crítico es el municipio de Toribío (Cauca), ya que los niveles de pobreza son altos y al mismo tiempo muestra un área considerable de cultivos de importancia en la generación de ingresos en la agricultura familiar que perderían aptitud climática. En el caso de Calarcá (Quindío), los niveles de pobreza no son tan altos pero es muy grande el área afectada en cultivos que generan ingresos a productores de agricultura familiar (Figura 19).

## ECUADOR

En el caso de Ecuador, en relación a la pérdida de viabilidad de cultivos para autoconsumo; frijol, haba, maíz, plátano y yuca, se observa una preocupante pérdida de aptitud para los cantones de Celica y Puyango en Loja, donde al mismo tiempo se tienen unos niveles de pobreza relativamente altos (Figura 20).

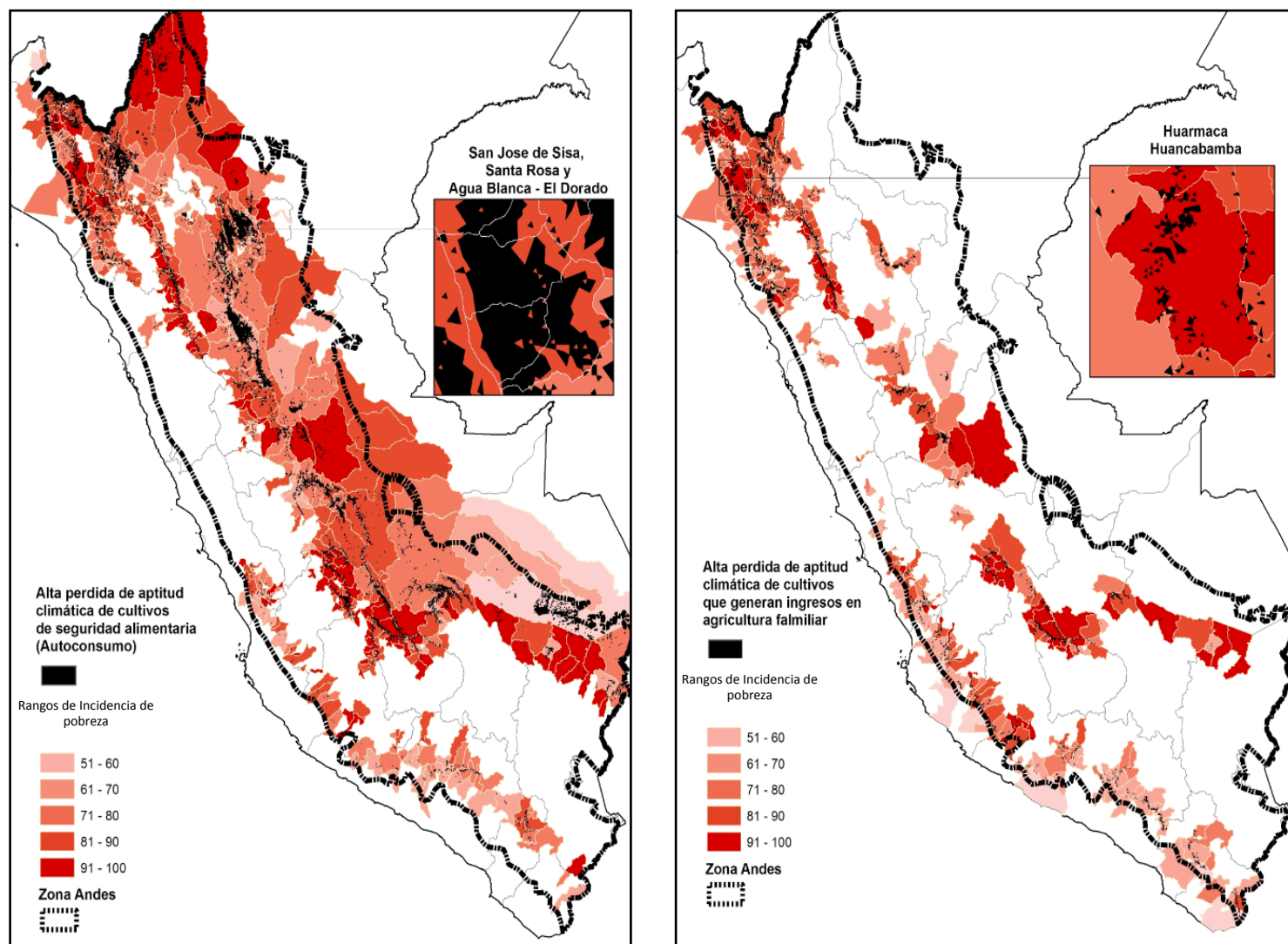


**Figura 20.** Impacto del cambio climático sobre los cultivos de seguridad alimentaria ó autoconsumo (izquierda) y cultivos importantes en la generación de ingresos de productores pobres (derecha) en las regiones más pobres de la región Andina de Ecuador.

En términos de impacto del cambio climático sobre los cultivos que generan ingresos para los productores más pobres para los cultivos de cacao, cebada, papa y trigo, se observa con preocupación el caso del cantón Pangua en Cotopaxi, dado que el área municipal afectada de estos cultivos es considerable y el nivel de pobreza en el municipio es muy alto (Figura 20).



En el caso de la región Andina de Perú, la tendencia se mantiene. Se prevé una pérdida grande en la aptitud climática de los cultivos tradicionalmente sembrados para autoconsumo: cañihua, frijol, maíz, papa y quinua, especialmente en el costado oriental de la cordillera, y parte de la zona norte de la región Andina de Perú. Se recomienda revisar el caso de los distritos de San José de Sisa, Santa Rosa y Agua Blanca en el Dorado, dadas las pérdidas que los modelos muestran para estos cultivos y los niveles de pobreza que al mismo tiempo presentan estos distritos (Figura 21).



**Figura 21.** Impacto del cambio climático sobre los cultivos de seguridad alimentaria ó autoconsumo (izquierda) y cultivos importantes en la generación de ingresos de productores pobres (derecha) en las regiones más pobres de la región Andina de Perú.

En el caso de cultivos de importancia en la generación de ingresos para pobladores pobres como: arveja, café y papa, se observa una pérdida considerable de aptitud de estos cultivos en la zona norte de la región Andina de Perú. Huarmaca (Huancabamba) es uno de los distritos donde más área se ve afectada (Figura 21).

## CAPÍTULO 5

### CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN

El procedimiento que se siguió para los indicadores de capacidad de adaptación consistió en buscar información que esté disponible a nivel de municipio (Colombia), Cantón (Ecuador) y Distrito (Perú). Posteriormente se clasificaron los indicadores encontrados de acuerdo a la influencia que ejercen sobre cinco tipos de capital: financiero/económico, humano, social, natural y físico. El color rojo en las tablas indica que a medida que el valor del indicador es mayor, el efecto sobre el capital es negativo, mientras que el color verde indica que si el valor del indicador es mayor, entonces el efecto sobre el tipo de capital es positivo.

El capital financiero/económico se refiere a las condiciones económicas actuales de los hogares del municipio o de la institucionalidad local. Este indicador nos dice qué grupo de personas es el más afectado (pobres o no pobres), y por lo tanto nos da una idea del impacto del cambio climático sobre los diferentes grupos de pobladores. Igualmente nos dice la capacidad de respuesta financiera que pueden tener los grupos afectados ante un evento climático.

El capital humano se refiere al grado de capacitación y formación que puedan tener las personas en una localidad en particular, y asumimos que entre mayor grado de educación tengan las personas, la capacidad de adaptarse a ciertos fenómenos es mayor. Una persona con mayor grado de formación posiblemente tenga la capacidad de consultar y entender más fácilmente soluciones a fenómenos particulares que la estén afectando, o acceder a información sobre amenazas, riesgos y pronósticos en materia de clima.

El capital social es la capacidad que tienen las personas de asociarse o responder en conjunto a ciertas amenazas. En este sentido, grupos de productores que comparten información y que buscan soluciones en forma coordinada pueden tener una mayor probabilidad de éxito que otros productores actuando de forma individual. Este capital social también está relacionado con la capacidad institucional local, ya que consideramos que esta capacidad está directamente relacionada con el grado de cooperación, coordinación y comunicación entre los pobladores.

El capital natural hace referencia al estado de los recursos naturales, y a la presión que ejerce el hombre sobre ellos. Se parte del supuesto que una localidad con mejor calidad en los recursos naturales tiene una mejor capacidad de respuesta a un evento climático. Suelos en mejores condiciones seguramente tendrán mayor capacidad de regulación hídrica. Otro indicador de capital natural<sup>3</sup> es el estado de los bosques y la presión que se ejerce sobre ellos.

El capital físico se refiere a la infraestructura construida con que cuentan los hogares y las localidades. La existencia de vías y su estado puede permitir encontrar con mayor facilidad alternativas tecnológicas o productivas ante fenómenos climáticos. En el caso de Perú, donde no se cuenta con un indicador a nivel distrital del estado de las vías, se utiliza como variable proxy las Necesidades Básicas Insatisfechas.

## COLOMBIA

Los indicadores que se encontraron en Colombia y que consideramos tienen algún tipo de relación con los cinco tipos de capitales son:

**Pobreza multidimensional:** Indicador que refleja el grado de privación de los hogares a un conjunto de dimensiones (educación familiar, condiciones de niñez y juventud, trabajo, salud, servicios públicos y condiciones de vivienda).

**Índice de condición de vida:** Es un indicador de bienestar a nivel de hogar, construido a partir de la calidad de la vivienda, el nivel de educación y el acceso a servicios públicos.

**Educación y capital humano rural:** Refleja el nivel de educación del núcleo familiar rural.

**Índice del estado de las vías:** Es un índice construido a partir de los datos obtenidos del Ministerio de Transporte, en donde se tiene una matriz por municipio donde se encuentran los valores en kilómetros de vías a nivel municipal, calificado por tipo de vía (pavimentada o destapada) y por su estado (malo o bueno).

