

**“EFECTOS DEL  
CAMBIO Y  
LA VARIABILIDAD  
CLIMÁTICA  
EN LOS ESQUEMA  
DE SERVICIO  
AMBIENTALE S  
EN LA CUENCA  
CARCHI-  
GUAITARA”**

**Opciones para las políticas de adaptación**



Organización de los Estados Americanos | Más derechos para más gente



EFFECTOS DEL CAMBIO Y LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN LOS  
ESQUEMAS DE SERVICIOS AMBIENTALES EN LA CUENCA  
CARCHI-GUAITARA:

Opciones para las políticas de adaptación

Septiembre, 2015

DERECHO DE AUTOR© (2015) Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Publicado por el Departamento de Desarrollo Sostenible. Todos los derechos reservados bajo las Convenciones Internacionales y Panamericanas. Ninguna porción del contenido de este material se puede reproducir o transmitir en ninguna forma, ni por cualquier medio electrónico o mecánico, incluyendo fotocopiado, grabado, y cualquier forma de almacenamiento o extracción de información, sin el consentimiento previo o autorización por escrito de la casa editorial.

#### OAS Cataloging-in-Publication Data

Organization of American States. Department of Sustainable Development.

Efectos del cambio y la variabilidad climática en los esquemas de servicios ambientales en la Cuenca Carchi-Guaitara: Opciones para las políticas de adaptación / [Preparado por el Departamento de Desarrollo Sostenible de la Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos].

p. ; cm. (OAS. Documentos oficiales ; OEA/Ser.D/XXIII.37)

ISBN 978-0-8270-6505-5

1. Sustainable Development--Carchi-Guaitara Watershed (Ecuador and Colombia).
2. Environmental policy--Carchi-Guaitara Watershed (Ecuador and Colombia).
3. Climatic changes--Carchi-Guaitara Watershed (Ecuador and Colombia).
4. Ecosystem services--Carchi-Guaitara Watershed (Ecuador and Colombia).

I. Title. II. Series.

OEA/Ser.D/XXIII.37

Se agradece el apoyo financiero recibido para esta iniciativa del Gobierno de Finlandia.



Los contenidos expresados en el presente documento se presentan exclusivamente para fines informativos y no representan opinión o posición oficial alguna de la Organización de los Estados Americanos, de su Secretaría General o de sus Estados Miembros.

Esta publicación está disponible en línea en la página web: [www.oas.org/dsd](http://www.oas.org/dsd)

**N**uestro continente cuenta con la mayor diversidad biológica del planeta y alberga a varios de los países megadiversos del mundo. La riqueza de su biodiversidad y sus ecosistemas proveen a la sociedad incalculables bienes y servicios, tales como alimentos, medicinas, combustible, agua, la regulación de los ciclos hidrológicos y del clima, la conservación de los suelos, el control de erosión, la producción del aire que respiramos y la absorción de carbono, entre otros, que determinan el bienestar humano. Hoy en día, con gran nivel de confiabilidad es conocido que el cambio climático afecta estos servicios y en particular los ciclos hidrológicos en las Américas.

Con miras a conservar estos bienes y servicios se ha recurrido a varios instrumentos y mecanismos económicos a través de los cuales se comparte la responsabilidad de mantenerlos entre diferentes actores.

Entre estos mecanismos, figuran los esquemas de servicios ambientales que permiten una retribución a los arrendatarios de tierras por la provisión de externalidades

ambientales positivas como almacenamiento de carbono, conservación de la biodiversidad y los recursos hídricos, entre otros, por parte de usuarios, tales como: las industrias que emiten carbono, empresas administradoras del agua, entre otras, que desean tener una responsabilidad o inclinación a compensar los impactos sobre la biodiversidad y los ecosistemas.

Para implementar este mecanismo, varios países de nuestra región han elegido zonas rurales con altos niveles de pobreza pero con ecosistemas valiosos y capacidad de generación de recursos hídricos. En la mayoría de los casos pilotos, el impacto en las condiciones de vida ha sido positivo replicándose estos esquemas a nivel nacional.

Tomando en consideración que la mayoría de los recursos hídricos del continente y las áreas de recarga están ubicadas principalmente en zonas de conservación, se debe reconocer el efecto que la variabilidad y el cambio climático en estas zonas, el secuestro de carbono, el suministro de humedad y la biodiversidad.



En este contexto, la Secretaría de la Organización de los Estados Americanos (OEA), se complace en presentar este estudio de caso analítico de los: Efectos del cambio y la variabilidad climática en los esquemas de servicios ambientales en la Cuenca Carchi-Guaitara. Puesto que, en el marco de una cuenca fronteriza, al igual que aproximadamente en otras 70 en las Américas, se toma en consideración tanto la variabilidad natural como antropogénica del clima en el diseño de esquemas de servicios ambientales con el objetivo de optimizar su confiabilidad y asegurar beneficios reales de estos esquemas como una opción para la adaptación climática.

Este caso, demuestra cómo la optimización de estos esquemas de servicios ambientales y el acopio de impuestos municipales y nacionales pueden ser invertidos en la recuperación y protección de cuencas, con base a escenarios climáticos, y convertirse en una opción más viable y real de adaptación al cambio climático, tan necesaria en la región.

Este estudio de caso reúne información muy valiosa y técnica de diversas fuentes institucionales, presentada de forma clara y sencilla a los tomadores de decisiones y a las instituciones involucradas en los procesos de pagos por servicios ambientales, tanto públicas como no gubernamentales, esperando que sea útil y contribuya a la gestión del ambiente y la preservación de los servicios ecosistémicos, teniendo en cuenta la referencia de los resultados obtenidos en la Cuenca binacional Carchi-Guaitara.



### **Claudia de Windt**

Jefe, Sección de Derecho Ambiental,  
Política y Gobernabilidad  
Departamento de Desarrollo Sostenible  
OEA

### **Max Campos**

Jefe, Sección de Gestión Integrada  
de Recursos Hídricos  
Departamento de Desarrollo Sostenible  
OEA

## AGRADECIMIENTOS Y LISTA DE AUTORES COLABORADORES

La Organización de los Estados Americanos, expresa su especial agradecimiento a las siguientes personas que colaboraron para que esta publicación fuese posible: Dr. Daniel Vicente Ortega Pacheco (Ecuador), Ing. Karla Markley (Ecuador), Agustín Fornell del Ministerio de Relaciones Exteriores y Movilidad Humana (Ecuador), Mauricio Molano, Asesor- Comisiones de Vecindad y Organismos Subregionales Fronterizos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Colombia), Clara Lamo del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Colombia), Marcela Garcia Lopez del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Colombia) y Luis Alfonso Escobar Trujillo, Director Técnico de Gestión Integral del Recurso Hídrico del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Colombia).

A Andrés Felipe Sánchez Peña, Estefanía Jiménez, Claudia de Windt y Max Campos por su guía y seguimiento en el proceso de elaboración del estudio y por coordinar la consolidación de aportes de diversos actores durante el desarrollo del estudio.

Asimismo, se agradece especialmente a las siguientes personas que contribuyeron de forma significativa en el análisis, desarrollo del contenido técnico del estudio y el levantamiento de la información geográfica de la zona y la investigación: al equipo de ACD Consulting de Ecuador, María Amparo Albán, Mayra Milkovic, Daniel Pabón del Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño (CIIFEN), Nicolas Lucas y David Caicedo.





# Tabla de Contenido

I. INTRODUCCIÓN .....	13
1.1 DEFINICIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	14
II. MODELACIÓN CLIMÁTICA Y DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS.....	17
III. ENTORNO SOCIO – ECONÓMICO DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	19
3.1. Educación .....	20
3.2 Atención Sanitaria Básica.....	21
3.3 Servicios Básicos.....	22
3.4. Infraestructura física y equipamiento.....	22
3.5 Distribución poblacional.....	22
IV. LA CUENCA CARCHI-GUAITARA EN UNA PERSPECTIVA DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS.....	27
V. EL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO CARCHI-GUAITARA.....	29
5.1 TENDENCIAS ACTUALES .....	29
5.2 ESCENARIOS FUTUROS.....	29
5.3 POSIBLES IMPACTOS SOCIOECONÓMICOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO CARCHI-GUAITARA .....	32
VI. GESTIÓN DE SE COMO ESTRATEGIA DE ADAPTACIÓN CLIMÁTICA .....	35
6.1 ESTRATEGIA DE INVERSIÓN EN SERVICIOS ECOSISTÉMICOS.....	44
RECOMENDACIONES .....	47
VII. ANÁLISIS DE LAS POLÍTICAS Y LEGISLACIÓN VIGENTE EN LA CUENCA, SOBRE PAGO O RETRIBUCIÓN POR SERVICIOS AMBIENTALES .....	51
7.1 RÉGIMEN LEGAL SOBRE RETRIBUCIÓN POR SERVICIOS AMBIENTALES VIGENTES EN ECUADOR...52 PROYECTO DE CÓDIGO AMBIENTAL .....	57
7.2 RÉGIMEN LEGAL SOBRE PAGO POR SERVICIOS AMBIENTALES VIGENTES EN COLOMBIA .....	59
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA UNA POLÍTICA DE ADAPTACIÓN EN LA CUENCA CARCHI-GUAITARA.....	65
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	71
ANEXO METODOLÓGICO .....	75
Anexos técnicos.....	83



# Índice de figuras

**Figura 1.** Localización y delimitación, hidrografía y división político-administrativa de la cuenca alta del río Carchi-Guaitara.

**Figura 2.** Relieve del área de estudio.

**Figura 3.** Participación de actividades económicas en Carchi

**Figura 4.** Participación de actividades económicas en el Departamento de Nariño

**Figura 5.** Analfabetismo de la población de la cuenca Guaitará-Carchi.

**Figura 6.** Nivel de Educación de población de la cuenca Guaitará-Carchi

**Figura 7.** Cobertura de servicios públicos básicos en la cuenca del Guaitará-Carchi

**Figura 8.** Distribución de la población en los municipios (Colombia) y parroquias (Ecuador) de la cuenca Carchi-Guaitara

**Figura 9.** Población de la cuenca Guaitara - Carchi.

**Figura 10.** Población urbano-rural de la cuenca Guaitara-Carchi.

**10** **Figura 11.** Población de la cuenca Guaitara-Carchi por auto denominación.

**Figura 12.** Categorías de cobertura y uso del suelo, consideradas para la cuenca Carchi-Guaitara según información provista por el CIIFEN.

**Figura 13.** Resultado del modelo InVEST de provisión de agua como la fracción de la evapotranspiración actual y la precipitación (AET/PP).

**Figura 14.** Resultado del modelo InVEST de retención de nutrientes (nitrógeno en este caso) en cada unidad del paisaje.

**Figura 15.** Resultado del modelo InVEST de pérdida potencial de sedimentos en cada unidad del paisaje.

**Tabla 1.** Afiliación y mortalidad en Nariño y Tulcán

**Tabla 2.** Total de hogares y personas de los municipios de expulsión y recepción por desplazamiento víctimas del conflicto armado.

**Tabla 3.** Tendencia en diferentes parámetros de la precipitación (2020—2100, CIIFEN 2015)

**Tabla 4.** Tendencia de la temperatura absoluta mínima de cada mes (1971 - 2000)

**Tabla 5.** Cambios de la temperatura del aire y de la precipitación para la región de la cuenca Alta del río Carchí-Guaitara, según los escenarios regionales en alta resolución espacial elaborados por diversos autores y diferentes modelos climáticos para la región, (CIIFEN, 2015).

**Tabla 6.** Balance hídrico calculado observado en el período y para los escenarios 1 y 2, extractando los datos para Carchi del documento INAMHI (2000)\*. Los datos están expresados en Hm<sup>3</sup>

**Tabla 7:** Resumen de los modelos corridos para estimar servicios ecosistémicos

**Tabla 8.** Resultado del modelo InVEST de provisión de agua de las subcuencas analizadas

**Tabla 9.** Resultado del modelo InVEST de retención de nutrientes de la cuenca Carchi-Guaitara.

**Tabla 10.** Resultado del modelo InVEST de retención de sedimentos de las subcuencas analizadas.

**Tabla 11.** Almacenamiento de carbono en los compartimentos considerados en el modelo InVEST de stock de carbono (MgC/ha).