<sup>3</sup>No obstante no es del todo clara la relación entre superficie en bosques y la capacidad de adaptación al cambio climático en el sector agropecuario.

**Capacidad de ahorro:** Es un índice tomado del Departamento Nacional de Planeación (DNP) y se calcula dividiendo el ahorro corriente por el ingreso corriente en cada municipio. Se estimó de 0 a 100%, siendo 0 % el municipio con menor capacidad de ahorro y 100 % el municipio con mayor capacidad de ahorro.

**Acceso a crédito:** Es el valor en créditos al sector agropecuario que otorgó el Estado a través del Banco Agrario para el año 2011 en cada municipio.

**Índice de desarrollo endógeno (IENDOG):** Es un indicador que califica la gestión pública de un municipio determinado por variables como: pobreza poblacional, ingreso per cápita, alfabetismo, densidad poblacional y económica, cobertura de educación, inversión pública, trabajo y capacidad institucional. Este indicador está generado en una escala de 0 a 100%, donde un mayor valor representa un mejor grado de gestión municipal y capacidad institucional.

**Conflicto por el uso del suelo:** Es un indicador construido a partir de la información sobre conflicto por uso del suelo tomado del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) que describe a nivel municipal si el territorio está sobreexplotado o subutilizado. Este indicador se construyó tomando 0% como terreno sobreexplotado, 50% como uso adecuado y 100% como terreno subutilizado.

**Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI):** es un indicador que considera aspectos del estado de la vivienda, del nivel de educación, servicios que poseen el hogar y el grado de dependencia económica.

**Superficie en bosques:** Superficie municipal en bosques naturales.

**Títulos mineros:** Número de concesiones mineras otorgadas en cada municipio.

En la **Tabla 1**, se presenta un resumen de los indicadores con información sobre la fuente y el año en el cual se generó la información, y su relación con los diferentes tipos de capital. El color rojo muestra que el indicador tiene una relación inversa con el tipo de capital. Por ejemplo, a mayor pobreza multidimensional, menor capital humano y físico.

**Tabla 1.** Indicadores disponibles de capacidad de adaptación a nivel municipal para Colombia.

Indicador	Fuente	año	Capital				
			Financiero/ Económico	Humano	Social	Natural	Físico
Pobreza multidimensional (PMD)	DNP	2005					
Índice de condición de vida (ICV)	DANE	2005					
Educación y capital humano rural	DANE	2005					
Red vial primaria	SIGOT	2006					
Capacidad de ahorro	SIGOT	2011					
Crédito agropecuario	FINAGRO	2011					
IENDOG	DNP	2010					
Conflicto de Uso de suelo	IGAC	2003					
Necesidades básicas insatisfechas (NBI)	DANE	2005					
Superficie en bosques	MADS	2006					
Títulos mineros	SIGOT	2012					

Mayor parte de los capitales en Colombia, indican un balance positivo para una buena capacidad de resiliencia a nivel municipal, aunque no deja de ser vulnerable las zonas con alta pobreza y dependencia de cultivos de autoconsumo.

## ECUADOR

Los indicadores que se encontraron en Ecuador a nivel cantonal y que consideramos tiene algún tipo de relación con los cinco tipos de capitales son:

**Tasa de analfabetismo:** Proporción de personas que no saben leer y escribir con respecto a la población total. Este indicador lo relacionamos con el capital humano. A mayor grado de analfabetismo, menor capital humano.

**Área sembrada de cultivos:** Porcentaje del área del municipio sembrada en cultivos a nivel cantonal. Este valor nos indica la intensidad en el uso del suelo y es complementaria al área en bosques. Por lo tanto, lo tomamos como un indicador de capital natural. A mayor porcentaje en cultivos menor capital natural.

**Escolaridad y asistencia académica:** Promedio de escolaridad de la población y estado actual de asistencia académica a un instituto/universidad. Es un indicador relacionado con el capital humano.

**Migración:** Cantidad de población que migra por cada mil habitantes. Se asume para este indicador que localidades con valores altos de inmigración o emigración afectan negativamente el capital social.

**Necesidades básicas insatisfechas en el área rural:** Indicador de bienestar de los hogares de acuerdo con el estado de la vivienda, el nivel de educación, la disponibilidad de servicios públicos y su dependencia económica.



**Densidad poblacional:** Promedio del número de personas por cada km<sup>2</sup> de superficie. Este indicador se emplea como una variable proxy de la presión sobre los recursos naturales, asumiendo que a mayor densidad poblacional, mayor será la presión sobre los recursos y, por ende, menor será la capacidad de adaptación.

**Estado de las vías:** Es un índice construido a partir de los datos obtenidos del Ministerio de Transporte, en donde se tiene una matriz por municipio, donde se encuentran los valores en kilómetros de vías a nivel municipal, calificado por tipo de vía (pavimentada o destapada), y por su estado (malo o bueno).

**Población asalariada por actividad agrícola total:** Población que se encuentra laborando directamente en actividades agrícolas.

**Tasa de ocupación:** Porcentaje de la población económicamente activa que está laborando.

En la **Tabla 2**, se presenta un resumen de los indicadores con información sobre la fuente y el año en el cual se generó la información y su relación con los diferentes tipos de capital.

**Tabla 2.** Indicadores disponibles de capacidad de adaptación a cantonal para Ecuador.

Indicador	Fuente	año	Financiero/ Económico	Humano	Social	Natural	Físico
Tasa de analfabetismo	INEC	2010					
Área sembrada de cultivos	MAGAP	2000					
Escolaridad y asistencia académica	INEC	2010					
Migración	SENPLADES	2010					
NBI rural	INEC	2010					
Densidad poblacional	INEC	2010					
Estado de vías	Obras Públicas						
Población asalariada por actividad agrícola total	SENPLADES	2010					
Tasa de Ocupación	INEC	2010					

En el caso de Ecuador, el capital humano, social y natural, están en niveles preocupantes para considerar un cantón con buena capacidad de adaptación, siendo los más vulnerables las zonas con alta pobreza.

## PERÚ

Los indicadores que se encontraron en Perú y que consideramos tiene algún tipo de relación con los cinco tipos de capitales son:

**Índice de desarrollo humano (IDH):** El IDH mide el progreso medio de un país en diferentes aspectos básicos del desarrollo humano (esperanza de vida al nacer, alfabetismo, logro educativo, escolaridad e ingreso familiar per cápita).

**Incidencia de la pobreza:** Es el porcentaje de la población en estado de pobreza. Es empleado como un indicador relacionado con el capital económico.

**Alfabetismo:** Indicador que mide la población adulta a nivel distrital con capacidad de leer y escribir. Este indicador se relaciona con el capital humano.

**Total pobres por distritos:** Es el número de personas en estado de pobreza en cada distrito. Es empleado como indicador del capital económico.

**Ingreso familiar per cápita:** Indicador de sostenibilidad económica del núcleo familiar a través de los ingresos promedio por persona.

**Área sembrada de cultivos:** Porcentaje del área del municipio dedicado al a siembra. Es empleado como indicador de presión de los recursos naturales, y por lo tanto afecta directamente el capital natural.

**Escolaridad:** Tasa de escolaridad de la población de 5 a 18 años que asiste a un centro educativo. Este indicador también es relacionado con el capital humano.

En la **Tabla 3**, se presenta un resumen de los indicadores con información sobre la fuente y el año en el cual se generó la información y su relación con los diferentes tipos de capital.

**Tabla 3.** Indicadores disponibles de capacidad de adaptación a nivel distrital para Perú.

Indicador	Fuente	año	Capital				
			Financiero/ Económico	Humano	Social	Natural	Físico
Índice de desarrollo humano	PNUD	2005					
Incidencia de pobreza	INEI	2007					
Alfabetismo	INEI	2005					
Total de personas pobres	INEI	2007					
Ingreso familiar per cápita	PNUD	2005					
Área sembrada de cultivos	MINAG	2010- 2011					
Escolaridad	INEI	2005					

La capacidad adaptativa a nivel distrital en Perú es buena, teniendo en cuenta el impacto positivo de los indicadores analizados dentro del marco capital, aunque puede ser altamente vulnerable en zonas productoras con altas incidencias de pobreza.

# CAPÍTULO 6

## SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

El recurso hídrico es uno de los principales servicios ecosistémicos que brindan las partes altas de la región Andina de Colombia, Ecuador y Perú. Hidroeléctricas, distritos de riego, consumo doméstico y turismo son algunos de los sectores que más se benefician de dicho recurso. No obstante, la presión sobre las cuencas hidrográficas y sobre los ecosistemas de páramo y alta montaña han conducido a un deterioro de la capacidad de regulación hídrica. El cambio climático se suma ahora como un nuevo factor de riesgo a la ya preocupante situación de la gestión del recurso hídrico. Aumentos de temperatura y cambios en la precipitación sin duda incidirán en los balances hídricos de las cuencas. Las zonas de páramo y de alta montaña tendrán una mayor presión para la siembra de algunos cultivos que ganarán aptitud en estas zonas y que perderán en las zonas actuales de siembra. En el caso de Perú, las cuencas de la vertiente oriental de los Andes drenan sus aguas hacia el Pacífico, donde se desarrolla una buena parte de la agricultura del Perú, la cual es totalmente dependiente del agua de los cauces de los ríos que nacen en los Andes.

En el caso de Colombia y Ecuador, la superficie de agricultura con riego es escasa pero son áreas que desde el punto de vista económico son importantes a nivel nacional, como el caso del cultivo de arroz. La zona más productora de arroz en Colombia se encuentra ubicada en un valle interandino, y el riego proviene de cuencas de los Andes. La preocupación que existe en estos distritos de riego es la poca disponibilidad del recurso hídrico en la época seca del año y la pérdida de la calidad del agua por los aumentos de la sedimentación. Otro fenómeno recurrente en la región Andina es la desecación de lagunas. Las lagunas contribuyen a la regulación hídrica dentro de la cuenca y sirven como reservorios de agua para las épocas secas. No obstante, su pérdida ha sido progresiva, en algunos casos por el cambio en los balances hídricos a nivel de las cuencas, la sobreexplotación o su desecamiento para lograr tierras cultivables.

Se cree también que el cambio climático incidirá en la aceleración de los procesos de eutrofización, disminución del oxígeno, y el incremento de la salinidad de los lagos. Es un hecho la pérdida de

superficie de los glaciares a lo largo de la región Andina, y se prevé que este fenómeno continuará, lo que puede ser un asunto de preocupación para las zonas agrícolas del Perú que tienen una absoluta dependencia del recurso hídrico que proviene de las partes altas de las cuencas de los Andes.



Parte alta del río Cañete, Perú.

La erosión del suelo y la sedimentación de las fuentes de agua también pueden verse afectados de forma indirecta por el cambio climático. Si para algunos cultivos las áreas aptas se reducen, entonces la intensificación de la tierra seguramente tomará lugar, lo que a su vez puede conducir a mayores niveles de pérdida de suelo y de sedimentación de los cauces. Algunos cultivos empleados para autoconsumo generalmente tradicionales son manejados con prácticas ancestrales, donde los niveles de erosión del suelo son bajos.

**Tabla 4.** Efecto futuro del cambio climático sobre la biodiversidad y los servicios ecosistémicos de la zona Andina de Colombia, Perú y Ecuador.

Biodiversidad y servicios ecosistémicos	Amenazas del cambio climático	Impacto
Biodiversidad, habitat de especies silvestres y provisión de alimentos	Pérdida y migración de especies	Medio
Recurso Hídrico, regulación de escorrentías e inundaciones	Baja disponibilidad hídrica, sequías, inundaciones, expansión de la frontera agrícola, cambio del regimen hídrico, lluvias prolongadas y remoción en masa	Alto
Secuestro y almacenamiento de carbono	Pérdida de bosques por expansión agrícola debido a cambios de aptitud climática en cultivos, pérdida de especies arboreas	Medio
Mitigación de Riesgos y Belleza escénica	Cambios en el regimen de precipitación, conlleva a inundaciones y remoción en masa.	Alto

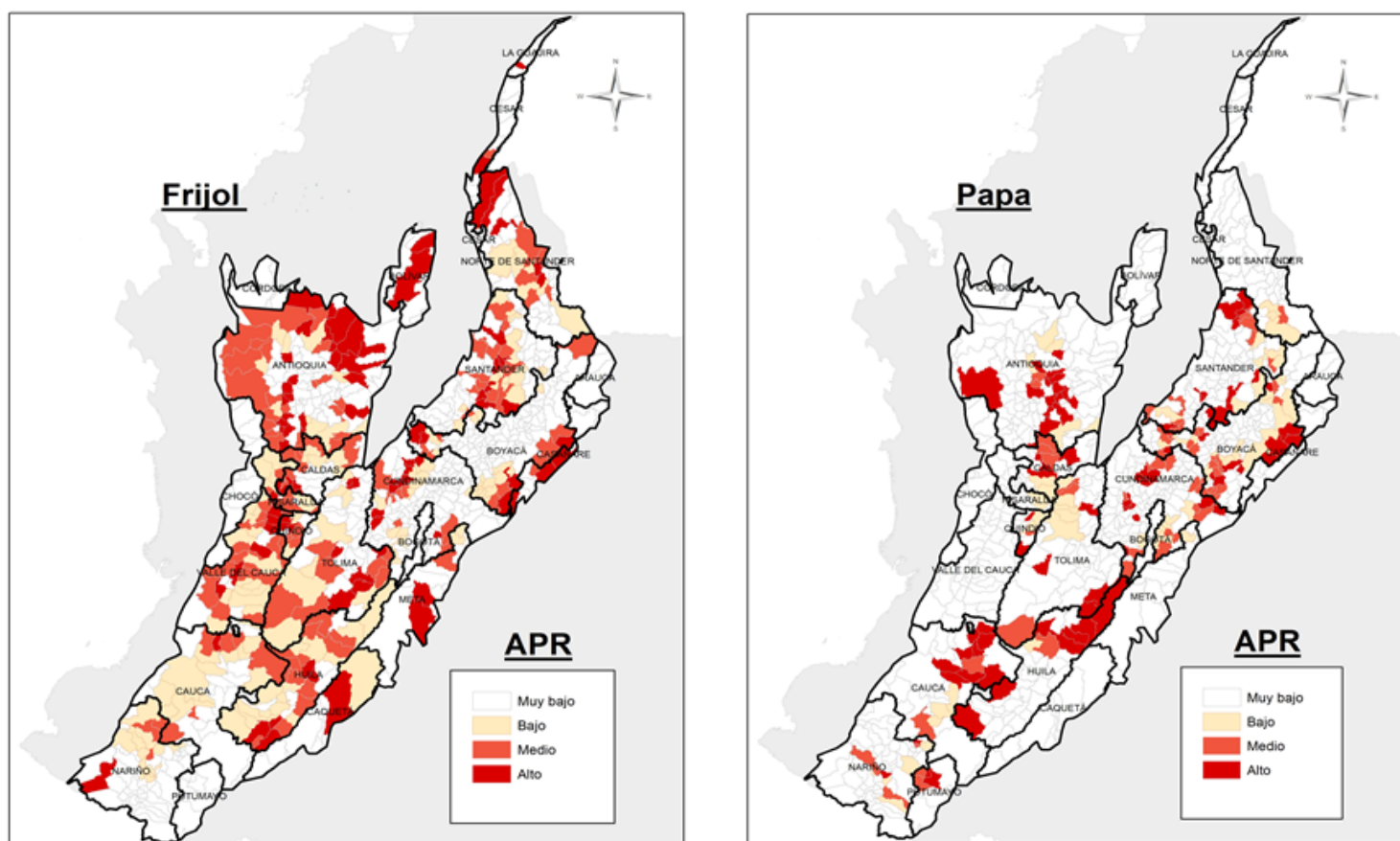
## CAPÍTULO 7

### ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

### COLOMBIA

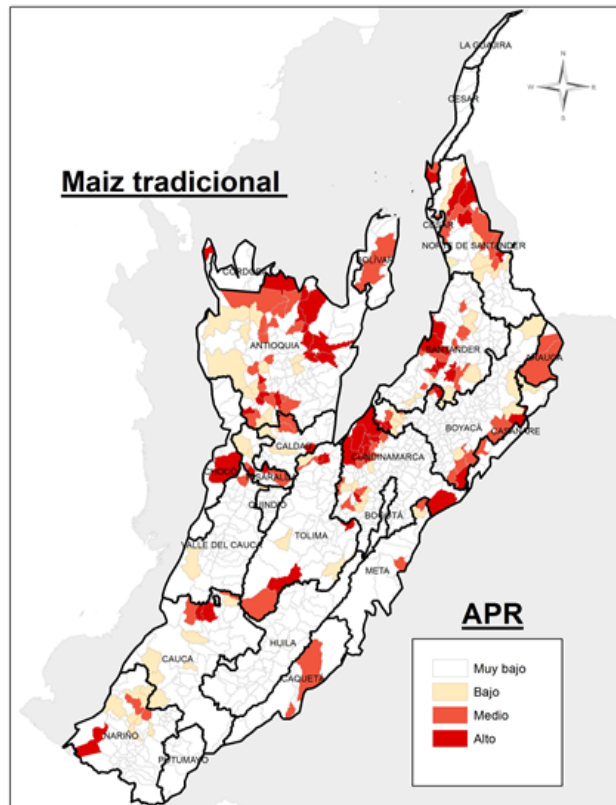
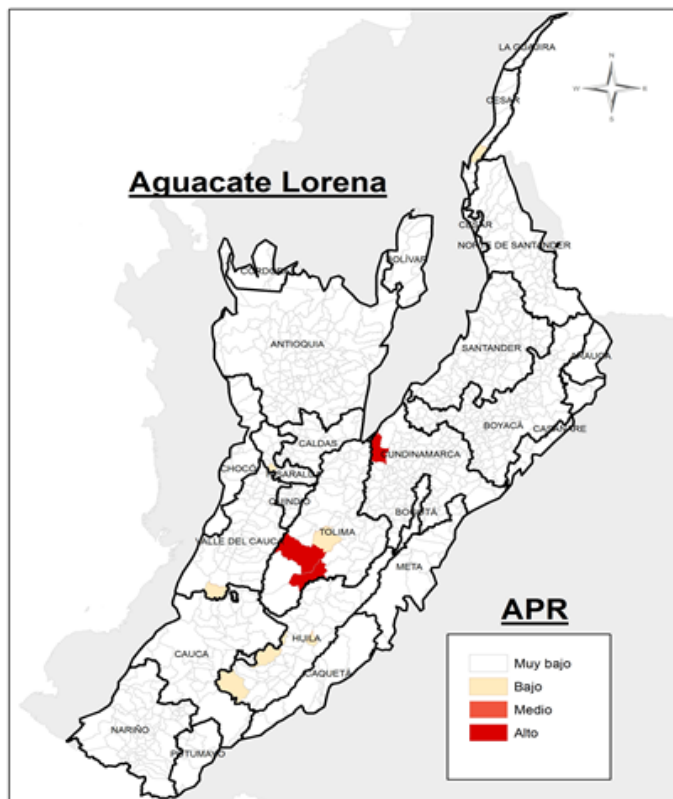
En cuanto a vulnerabilidad, se tomaron como indicadores la pérdida relativa de aptitud en cada cultivo. Esto quiere decir el área del cultivo que sufriría una pérdida fuerte de aptitud con respecto al área sembrada actual del cultivo. En los casos donde el modelo dice que más del 75% del cultivo sufrirá una pérdida muy fuerte de aptitud, se clasificó como “Alto”. Por lo tanto, gran parte de la superficie que actualmente se siembra de dicho cultivo ya no será apta para ese cultivo en el futuro (Escenario 2050s). Cuando la pérdida de aptitud afecta entre el 50 y el 75% de la superficie sembrada, se clasificó como “medio”. Por lo tanto, los mapas muestran con los rojos más intensos las pérdidas altas y con un rojo un poco menos intenso, las pérdidas medias.