**Tabla 12.** Síntesis de recomendaciones.

**Tabla 13.** Actores involucrados en un fondo de agua.

**Tabla 14, 15 y 16.** Normas y políticas en relación a servicios ambientales y mecanismos de financiamiento en Ecuador

**Tabla 17.** Normas en relación a servicios ambientales y mecanismos de financiamiento en Colombia

**Tabla 18.** Atributos biofísicos para el modelo de provisión hídrica.

**Tabla 19.** Atributos biofísicos para el modelo de retención de nutrientes.

**Tabla 20.** Atributos biofísicos para el modelo de distribución de sedimentos

**Tabla 21.** Almacenamiento de carbono en los compartimentos considerados en el modelo de stock de carbono (MgC/ha).

**Tabla 22.** Valor promedio de cada Servicio Ecosistémico analizado para las coberturas presentes en la cuenca

**Tabla 23.** Valor relativo de cada Servicio Ecosistémico analizado para las coberturas presentes en la cuenca.



# Acrónimos

<b>CIIFEN</b>	Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno del Niño
<b>CONAFOR</b>	Comisión Nacional Forestal
<b>CONANP</b>	Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas
<b>CORPONARIÑO</b>	Corporación Autónoma Regional del Nariño
<b>DANE</b>	Departamento Administrativo Nacional de Colombia
<b>EMAAP-Q</b>	Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable
<b>FONAG</b>	Fideicomiso Fondo para la Protección del Agua
<b>FONAPA</b>	Fondo del agua para la conservación de la Cuenca del Río Paute
<b>IAvH</b>	Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
<b>IESS</b>	Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social
<b>INEC</b>	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
<b>PIB</b>	Producto interno bruto
<b>PDOT</b>	Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial
<b>PNUD</b>	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
<b>PSA</b>	Pago por Servicios Ambientales
<b>RUNAP</b>	Registro Único Nacional de Áreas Protegidas
<b>SE</b>	Servicios Ambientales o Ecosistémicos
<b>SINA</b>	Sistema Nacional Ambiental
<b>UPGDs</b>	Unidades primarias generadoras de Datos



La crisis del cambio climático global ha puesto de manifiesto la necesidad de mirar los impactos y los efectos de las variaciones a nivel local y regional, pues muchos de estos parecen inminentes, especialmente en regiones especialmente vulnerables a los impactos del cambio climático y la variabilidad del clima en el desarrollo social, económico y en la población en general.

Con el fin de contribuir al fortalecimiento y discusión de las políticas de adaptación y mitigación y para disminuir la variabilidad climática, se plantea el presente estudio “Servicios Ambientales en los ríos Carchi (Ecuador) y Guaitara (Colombia)” enfocado en la parte de alta de la cuenca Carchi-Guaitara, localizada en la alta montaña de los Andes del Norte.

En la parte de alta de las cuencas de los ríos Carchi (en Ecuador) y Guaitara (en Colombia) se desarrolla una intensa actividad de una población que se asienta en la franja que bordea el límite de los dos países. Gran parte de la población se dedica a la agricultura y ganadería y se sirve de los bienes y servicios que le provee el ambiente biogeográfico de la zona, en el que los páramos juegan un papel importante. El cambio climático sin duda modificará los patrones a los que

están ajustados actualmente los procesos biogeofísicos y socioeconómicos, lo que irá generando impactos en esta región fronteriza que posiblemente agudizarían los problemas socio-ambientales presentes en esa región.

En este contexto, existe la necesidad de realizar una aproximación al análisis de la expresión del cambio climático en esta región y dar una mirada preliminar a los impactos, con el objetivo de diagnosticar situaciones que merezcan solución o estudios más profundos que permitan identificar soluciones a problemas ambientales o socioeconómicos críticos que pudieran estar exacerbándose.

Los impactos socioeconómicos de la expresión regional del cambio climático pueden ser negativos para el desarrollo de las comunidades de la zona, especialmente sobre determinados recursos como el agua. Por ello es importante conocer las diversas manifestaciones del cambio climático y su impacto en la dotación de servicios ambientales, particularmente los servicios ambientales hídricos, y prever las condiciones más probables para los próximos años y décadas, y sobre esta base plantear alternativas de sistemas como pago o compensaciones por servicios ambientales.



## 1.1 Definición del área de estudio

La cuenca del río Carchi-Guaitara está localizada en la zona montañosa de los Andes del Norte en la frontera entre Ecuador y Colombia (ver Figura 1). Se considera cuenca alta del río Carchi-Guaitara el área correspondiente al Cantón de Tulcán en el sector de Ecuador y los municipios de Cumbal, Cuaspud, Ipiales, Potosi, Córdoba, Puerres y El Contadero en Colombia (ver Burgos-González y Gómez-Velandia, 2007; y Figura 1). El río Carchi-Guaitara nace en el volcán de Chiles en territorio de Ecuador, y sirve de línea de frontera entre los dos países en una extensión de aproximadamente 45 kilómetros, en su avance hacia el norte cruza la frontera con Colombia para desembocar en el río Patía que termina en el Pacífico. En su transcurso en territorio ecuatoriano se conoce como río Carchi, en Colombia se le denomina río Guaitara.

Según el estudio Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt -IAVH-Cabildo Indígena de Chiles –Corponariño–WWF (2009), el Río Carchi, nace en el Volcán Nevado de Chiles, a unos 4700 msnm de altura sobre el nivel del mar, con el nombre de quebrada Játiva, a la cual se unen las aguas de la Quebrada Alumbre. La Cuenca del Carchi, denominado como Río Guaitara, una vez que adentra en territorio colombiano, posee un área total de 94.52 Km<sup>2</sup> (toda la cuenca).

La cuenca Carchi - Guaitara se caracteriza por tener una topografía bastante accidentada que va desde los 4700 m. en el volcán de Chiles – sitio de nacimiento del río Carchi, hasta por debajo de los 600 m. a la salida de la

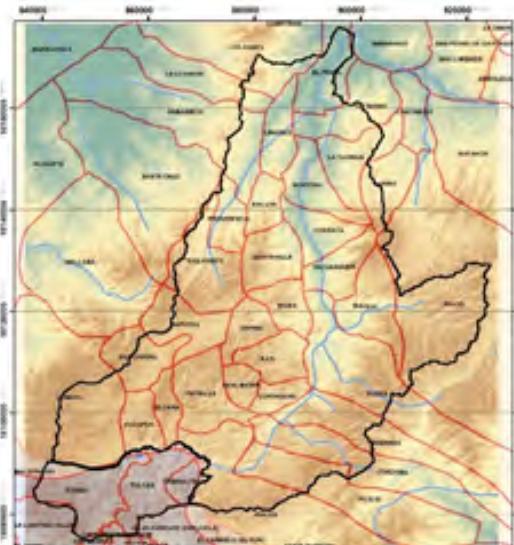
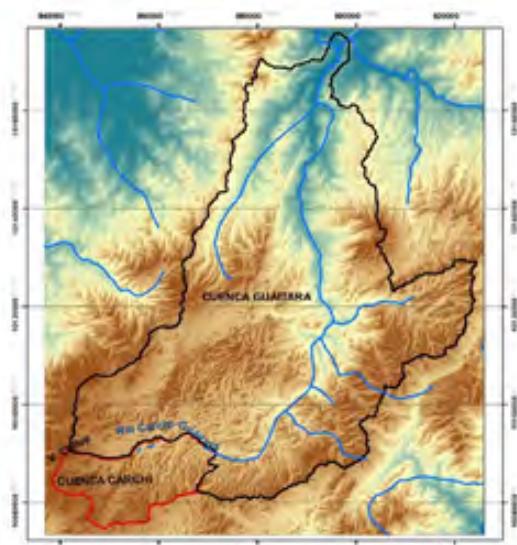
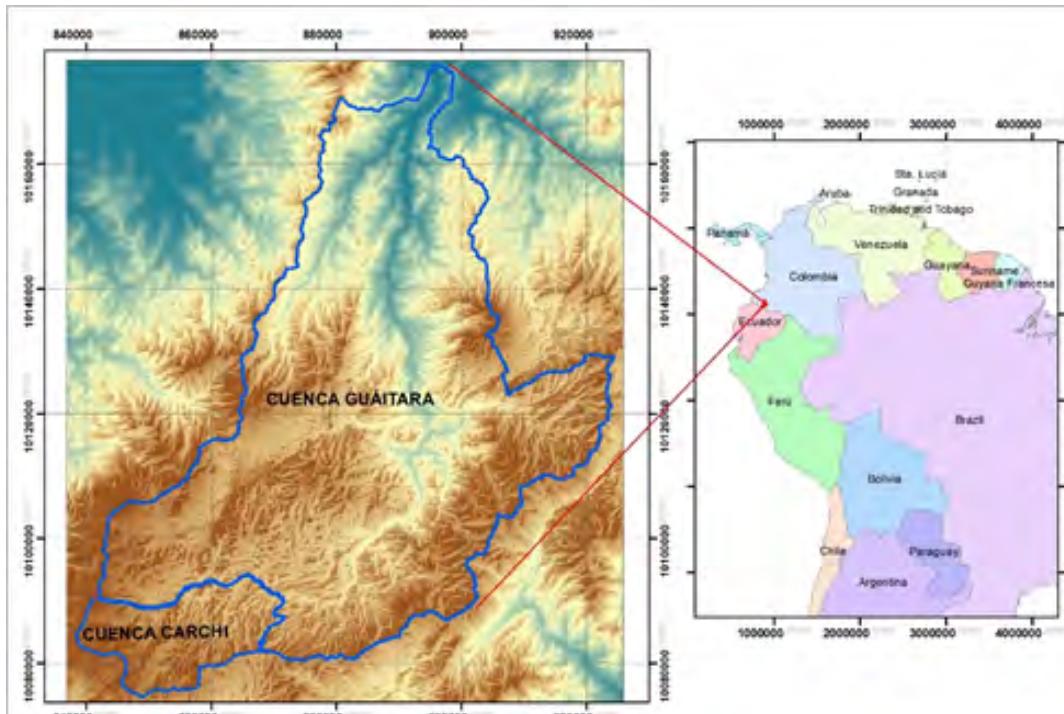
cuenca del Guaitara. En la provincia de Carchi en Ecuador y en territorio Colombiano, el río Carchi- Guaitara surca la región de páramos y, aguas abajo, algunas partes del río adquieren un aspecto encañonado con profundos precipicios.

Los volcanes de la cuenca se encuentran activos, no presentan glaciares en sus cumbres pero albergan zonas de páramos que regulan los recursos hídricos a través de drenajes que llevan las aguas al río Carchi, en su nacimiento en el Chiles.

La cuenca del río Guaitara ha sido catalogada por la Corporación Autónoma Regional del Nariño (Corponariño)- IAVH -Cabildo Indígena de Chiles – Corponariño–WWF, 2009) como corriente hídrica con alto grado de contaminación y en ella se presentan problemas como deforestación de páramos, erosión, y ausencia de tratamiento de los desechos sólidos y de las aguas servidas.

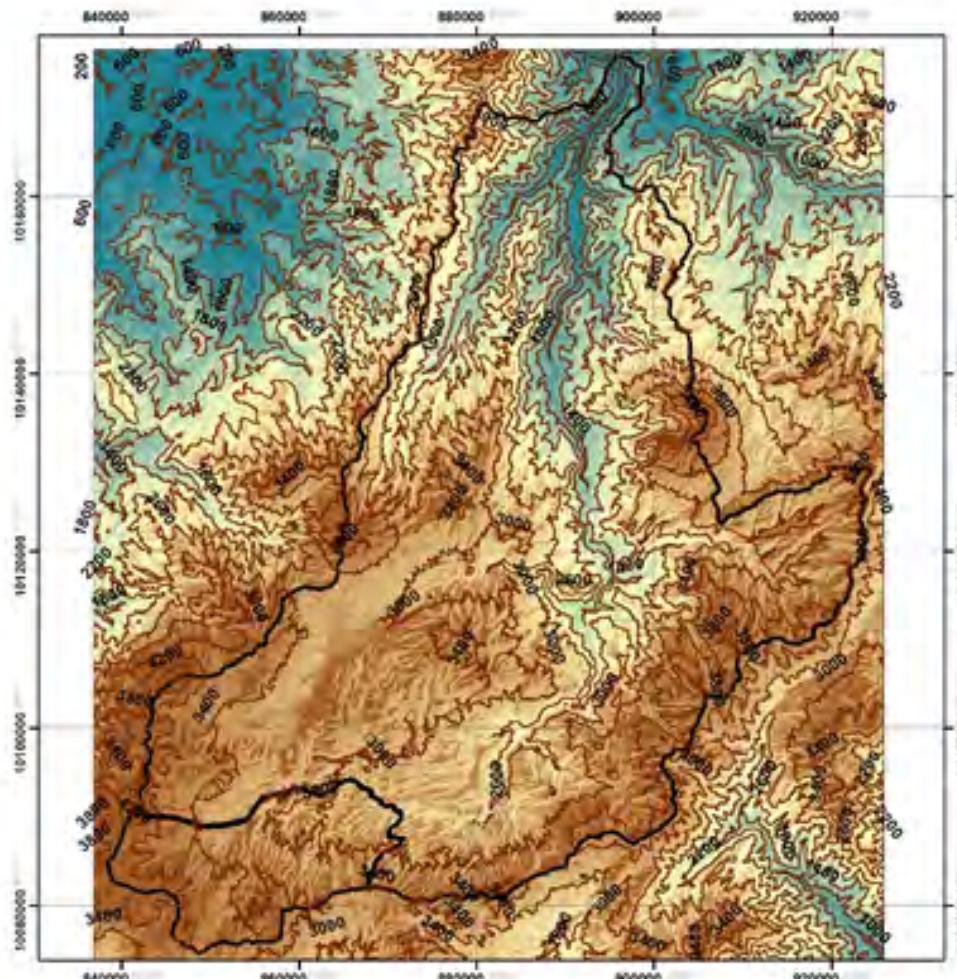
**Figura 1.** Localización y delimitación (arriba), hidrografía (abajo, izquierda) y división político-administrativa de la cuenca alta del río Carchi-Guaitara.