Los casos más preocupantes son los cultivos de frijol, maíz y papa, dado que son cultivos de gran importancia para el sector agrícola colombiano, tanto por el área sembrada como por su papel en la seguridad alimentaria del país. Otros cultivos que muestran un gran número de municipios altamente afectados son aguacate, arveja, tomate de árbol y mango. No obstante, el área sembrada de estos cultivos en Colombia es mucho menor, al igual que su importancia en la seguridad alimentaria.

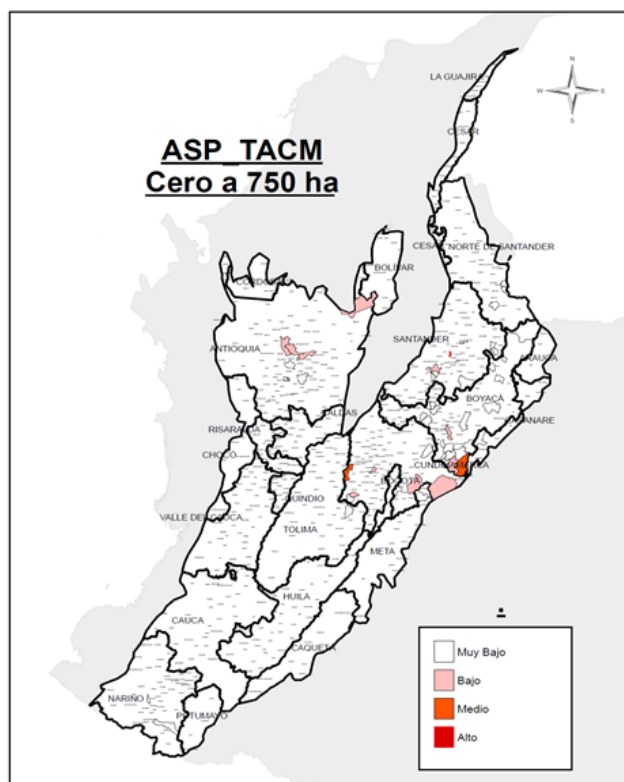
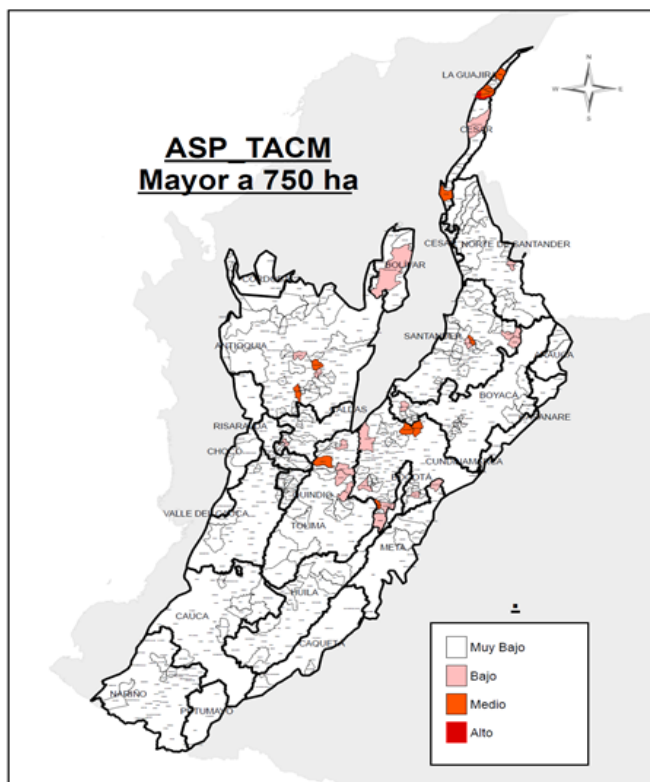


**Figura 22.** Mapa de pérdida de aptitud relativa (APR) a nivel municipal para Colombia para los cultivos de frijol y papa.





**Figura 23.** Mapa de pérdida de aptitud relativa a nivel municipal para Colombia para los cultivos de aguacate y maíz tradicional.



**Figura 24.** Mapa de pérdida de aptitud de todos los cultivos respecto al área sembrada total a nivel municipal (ASP\_TACM).

**ASP\_TACM:** Es el porcentaje de área agrícola municipal que se perdería por cambio climático. Se dividió en dos casos: (i) cuando el área afectada es superior a 750 ha a nivel municipal, y (ii) cuando es menor a 750 ha. En el primer caso que el porcentaje es más crítico dada la superficie afectada (Figura 24). En este primer caso, los municipios más afectados serían: Villanueva y Urumita (Guajira), San Vicente (Antioquia), Fresno (Tolima), Villanueva, Baricharay Carcasi (Santander), Jerusalén (Cundinamarca), Espinal y Guamo (Tolima) y Totoro (Cauca).

En el caso de vulnerabilidad, consideramos improcedente combinar indicadores de diferente índole y naturaleza, por lo tanto, hemos elegido un par de indicadores, los cuales son resaltados en un recuadro en negrilla en la **Tabla 5**. Estos indicadores los consideramos como los más pertinentes en cada país para representar la capacidad de adaptación frente a la pérdida de aptitud de los cultivos. No obstante, se presenta en las tablas la lista completa de indicadores relacionados con capacidad de adaptación, con el fin de demostrar un panorama más amplio de la situación de cada municipio/cantón/distrito.

**Tabla 5.** Lista de municipios más vulnerables en la región Andina de Colombia.

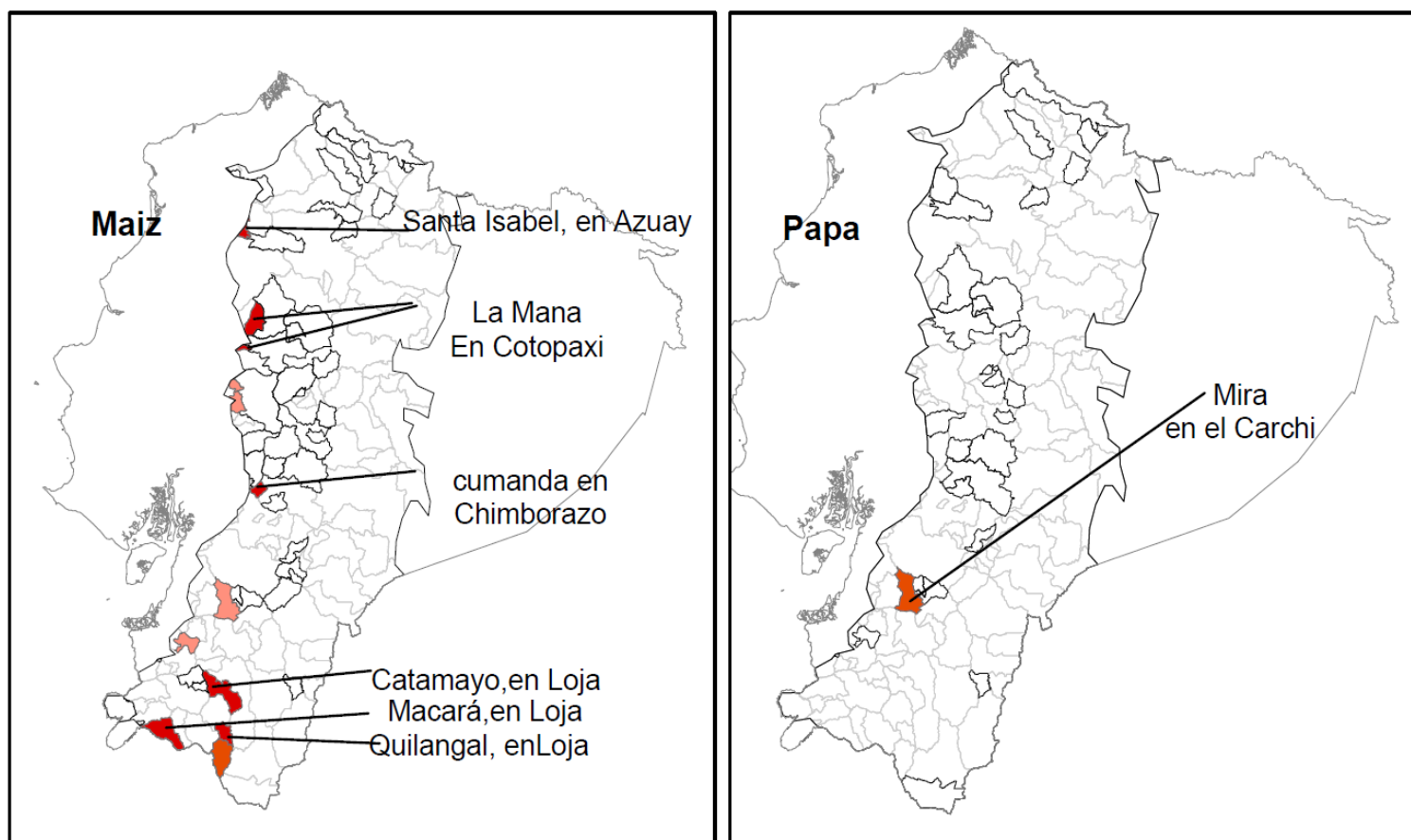
Departamento	Municipio	ASP_TACM	PMD_Rural	IENDOG	Vías	Crédito	Ahorro	Educación	Uso de suelo	ICV rural	PMD rural	NBI	Minería
LA GUAJIRA	LA JAGUA DEL PILAR	62%	92%	16,2%	20	2,5	89,7%	17%	49.50%	35,9%	92,2%	89,7%	2
LA GUAJIRA	VILLANUEVA	48%	98%	18,1%	20	2	96,9%	14%	34.90%	26,2%	98,2%	96,9%	1
LA GUAJIRA	URUMITA	47%	97%	15,9%	20	3	96,5%	16%	16.40%	30.00%	97,1%	96,5%	0
CUNDINAMARCA	PANDI	45%	77%	26,3%	20	6,6	38,7%	23%	20.30%	55,5%	77.00%	38,7%	3
CUNDINAMARCA	CARMEN DE CARUPA	44%	73%	26,7%	20	29,7	42,3%	22%	33.90%	54,9%	73,2%	42,3%	14
ANTIOQUIA	SAN VICENTE	41%	83%	28,3%	20	26,3	35,2%	22%	16.20%	54.00%	83,3%	35,2%	7
SANTANDER	VILLANUEVA	33%	63%	16,9%	100	11,4	49,8%	22%	77.10%	51,2%	62,7%	49,8%	1
CUNDINAMARCA	SAN CAYETANO	32%	72%	26,9%	20	11,8	40.00%	22%	57.40%	51,3%	71,8%	40.00%	6
CESAR	PAELITAS	32%	95%	20,9%	20	0,01	71,9%	19%	22.70%	44,2%	95,4%	72.00%	2
TOLIMA	MURILLO	31%	92%	24.00%	20	1,4	42,4%	20%	26.80%	45,7%	92,1%	42,4%	3
ANTIOQUIA	SANTA BÁRBARA	30%	77%	28,2%	50	7,6	36,5%	22%	34.00%	60,9%	76,8%	36,5%	17
LA GUAJIRA	FONSECA	30%	92%	23,2%	20	3,4	80,9%	18%	48.90%	39,8%	92,5%	80,9%	13
TOLIMA	FALAN	30%	80%	27.00%	20	14,23	38,9%	22%	46.60%	54,1%	80,4%	38,9%	18
TOLIMA	COELLO	28%	84%	22,7%	100	3,5	47,5%	22%	21.40%	59,1%	83,6%	47,5%	60
META	SAN JUANITO	27%	76%	28,4%	20	4,32	30,1%	24%	36.60%	54.00%	75,7%	30,1%	0
CUNDINAMARCA	SAN BERNARDO	26%	71%	21,6%	20	12,04	30,9%	22%	42.60%	51,4%	70,5%	30,9%	3
SANTANDER	CONCEPCIÓN	25%	77%	24,8%	75	14,821	53,1%	21%	45.10%	48,3%	76,6%	53,1%	8
ANTIOQUIA	SAN PEDRO	25%	69%	31,3%	20	4,82	24,5%	25%	80.60%	65,1%	69,2%	24,5%	7
TOLIMA	ALVARADO	23%	78%	24,5%	100	9,11	52,8%	21%	27.70%	53,9%	77,7%	52,9%	13
CUNDINAMARCA	GUADUAS	21%	80%	24,7%	100	12,12	31,6%	23%	32.30%	60,1%	79,6%	31,6%	20