**Figura 2.** Relieve del área de estudio.

(Fuente del MDT<sup>1</sup>: SRTM<sup>2</sup> – NASA; Procesado por CIIFEN)



## II. Modelación Climática y de Servicios Ecosistémicos

El presente estudio se alimenta de la modelación climática realizada por el Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno del Niño (CIIFEN), el cual contempla: un diagnóstico que describe la distribución espacial y el ciclo anual de la temperatura del aire y de la precipitación, así como los patrones de comportamiento de fenómenos meteorológicos e hidroclimáticos extremos que se hayan identificado en el territorio de la cuenca; un conjunto de proyecciones del clima futuro para la región de estudio y que se elaboraron a partir de la construcción de escenarios regionales para diferentes períodos en el siglo XXI (2020-2039, 2040-2059, 2060-2079, 2080-2100) construidos usando los modelos globales seleccionados del set de modelos del CMIP5 utilizados para el AR5 del IPCC. Con este análisis se generaron los escenarios más probables para la cuenca, para finalmente establecer posibles impactos sectoriales y territoriales en los patrones hidrológicos producto del cambio climático con el propósito de que sean objeto de mayor atención en proyectos futuros de adaptación.

Adicionalmente, la metodología propuesta para el estudio, dispone para la identificación de los Servicios Ambientales o Ecosistémicos (SE), un modelo cuyo uso depende en gran medida del alcance geográfico del estudio y los datos disponibles. En este sentido, se consideró que, el modelo más adecuado para estimar la provisión de algunos SE y su análisis era el InVEST (Integrated Valuation of Ecosystem Services

and Tradeoffs; Tallis and Ricketts, 2009). Este modelo corre directamente desde el menú de inicio de los distintos sistemas operativos existentes y permite cuantificar y mapear distintos SE. Una ventaja de este modelo es que permite, si se dispusiera de información suficiente, estimar la cantidad y valor de los SE actuales y en escenarios futuros; es espacialmente explícito, es decir que usa mapas como fuente de información y proporciona, entre sus resultados, mapas. También genera resultados en términos biofísicos (pérdida potencial de suelo por cuenca o tipo de cobertura/uso del suelo) y/o en términos económicos (costos asociados a drenaje de sedimentos en represas hidroeléctricas) y se ajustan a distintas escalas de análisis espacial.

Es así que a partir de InVEST se cuantificaron y modelaron cuatro (4) servicios ambientales: *retención de nutrientes, relación de distribución de sedimentos, stock de carbono y provisión de agua*. Esta aproximación permite comparar patrones espaciales de provisión de SE e identificar de forma sistémica áreas con mayor o menor pérdidas o ganancias de los distintos SE asociados a sistemas naturales y productivos.

Posteriormente se realiza un análisis y se elaboran recomendaciones de política en materia de pagos o compensaciones por servicios ambientales para la región, atendiendo al marco legal vigente en los países materia del estudio principalmente.





### III. Entorno socio – económico del área de estudio

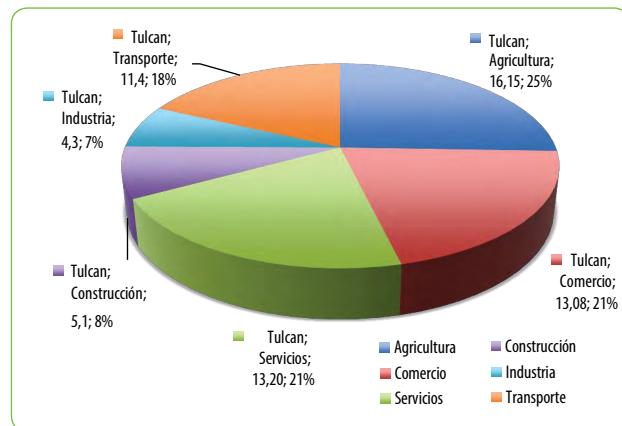
El área de estudio constituye una de las regiones económicamente más deprimidas de Ecuador y Colombia. La población de los municipios de la cuenca presenta altos índices de pobreza. Es necesario señalar que en seis de los siete municipios que forman la cuenca hay una alta presencia de grupos armados ilegales. El Índice de Desarrollo Humano municipal estimado en Colombia para 2011 arroja un valor de 0,773 para Nariño (contra un índice nacional de 0,840), clasificando este municipio en la ubicación 25 sobre 29 (dejando abajo, en orden decreciente, al Grupo Amazonía, Putumayo, Chocó y La Guajira) ([www.dane.gov.co](http://www.dane.gov.co), Departamento Administrativo Nacional de Colombia –DANE-, Nariño 2015)

El producto interno bruto (PIB) de la provincia del Carchi en 2010 fue de USD 408 millones, y el del Departamento de Nariño en 2005 rondaba los USD 804 millones (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial –PDOT- del Departamento de Nariño, 2012-2015).

Si bien como se muestra en las Figuras 3 y 4, la producción se encuentra muy distribuida, la economía se basa en la producción agropecuaria. Esta se da principalmente en minifundios, aunque hay unidades de explotación de mediana escala, carecen de tecnología y de servicios. La población también se dedica a la explotación de animales domésticos en economía de muy pequeña escala, con fuerte presencia de prácticas productivas tradicionales por parte de comunidades indígenas. La ocupación de los habitantes de la cuenca se distribuye en más de 30% por cuenta propia, seguida de jornaleros y peones en casi 30%, el empleo público en un 15% aproximadamente y un 20% en relación de dependencia (privados). (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos –INEC- 2010, DANE 2005). La actividad que más ocupa a la población de la región es la relacionada con la producción papa-pasto-leche. En Carchi las principales aportaciones al PIB regional fueron la siembra de papa con el 26% y la producción lechera con el 8%. En Nariño las principales aportaciones son hortalizas, papas y maíz.

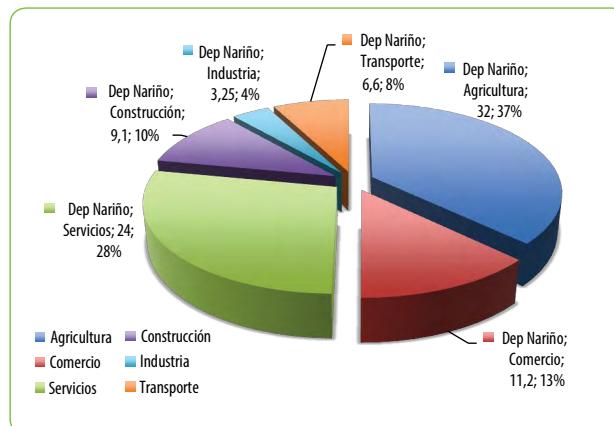


**Figura 3. Participación de actividades económicas en Carchi**



Fuente: Elaboración propia considerando los datos INEC 2010

**Figura 4. Participación de actividades económicas en el Departamento de Nariño**

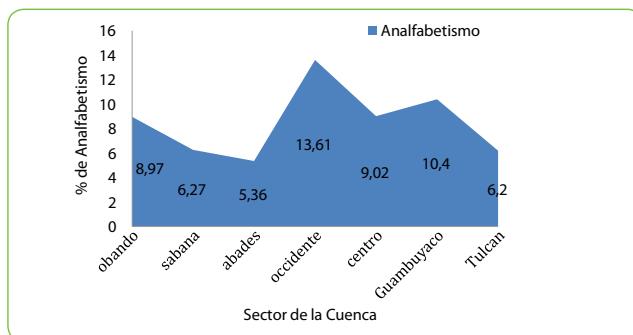


Fuente: Elaboración propia tomando en cuenta los datos DANE, Gobernación de Nariño, 2011

### 3.1. Educación

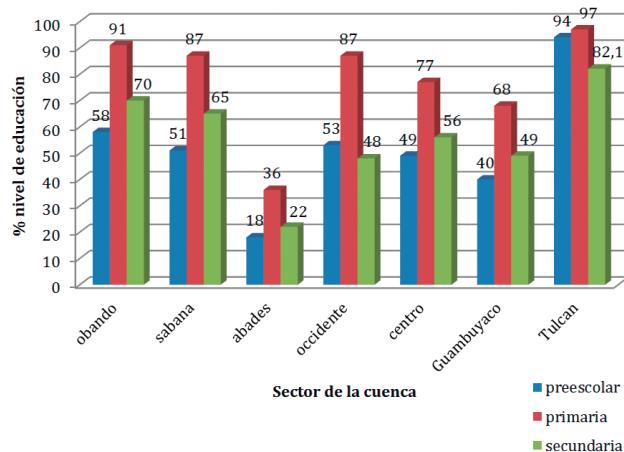
En la Cuenca Guitara – Carchi el porcentaje de analfabetismo promedio es del 8,54%, y en cuanto al acceso a educación, los niveles de escolaridad son aun precarios, con bajo acceso a educación secundaria y superior, como se puede observar en el gráfico a continuación (los datos presentados a continuación son producto de una proyección del censo del 2005 elaborado por la DANE y corroborados por datos tomados en campo durante la ejecución del PDOT del Departamento de Nariño, y en la parte ecuatoriana son datos del censo 2010 en el Cantón Tulcán, [www.sice.gob.ec](http://www.sice.gob.ec) 2015):

**Figura 5 Analfabetismo de la población de la cuenca Guaitará-Carchi.**



Fuente: Elaboración propia considerando los datos SIISE 2010, DANE, Gobernación de Nariño, 2011

**Figura 6: Nivel de Educación de población de la cuenca Guaitará-Carchi.**



**Fuente:** Elaboración propia tomando en cuenta los datos SIISE 2010, DANE, Gobernación de Nariño, 2011

### 3.2 Atención Sanitaria Básica

En cuanto a salud, la cuenca presenta características poco uniformes en cuanto a la prestación de este servicio. El departamento de Nariño presenta una incorporación al servicio correspondiente al 94.06% de la población, la que se encuentra afiliada al régimen subsidiario (PDOT DEP Nariño, 2011). Mientras que en Ecuador en la provincia del Carchi y el cantón Tulcán existe una cobertura de aseguramiento de alrededor del 30% (INEC,2010).

En cuanto a mortalidad infantil, los índices demuestran que ésta es menor en Ecuador, representando en Tulcán el 9.27%, mientras que en la parte colombiana de la cuenca la mortalidad alcanza alrededor del 35% como se muestra a continuación:

**Tabla 1. Afiliación y mortalidad en Nariño y Tulcán.**

Subregión	Afiliados seguridad social	Mortalidad infantil
Obando	95,55	43,53
Sabana	94,64	34,89
Abades	91,74	37,9
Occidente	93,98	35,92
Centro	93,44	35,17
Guambuyaco	95,01	33,02
Tulcán	31,2	9,27

**Fuente:** Elaboración propia considerando los datos SIISE 2010, DANE, Gobernación de Nariño, 2011

En el cantón Tulcán existen 13 establecimientos de salud, 6 corresponden a Centros de Salud del Ministerio de Salud Pública y el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS) ubicados en diferentes sectores del cantón, un puesto de salud perteneciente al IESS y uno corresponde al seguro de las Fuerzas Armadas.

En los municipios del Departamento de Nariño “El departamento cuenta con Unidades primarias generadoras de Datos (UPGDs) en los 64 municipios que notifican alrededor de 80 eventos y que con el apoyo de SIVIGILA y el laboratorio de salud pública considerado entre los 5 mejores del país se garantiza la salud colectiva de los nariñenses”. (PDOT Departamento de Nariño, 2011).

Respecto a las condiciones de salud, se puede señalar que en la zona del Ecuador las principales enfermedades son gastrointestinales y respiratorias, y en el departamento de Nariño y en el sector de la cuenca en la parte alta sectores de Obando y Centro las enfermedades son similares a las atendidas en el Ecuador mientras que en la parte baja de la cuenca del Guaitara se combate contra enfermedades más tropicales como la malaria, especialmente en las minorías indígenas como los pueblos AWA. (Datos obtenidos en visita de campo, y Plan de Desarrollo del Departamento de Nariño, 2011)

### 3.3 Servicios Básicos

En cuanto a servicios públicos básicos existe un marcado déficit de provisión de ciertos servicios a lo largo de la cuenca, tanto en la zona ecuatoriana como colombiana. Esto es sensible en materia sanitaria y tratamiento de aguas.

22



**Figura 7. Cobertura de servicios públicos básicos en la cuenca del Guaitará-Carchi**



**Fuente:** Elaboración propia sobre la base de los datos SIISE 2010, DANE, Gobernación de Nariño, 2011

### 3.4. Infraestructura física y equipamiento

El complejo vial de la cuenca del Guaitara-Carchi se encuentra en las bases de la vía Panamericana. Esta conecta la provincia del Carchi (al sur de la frontera), con la ciudad de Pasto al norte, desde donde se ramifican las vías hacia otros municipios dentro de la cuenca, especialmente los que se encuentran en la parte baja del río Guaitara. Existen otras vías de tercer orden de diferentes capas de rodadura y los moradores utilizan diversos tipos de transporte como vehículos particulares, motos, bicicletas, incluso caballos.