En la **Tabla 5**, el color verde representa favorabilidad en la capacidad de adaptación, mientras que el color rojo representa desfavorabilidad. Un color verde más intenso representa más favorabilidad, mientras que un rojo más intenso representa más desfavorabilidad.

De acuerdo a la **Tabla 5**, los casos más críticos son los municipios de La Jagua del Pilar, Villanueva y Urumita (Guajira) y Pandi (Cundinamarca), dado el alto grado de pérdida que sufrirían los municipios en el sector agrícola, y los altos niveles de pobreza sumados a la baja capacidad de respuesta institucional. Otros casos preocupantes son los municipios de Carmen de Carupa (Cundinamarca) y San Vicente (Antioquia), dado que gran parte de su área agrícola dejaría de ser apta para los cultivos actuales y sus niveles de pobreza son relativamente altos. Igualmente tiene una respuesta institucional media. Los demás municipios de la región Andina de Colombia no se presentan en la tabla, dado que los valores del indicador ASP\_TACM están por debajo de 20%.

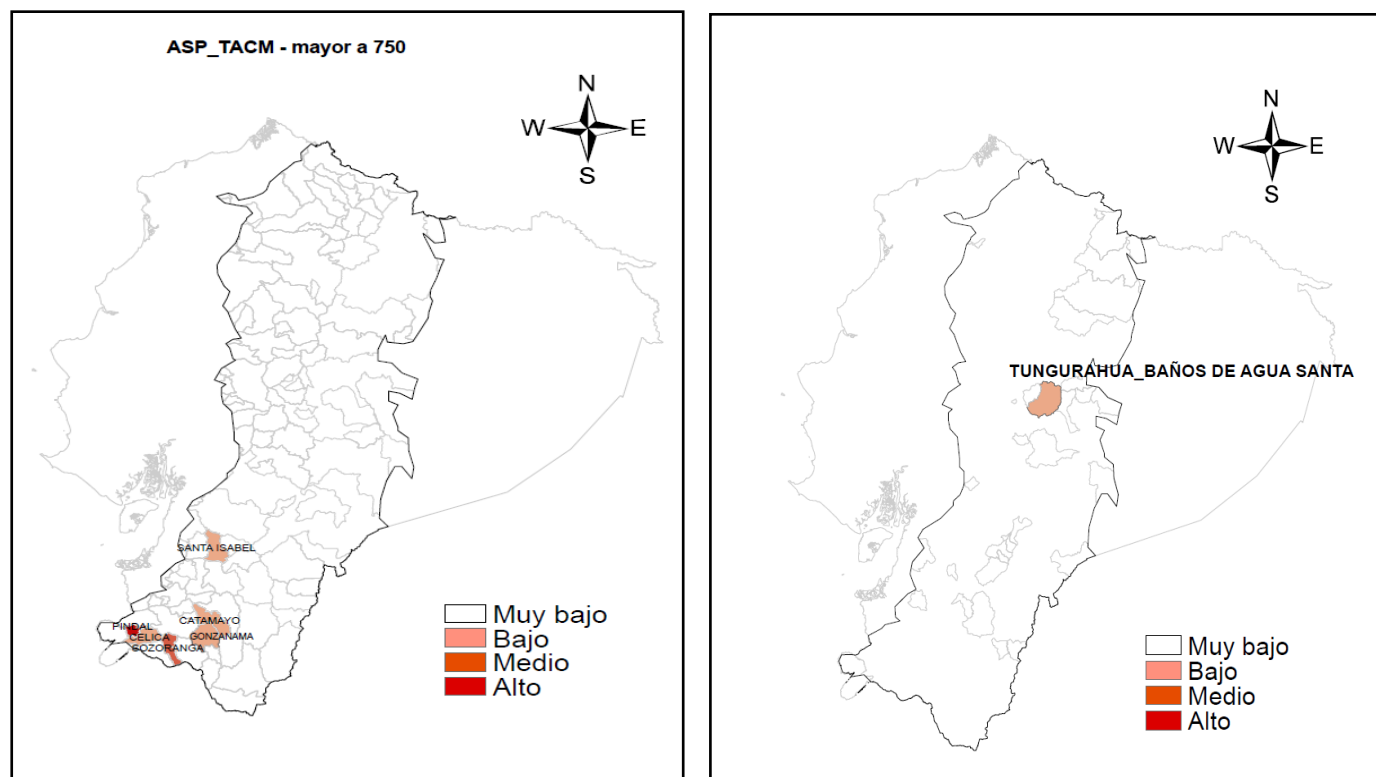
## ECUADOR

En cuanto a pérdida relativa (**APR**) de cultivos en la región Andina de Ecuador, se observa que muy pocos cantones verían afectada más del 50% de su área debido al cambio climático (**Figura 25**), excepto para el caso del cultivo de maíz, donde se observan algunos cantones con pérdida alta y media, como Santa Isabel (Azuay), La Mana (Cotopaxi), Cumanda (Chimborazo), Catamayo, Macará y Quilangai (Loja).



**Figura 25.** Pérdida relativa de aptitud a nivel cantonal en Ecuador para maíz y papa.





**Figura 26.** Mapa de pérdida de aptitud de todos los cultivos respecto al área sembrada total a nivel cantonal en Ecuador. Al lado izquierdo, están los cantones con pérdidas mayores a 750 hectáreas y, al lado derecho, están los cantones con áreas pérdidas menores a 750 ha.

En el cuadro marcado en negrilla en la **Tabla 6**, se muestra la vulnerabilidad principal de acuerdo al porcentaje de área de pérdida de aptitud climática de los cultivos y el indicador de Necesidades Básicas Insatisfechas en el área rural.

**Tabla 6.** Lista de municipios más vulnerables en la región Andina de Ecuador.

PROVINCIA	CANTON	Perdida Relativa	NBI rural	Analfabetismo Rural	Migración	Densidad Poblacional	Población asalariada Agrícola	Vías	Escolaridad	Población ocupada rural
LOJA	PINDAL	78%	61,30%	10%	-2	42,80%	25,50%	62%	7	2,136
LOJA	SOZORANGA	67%	56%	8,40%	-11,2	18,10%	19,50%	72%	6,7	1,99
LOJA	CELICA	43%	56,30%	9,30%	-2,4	27,70%	16,50%	60%	7,8	3,042
LOJA	CATAMAYO	40%	48,20%	6,80%	0,1	47%	12%	83,10%	8,6	2,871
LOJA	GONZANAMÁ	33%	53,80%	9,80%	-17,31	18,21%	13,70%	82%	7,15	3,883
TUNGURAHUA	BAÑOS DE AGUA SANTA	33%	44,67%	5,80%	1,32	18,78%	3,90%	66,25%	9,91	3,304
AZUAY	SANTA ISABEL	27%	54,50%	9,40%	-2,1	30,40%	14%	46,80%	7,1	5,133
LOJA	CALVAS	18%	57,50%	9,60%	-9,59	33,51%	9,71%	100%	8,59	4,822
LOJA	MACARA	18%	55,50%	8,20%	-5,17	33,03%	13,32%	58,18%	8,53	2,18
CHIMBORAZO	PALLATANGA	12%	61,90%	19,20%	-9,24	30,46%	18,49%	100%	6,19	2,902

En la Tabla 6 se observa en la tercera columna el nivel de pérdida relativa del sector agrícola para los 10 cantones más afectados, y en las siguientes columnas se presenta información de indicadores socio-económicos de dichos cantones para tener una idea de la capacidad de adaptación que tienen frente a los potenciales impactos del cambio climático. De acuerdo a estos resultados, el cantón más crítico sería Pindal en la provincia de Loja. Otros casos preocupantes serían Sozoranga, Celica, Catamayo, Gonzanamá, Calvas, Macara, en la provincia de Loja; Baños de Agua Santa de la provincia de Tungurahua; Santa Isabel de Azuay; y Pallatanga de Chimborazo.