Existen acueductos rurales para riego promovidos por el Gobierno Provincial del Carchi y la Gobernación de Nariño, principalmente en la zona sur de la ciudad de Tulcán en la parte más alta a San Gabriel donde existen mayor cantidad de cultivos de hortalizas y tubérculos. En la zona Colombiana los canales de riego se dirigen principalmente en las zonas de Abades y la Sabana.

### 3.5 Distribución poblacional

La cuenca alberga una población de aproximadamente 300.000 habitantes, de los cuales hay un alto porcentaje de población indígena, que en el sector colombiano representan el 22% del total y se distribuye en once resguardos ubicados principalmente en Cumbal (49%) e Ipiales (32%). La comunidad ubicada en el municipio de Cumbal tiene una población de cerca de 13.500 habitantes que pertenecen a la etnia de los pastos y están organizados en el resguardo del Gran Cumbal (Proyecciones de la DANE en cuanto a Población del Municipio de Cumbal y datos de la Gobernación de Nariño, PDOT 2012-2015).

Cabe destacar que la población del lado Ecuatoriano en su mayoría es urbana mientras que del lado Colombiano en mayor porcentaje es rural. El tipo de vivienda en general en la cuenca es casas o villas superando el 80%, pero existe un nivel de hacinamiento en Carchi-Ecuador

superior al 16% (SIISE, 2010). Del lado colombiano se considera a los municipios receptores y de expulsión tomando en cuenta principalmente la situación de conflicto armado que vive la región por más de 50 años como se muestra a continuación:

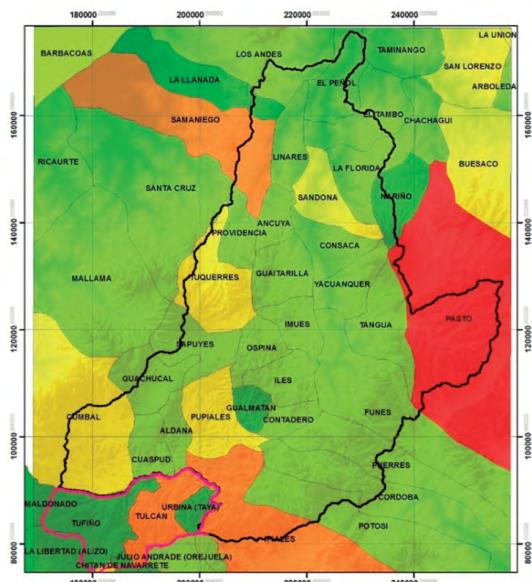
**Tabla 2.** Total de hogares y personas de los municipios de expulsión y recepción por desplazamiento víctimas del conflicto armado.

Municipio de expulsión		
Municipio	Personas	Hogares
Total general	199.381	49.885
Tumaco	57.805	14.729
El Charco	26.601	5.574
Barbacoas	16.978	4.157
Policarpa	11.201	3.135
Leiva	9.340	2.598
Roberto Payán	6.808	1.662
Olaya Herrera	6.764	1.604
Santa Bárbara	6.271	1.374
Samaniego	6.197	1.556
Cumbitara	6.188	1.676

Municipio de recepción		
Municipio	Personas	Hogares
Total general	178.238	44.362
Tumaco	44.969	10.706
Pasto	38.442	10.246
El Charco	17.564	3.480
Barbacoas	8.464	1.973
Taminango	7.448	2.117
Samaniego	6.848	1.747
Córdoba	4.315	946
Ipiales	4.302	1.061
Los Andes	4.263	1.148
Policarpa	3.903	999

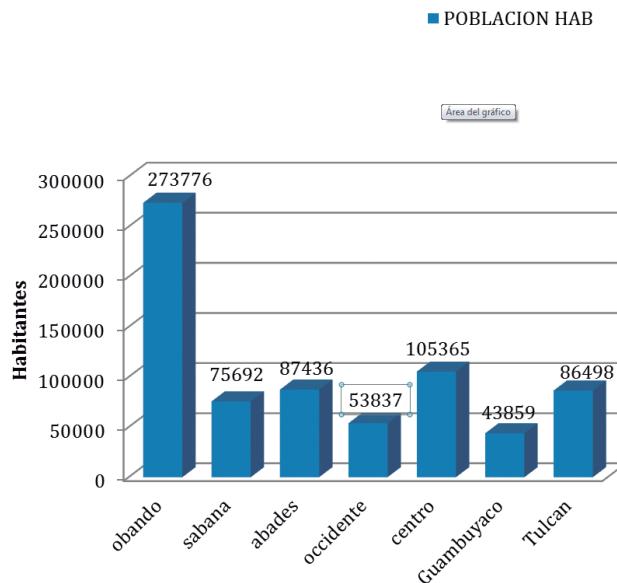
**Fuente:** Elaboración propia considerando los datos DANE y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) Colombia, 2011.

**Figura 8.** Distribución de la población en los municipios (Colombia) y parroquias (Ecuador) de la cuenca Carchi-Guaitara



**Fuente:** Elaboración propia tomando en cuenta los datos SIISE 2010, DANE, Gobernación de Nariño, 2011

**Figura 9:** Población de la cuenca Guaitara - Carchi.



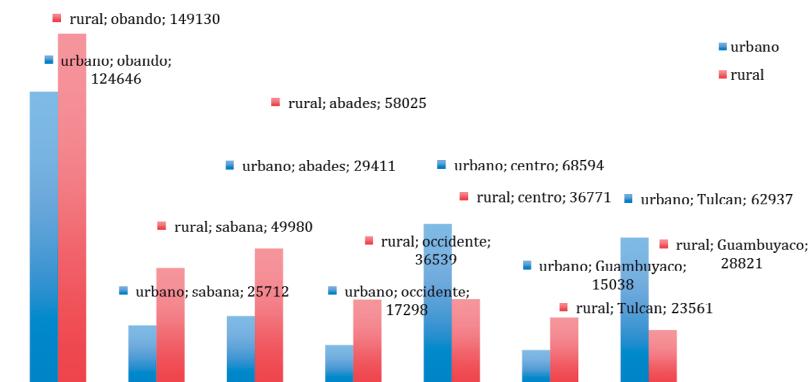
**Fuente:** Elaboración propia sobre la base de los datos SIISE 2010, DANE, Gobernación de Nariño, 2011

En relación a las ciudades más pobladas dentro del territorio de la cuenca, Tuquerres, Tulcán e Ipiales se encuentran en la parte alta alrededor de los 3000 m.s.n.m. (Samaniego, otra ciudad muy poblada de cuenca, se encuentra en la parte, abajo sobre los 1500 msnm). Si bien es cierto parte del municipio de Pasto se localiza en el territorio de la cuenca Carchi-Guaitara, la ciudad de Pasto (la más poblada del territorio) se localiza fuera de los límites de lo que corresponde a la parte media de la cuenca.