## PERÚ

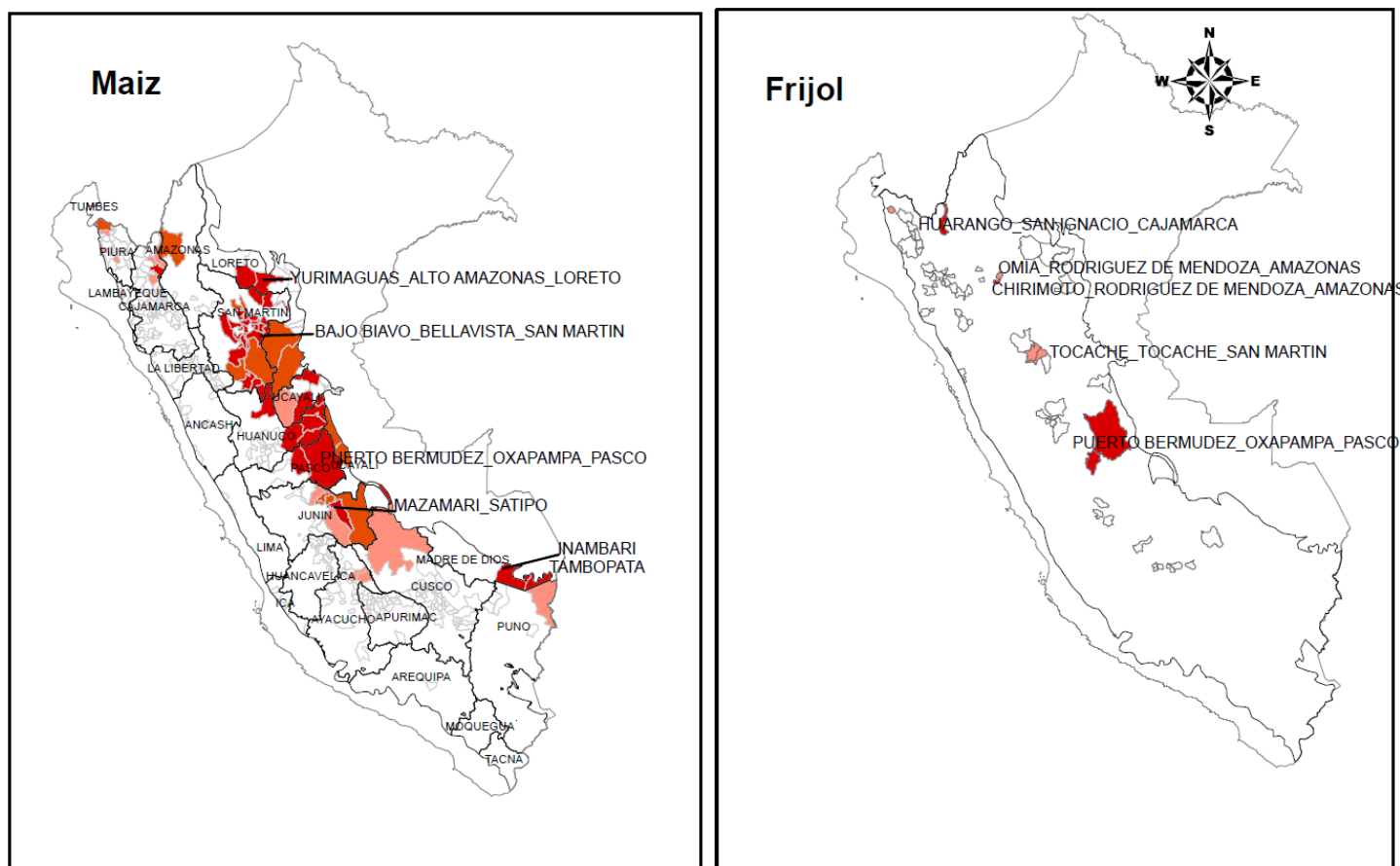
En el caso de Perú, el cultivo de maíz es el caso más crítico para el indicador de pérdida relativa. Los más afectados serían un gran número de distritos del costado oriental (hacia la vertiente amazónica) de la zona centro y norte (ver **Figura 27**).

Vulnerabilidad Distrital de acuerdo al porcentaje de área de pérdida de aptitud climática de los cultivos y la incidencia de pobreza (Recuadro resaltado) e Indicadores de capacidad de adaptación para los distritos más afectados por cambio climático en el Perú (**Tabla 7**).

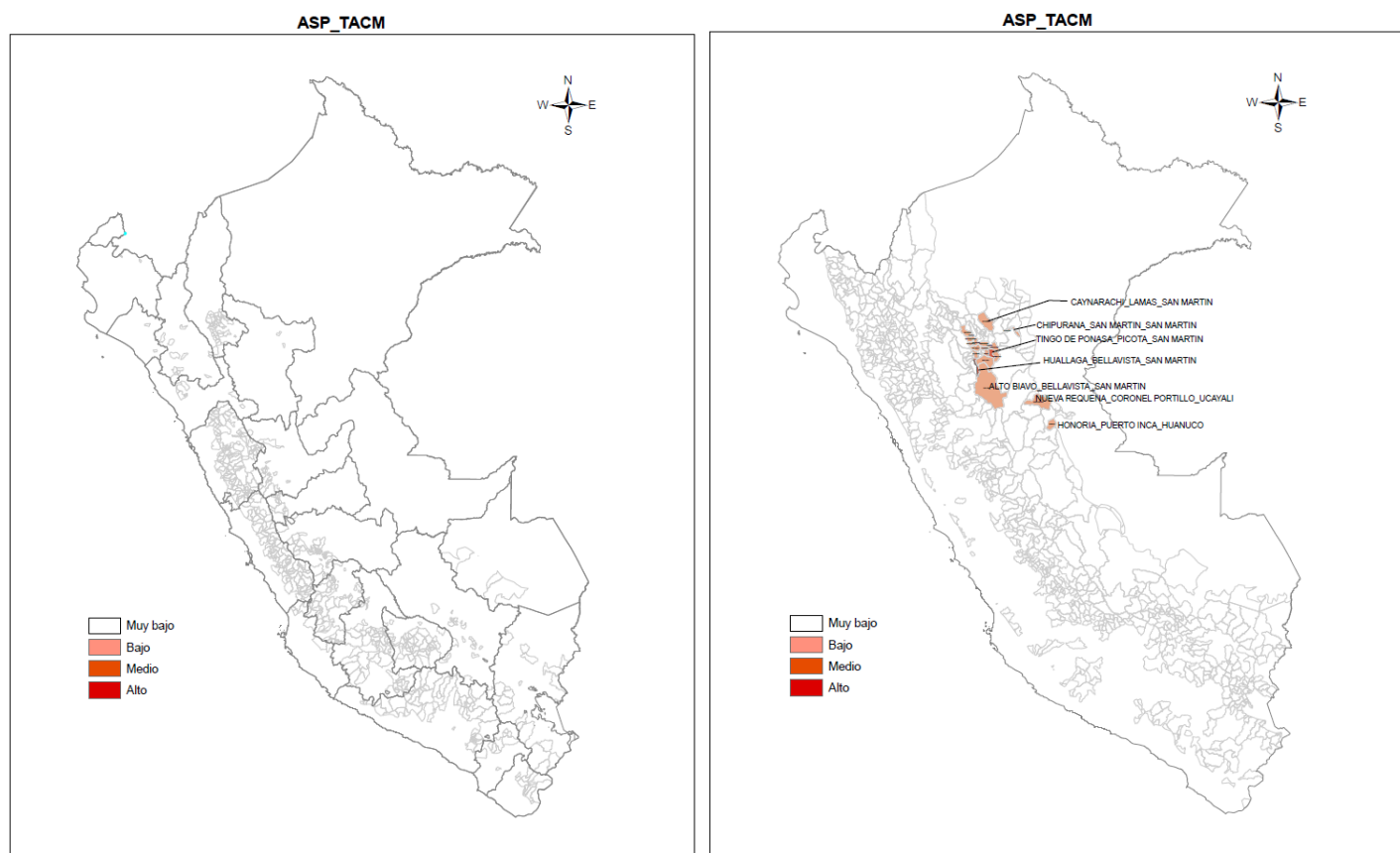
**Tabla 7.** Lista de municipios más vulnerables en la región Andina de Perú.

Depto.	Provincia	Distrito	ASPT_TACM	Incidencia pobreza	IDH	Alfabetismo	Escolaridad	Ingreso Familiar	Total Pobres	Área cultivada
TUMBES	ZARUMILLA	MATAPALO	92%	22,56	0,60	90,36	79,07	272,64	17,10	0,02
SAN MARTIN	BELLAVISTA	HUALLAGA	70%	57,86	0,56	89,43	77,36	169,13	35,19	0,11
TUMBES	TUMBES	PAMPAS DE HOSPITAL	66%	15,17	0,63	92,11	87,07	354,52	31,09	0,00
SAN MARTIN	PICOTA	TINGO DE PONASA	54%	44,08	0,59	92,90	76,99	241,80	20,26	0,14
SAN MARTIN	SAN MARTIN	CHIPURANA	48%	16,00	0,59	91,66	79,13	295,36	79,22	0,06
SAN MARTIN	BELLAVISTA	SAN PABLO	46%	46,49	0,57	91,58	76,35	243,69	67,59	0,28
SAN MARTIN	PICOTA	PUCACACA	46%	32,11	0,60	96,60	84,23	234,40	33,24	0,12
SAN MARTIN	PICOTA	PILLUANA	46%	33,18	0,61	97,59	89,02	222,35	43,02	0,20
SAN MARTIN	PICOTA	SHAMBOYACU	44%	46,17	0,56	86,70	66,63	220,67	32,02	0,10
SAN MARTIN	EL DORADO	SHATOJA	42%	74,23	0,54	88,15	68,51	135,15	58,97	0,61
SAN MARTIN	EL DORADO	AGUA BLANCA	41%	68,63	0,55	91,32	70,29	145,37	43,21	0,13
SAN MARTIN	BELLAVISTA	BAJO BIAVO	37%	52,02	0,55	89,70	65,65	179,70	40,79	0,14
SAN MARTIN	EL DORADO	SANTA ROSA	37%	66,90	0,54	84,57	71,13	149,84	62,65	0,12
SAN MARTIN	PICOTA	BUENOS AIRES	36%	56,20	0,57	90,73	72,30	171,63	29,95	0,09
SAN MARTIN	LAMAS	CAYNARACHI	34%	64,44	0,57	89,83	74,89	180,90	83,53	0,05
SAN MARTIN	EL DORADO	SAN JOSE DE SISA	33%	75,88	0,56	88,56	75,76	159,26	60,38	0,16
HUANUCO	PUERTO INCA	HONORIA	33%	55,52	0,57	93,45	74,26	174,95	60,18	0,05
SAN MARTIN	BELLAVISTA	ALTO BIAVO	30%	51,94	0,55	87,98	65,38	206,30	45,61	0,01
SAN MARTIN	BELLAVISTA	BELLAVISTA	30%	40,79	0,60	94,05	82,25	293,17	26,14	0,32

En el Distrito de Matapalo (Zarumilla), el índice ASPT\_TACM es preocupante, independiente de la capacidad de adaptación, es un caso que merece especial atención dado que el impacto del cambio climático sobre el sector agrícola sería muy alto (**Tabla 7**). A pesar de que un punto importante a revisar en este Distrito es la participación del sector agrícola en la economía local, sí es necesario focalizar esfuerzos adicionales para entender mejor los efectos que el cambio climático puede llegar a tener sobre los productores agropecuarios de esta región. Otro punto importante a resaltar para Perú es la larga lista de municipios afectados por encima de un 30% en el índice ASPT\_TACM, cosa que no pasa en el caso de Colombia y Ecuador.



**Figura 27.** Mapa de pérdida de aptitud relativas a nivel distrital para Perú para los cultivos de maíz y frijol.



**Figura 28.** Mapa de pérdida de aptitud de todos los cultivos respecto al área sembrada total a nivel distrital para Perú. Al lado izquierdo están los distritos con pérdidas mayores a 750 ha y al lado derecho están los distritos con áreas pérdidas menores a 750 ha.



# CAPÍTULO 8

## MEDIDAS DE ADAPTACIÓN PRELIMINARES

La adaptación se refiere a las medidas concretas planeadas para ajustarse a los efectos del cambio climático. Este es el grado en el que son posibles los ajustes en las prácticas, procesos o estructuras de sistemas a los cambios climáticos reales o proyectados hacia el futuro. Estas medidas están divididas en: Enfoque a ecosistemas y convencionales. La primera está ligada a la preservación de los servicios ecosistémicos y la biodiversidad, como parte de una estrategia general para ayudar a las comunidades a adaptarse a los impactos del cambio climático. Por otro lado, las medidas de adaptación convencionales se enfocan en estrategias de tipo social, centradas en comunidades e instituciones para la capacitación y extensión de actuales y nuevas tecnologías en diferentes áreas. También se encamina al fortalecimiento de la infraestructura y restauración de los sistemas naturales para hacer frente a los efectos del cambio climático.

### *Enfoque EbA (Adaptación basada en ecosistemas)*

#### Medida 1

Impacto	Sitios afectados	Medida
Problemas de abastecimiento de agua por reducción de la precipitación.	Colombia: la parte norte de la región Andina. Perú: la zona central de la región Andina y margen occidental del sur de la región Andina.	Conservación y restauración en las partes altas de las cuencas hidrográficas
Daños en infraestructura de captación por crecientes de los ríos y quebradas, debido a los aumentos de la precipitación.	Colombia: la parte sur de la región Andina. Ecuador: en toda la región Andina. Perú: la zona norte de la región Andina, y la región del lago Titicaca.	

Los distritos de riego, las hidroeléctricas y las empresas de acueducto tienen un gran reto de conservar y restaurar las cuencas abastecedoras, con el fin de preservar el poder regulatorio de dichas cuencas. Con esta medida se busca aumentar el tiempo de retención del agua en el suelo y regular los niveles de escorrentía y evitar así las crecientes de los ríos que ocasionan daños en la infraestructura de captación. Igualmente se busca aumentar los flujos de retorno con el fin de aumentar los caudales en los periodos de estiaje.

#### Medida 2

Impacto	Sitios afectados	Medida
Problemas de abastecimiento de agua por reducción de la precipitación.	Colombia: la parte norte de la región Andina. Perú: la zona central de la región Andina y La margen occidental del sur de la región Andina. Ver Figura 5 en el Capítulo 2 sobre Exposición.	Fomento de agricultura de conservación en las partes alta y media de las cuencas hidrográficas
Daños en infraestructura de captación por crecientes de los ríos y quebradas, debido a los aumentos de la precipitación.	Colombia: la parte sur de la región Andina. Ecuador: en toda la región Andina. Perú: La zona norte de la región Andina, y la región del lago Titicaca. Ver Figura 5 en el Capítulo 2 sobre Exposición.	

La agricultura de conservación puede ayudar a aumentar la capacidad de retención de agua en el suelo, disminuir la erosión y reducir la contaminación de las fuentes de agua. El aumento de la retención de agua en el suelo ayuda a que el cultivo cuente con una mayor disponibilidad de agua para períodos medianamente prolongados de sequía, pero al mismo tiempo aumenta la porosidad del suelo, lo que impide el encharcamiento en épocas de altos niveles de precipitación. La disminución de la erosión evita la pérdida de productividad del suelo, pero al mismo tiempo reduce los niveles de sedimentación de las fuentes de agua.

**Medida 3**

Impacto	Sitios afectados	Medida
Cambios en la temperatura y la precipitación.	Los cambios de temperatura y precipitación se prevé ocurrirán en todo el territorio de los Andes de los tres países, pero la agricultura familiar se concentra en los lugares de los mapas del Capítulo 4 sobre Sensibilidad agropecuaria y social.	Fomento de prácticas ancestrales en la agricultura familiar

La agricultura familiar generalmente conserva ciertas prácticas ancestrales en la producción de productos de autoconsumo, sin embargo, la pérdida de aptitud climática de los cultivos de autoconsumo pueden poner en riesgo la continuación del uso de dichas prácticas, y por lo tanto prácticas comerciales pueden ser implementadas con el fin de compensar la pérdida de aptitud de los cultivos. Por esta razón, es necesario identificar prácticas ancestrales con mayor grado de resiliencia ante cambios en la temperatura y la precipitación.

**Medida 4**

Impacto	Sitios afectados	Medida
Cambios en la temperatura y la precipitación.	Los cambios de temperatura y precipitación se prevé ocurrirán en todo el territorio de los andes de los tres países y, en algunos casos, cultivos comerciales podrán ser ligeramente afectados negativamente en su aptitud climática. Ver Capítulo 4 sobre sensibilidad de agropecuaria.	Pagos por Servicios Ambientales (PSA) a la conservación

Gran parte de la sobreexplotación de los recursos naturales se debe a la necesidad de los pobladores locales de generar ingresos inmediatos para su subsistencia, y por lo tanto difícilmente implementarán alternativas sostenibles que les permitirán diferir la renta en el largo plazo. Por tal motivo, esquemas de PSA pueden ayudar a la implementación de alternativas sostenibles. El principio básico es lograr que los usuarios de los servicios ambientales paguen por la conservación de los recursos naturales que generan dichos servicios ambientales de los cuales ellos se ven favorecidos. Igualmente, las alternativas sostenibles aumentan la resiliencia ante cambios en la temperatura y la precipitación.

## **Convencionales**

### **Medida 1**

<b>Impacto</b>	<b>Sitios afectados</b>	<b>Medida</b>
Cambios en la temperatura y la precipitación.	Los cambios de temperatura y precipitación se prevé ocurrirán en todo del territorio de los andes de los tres países y, en algunos casos, cultivos comerciales podrán ser ligeramente afectados negativamente en su aptitud climática. Ver Capítulo 4 sobre sensibilidad de agropecuaria.	Ajustar fertilización de acuerdo al análisis de suelos y necesidades nutricionales del cultivo.

El incremento de la fertilización compensa la pérdida de productividad de los cultivos. Sin embargo, para ciertos cultivos es necesario avanzar en el uso más eficiente de fertilizantes. Por ejemplo, en el cultivo de arroz la eficiencia en el provechamiento de fertilización es baja, pero para cultivos como café y caña de azúcar, los niveles de eficiencia en el uso de fertilizantes son altas.

### **Medida 2**

<b>Impacto</b>	<b>Sitios afectados</b>	<b>Medida</b>
Daños en infraestructura de captación por crecientes de los ríos y quebradas debido a los aumentos de la precipitación.	Colombia: la parte sur de la región Andina. Ecuador: en toda la región Andina. Perú: La zona norte de la región Andina, y la región del lago Titicaca. Ver Figura 5 en el Capítulo 2 sobre Exposición.	Obras de estabilización de taludes

En las partes alta y media de las cuencas con alta pendiente y que coinciden con las regiones donde la precipitación se incrementara, es necesario diseñar y construir obras de estabilización de taludes con el fin de evitar los deslizamientos de tierra, y así evitar las pérdidas de infraestructura en los puntos de captación aguas abajo.



### Medida 3

Impacto	Sitios afectados	Medida
Déficit hídrico por reducción de la precipitación y aumento de la temperatura.	Colombia: la parte norte de la región Andina. Perú: la zona central de la región Andina y margen occidental del sur de la región Andina. Ver Figura 5 en el Capítulo 2 sobre exposición.	Capacitación a los productores y técnicos sobre requerimientos hídricos de los cultivos

Es necesario que el productor y los técnicos comprendan que el cultivo tiene diferentes requerimientos de agua, dependiendo de la etapa en que se encuentre y de las condiciones climáticas prevalentes en el momento de la aplicación del riego. Por lo tanto, es necesaria la capacitación a técnicos y productores sobre la práctica del cálculo del balance hídrico y la necesidad de riego en el cultivo con criterios técnicos.

### Medida 4

Impacto	Sitios afectados	Medida
Déficit hídrico por reducción de la precipitación y aumento de la temperatura.	Colombia: la parte norte de la región Andina. Perú: la zona central de la región Andina y margen occidental del sur de la región Andina. Ver Figura 5 en el Capítulo 2 sobre exposición.	Construcción y restauración de distritos de riego

En las regiones con aumento de temperatura y disminución de la precipitación, es necesario pensar en la construcción de nuevos distritos de riego y/o en la adecuación de los distritos ya existentes.

### Medida 5

Impacto	Sitios afectados	Medida
Déficit hídrico por reducción de la precipitación y aumento de la temperatura.	Colombia: la parte norte de la región Andina. Perú: la zona central de la región Andina y margen occidental del sur de la región Andina. Ver figura 5 y 6 en el Capítulo 2 sobre exposición.	Mejorar la eficiencia de los sistemas de riego

Para los distritos de riego actuales, es necesario modernizar los sistemas de riego con el fin de hacer un uso más eficiente del agua. Para algunos cultivos de alto consumo de agua, se recomienda pensar en sistemas de riego de ultrabajo volumen. Igualmente es necesario que en los distritos de riego se implementen medidas de monitoreo y control del uso de agua a nivel de parcela, ya que la gran mayoría de distritos de riego distribuyen el agua a través de cantidades programadas en función a la extensión del terreno y la disponibilidad del recurso.

### Medida 6

Impacto	Sitios afectados	Medida
Déficit hídrico por reducción de la precipitación y aumento de la temperatura.	Colombia: la parte norte de la región Andina. Perú: la zona central de la región Andina y margen occidental del sur de la región Andina. Ver figura 5 y 6 en el Capítulo 2 sobre Exposición.	Programa de capacitación en manejo y adecuación de suelos
Daños en los cultivos por anegamiento en el suelo.	Colombia: la parte sur de la región Andina. Ecuador: en toda la región Andina Perú: La zona norte de la región Andina, y la región del lago Titicaca. Ver figura 5 en el Capítulo 2 sobre Exposición.	

Los excesos y déficits hídricos se pueden mitigar a través de un adecuado manejo del suelo. En este sentido, es necesario que técnicos y productores sean capacitados en manejo de suelos como una herramienta para enfrentar las amenazas de los fenómenos climáticos a fin de reducir sus impactos de dichos fenómenos sobre la agricultura.

Es necesario formular programas de nivelación de tierras con el fin de mejorar la eficiencia del uso del agua en los cultivos con irrigación bajo gravedad, y al mismo tiempo mejorar la eficiencia en el uso de la fertilización y reducir la pérdida de suelo por arrastre. Igualmente, los programas de preparación adecuada de suelos para mejorar la infiltración y drenaje del agua en los casos de suelos pesados.

### Medida 7

Impacto	Sitios afectados	Medida
Déficit hídrico por reducción de la precipitación y aumento de la temperatura.	Colombia: la parte norte de la región Andina. Perú: la zona central de la región Andina y margen occidental del sur de la región Andina. Ver Figuras 5 y 6 en el Capítulo 2 sobre Exposición.	Almacenamiento de agua

Para las zonas donde la disponibilidad de agua va a ser menor, construir reservorios de agua de diferentes dimensiones de acuerdo a la demanda y oferta del recurso hídrico. Es necesario considerar aquí la opción de los sistemas de cosecha de agua.

### Medida 8

Impacto	Sitios afectados	Medida
Daños en los cultivos por anegamiento en el suelo.	Colombia: la parte sur de la región Andina. Ecuador: en toda la región Andina. Perú: La zona norte de la región Andina, y la región del lago Titicaca. Ver Figura 5 en el Capítulo 2 sobre Exposición.	Drenaje para zonas planas

En algunas zonas donde la precipitación va a aumentar, es necesario mejorar los sistemas de drenaje en los campos agrícolas, ya que las probabilidades de encharcamiento se van a incrementar.

### Medida 9

Impacto	Sitios afectados	Medida
Déficit hídrico por reducción de la precipitación y aumento de la temperatura.	Colombia: la parte norte de la región Andina. Perú: la zona central de la región Andina y margen occidental del sur de la región Andina. Ver Figura 5 y 6 en el Capítulo 2 sobre exposición.	Investigación en mejoramiento de variedades tolerantes a sequías y suelos anegados. Igualmente variedades más resistentes a plagas y enfermedades que podrían exacerbarse con los cambios en el clima
Daños en los cultivos por anegamiento en el suelo.	Colombia: la parte sur de la región Andina. Ecuador: en toda la región Andina. Perú: La zona norte de la región Andina, y la región del lago Titicaca. Ver Figura 5 en el Capítulo 2 sobre Exposición.	

Es necesario invertir en el desarrollo de nuevas variedades con tolerancia a altas temperaturas en el día y en la noche, con una menor demanda hídrica para zonas con cultivos con una alta demanda hídrica y donde se prevé se reducirá la precipitación. Para aquellas zonas con aumentos de la precipitación con suelos pesados, es necesario desarrollar variedades tolerantes a encharcamiento e inundaciones. Igualmente se requiere desarrollar variedades resistentes a plagas y enfermedades.



### **Medida 10**

Seguros agropecuarios. Transferencia de los efectos económicos de eventos climáticos perjudiciales, a una entidad aseguradora para reducir la vulnerabilidad socioeconómica de los productores arroceros ante el riesgo climático. Esto implicaría un menor riesgo económico para productores en caso de eventos climáticos inesperados. Esta medida es especialmente válida para los riesgos en los aumentos de eventos extremos.

### **Medida 11**

Diversificación y rotación de productos. La siembra de varios productos agrícolas y su rotación puede ayudar a disminuir los riesgos por pérdida de productos; no obstante, su manejo es un poco más complejo y requiere un ajuste en la estrategia de producción y comercialización. Es necesario tener en cuenta cómo variarían los cambios de aptitud climática en el futuro de cada cultivo. En el caso de los cultivos que se siembran en las latitudes bajas, podrían convertirse en alternativa en el futuro para la región baja de los Andes.

### **Medida 12**

Cambio de fechas de siembra. Los productores deben ensayar nuevas estrategias de producción que busquen disminuir los riesgos de pérdidas de sus cosechas, y dada la variabilidad climática, los cambios de las fechas de siembra son una alternativa que debe probarse con el fin de buscar adaptarse al cambio climático y a la variabilidad climática.

### **Medida 13**

Fortalecimiento de capacidades de Gobiernos locales (autoridades y funcionarios). Es necesario ajustar los programas de desarrollo local que permitan fomentar sistemas más resilientes ante el cambio climático. No obstante, un primer paso es una adecuada formación de los formuladores de políticas locales en la comprensión del fenómeno de cambio climático y sus potenciales efectos sobre la agricultura y sobre el recurso hídrico. Lo anterior puede llevar a procesos de ordenamiento territorial acordes al nuevo panorama en materia de clima.

### **Medida 14**

Fortalecer los sistemas de asistencia técnica. Es necesario recuperar y fortalecer los sistemas de asistencia técnica. Para esto se requiere inicialmente una buena formación y comprensión por parte de los técnicos de los nuevos retos que impone el cambio climático sobre la agricultura. Segundo, se requiere de un buen entendimiento por parte de los técnicos de las relaciones entre agricultura y recursos naturales, y el papel de los servicios ambientales, que permitan identificar y proponer alternativas de producción más amigables con el medio ambiente.

## Bibliografía

- Allen, R. G., L. S. Pereira, D. Raes, M. Smith, y others. 1998. «Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56». FAO, Rome 300: 6541.
- FAO. 2012. «AQUASTAT - Sistema de Información sobre el Uso del Agua en la Agricultura de la FAO». [www.fao.org/nr/water/aquastat/water\\_use\\_agr/index.stm](http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use_agr/index.stm).
- FAO, y Water Development and Management Unit. 2012. «CropWat 8.0». [www.fao.org/nr/water/infores\\_databases\\_crowat.html](http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_crowat.html).
- FAO (2001). FAOCLIM 2.0 A World-Wide Agroclimatic Database. FAO. Rome, Italy.
- Hayhoe. K., (2010). A Standardized Framework For Evaluating The Skill Of Regional Climate Downscaling Techniques. University of Illinois at Urbana-Champaign.
- Hijmans, R. J., S. E. Cameron, et al. (2005). “very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas.” International Journal of Climatology 25(15): 1965-1978.
- IPCC (2007). IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 (AR4). Geneva, Switzerland.
- josse C., Cuesta F., Navarro G., Barrena V., Cabrera E., Chacón-Moreno E., Ferreira W., Peralvo M., Saito J. Tovar A., (2009) Mapa de Ecosistemas de los Andes del Norte y Centro.
- Peterson, T. C. and R. S. Vose (1997). “An Overview of the Global Historical Climatology Network Temperature Database.” Bulletin of the American Meteorological Society 78(12):2837-2849
- Python Software Foundation. (2008). Python (versión 2.6). Python Software Foundation. <http://python.org/>.
- Ramírez-Villegas J, Jarvis A, Läderach P (2011) Empirical approaches for assessing impacts of climate change on agriculture: the EcoCrop model and a case study with grain sorghum. Agr Forest Meteorol. doi:10.1016/j.agrformet.2011.09.005
- Ramírez, J., y A. Jarvis. 2010. «Downscaling Global Circulation Model Outputs: The Delta Method Decision and Policy Analysis Working Paper No. 1». Decision and Policy Analysis Working Papers. Cali, Colombia, International Center for Tropical Agriculture (CIAT). [http://ccafs-climate.org/download\\_sres.html](http://ccafs-climate.org/download_sres.html).