Se trata de una población joven, cuyo mayor número de personas se concentran en el rango de 0 a 20 años de edad correspondiendo a 36 por ciento. La tasa de crecimiento poblacional del cantón Tulcán es 0.81%, lo cual es inferior a la tasa nacional Ecuatoriana que corresponde al 1.9%. Y por otro lado, la tasa de crecimiento poblacional en el

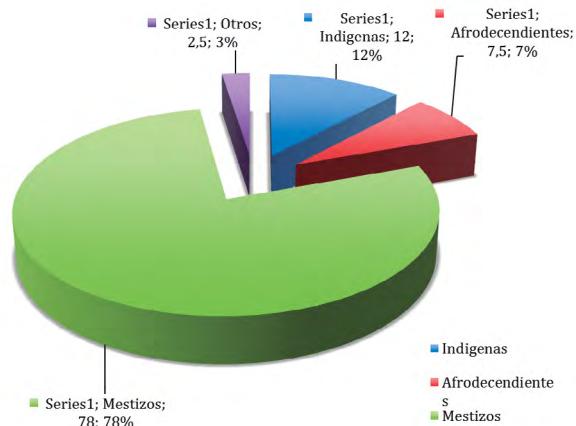
departamento de Nariño es 1.23%, lo cual es superior a la tasa nacional Colombiana que se ubica en un 1.18%. (SIISE, 2010; DANE 2011). Se puede apreciar también la composición mayoritariamente rural a lo largo de la cuenca. Ver Figura 10.

**Figura 10:** Población urbano-rural de la cuenca Guitara-Carchi.



**Fuente:** Elaboración propia en base a datos SIISE 2010, DANE, Gobernación de Nariño, 2011

**Figura 11:** Población de la cuenca Guitara-Carchi por auto denominación.



En cuanto a auto identificación étnica, el 78% de los habitantes se consideran mestizos, sin embargo existen otros grupos étnicos con menores porcentajes, como se puede observar en el siguiente gráfico.

**Fuente:** Elaboración propia en base a datos SIISE 2010, DANE, Gobernación de Nariño, 2011



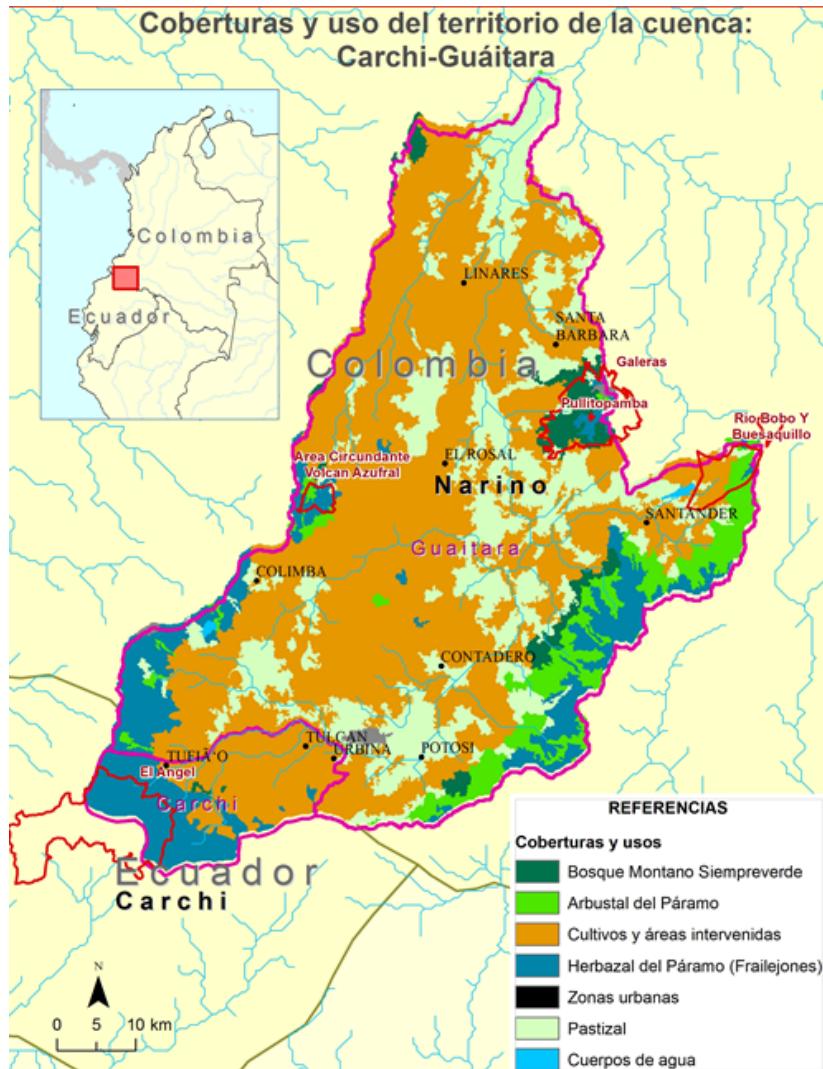
## IV. La cuenca Carchi-Guaitara en una perspectiva de servicios ecosistémicos

La cuenca alta del río Carchi-Guaitara, por estar por encima de los 2500 m s. n. m. cuenta con clima frío con temperaturas medias por debajo de 13°C y un ciclo bimodal de la precipitación que acumula entre 800 y 1000 milímetros al año. Este clima es uno de los factores que ha incidido en la particularidad biofísica y socioeconómica de la región organizando los elementos del paisaje regional como el páramo, bosque alto andino, agrosistemas y población y estableciendo relaciones interdependientes entre los mismos.

Para el área de la cuenca se tienen reportes de ocurrencia de fenómenos meteorológicos extremos, tales como: vendavales, granizadas, heladas, tormentas y relacionados a estos como inundaciones súbitas, deslizamientos e incendios forestales, así como también fenómenos hidroclimáticos extremos de sequía y períodos anormalmente lluviosos. Estos últimos (sequías y períodos anormalmente húmedos) han presentado una frecuencia de por lo menos uno por década, lo que está relacionado con los ciclos de la variabilidad climática que se desarrollan en la región (CIIFEN, 2015).

La vegetación característica de la cuenca son los bosques siempre verdes y los páramos. Los ecosistemas del páramo son característicos de algunas regiones de alta montaña (como la que predomina en la cuenca Carchi-Guaitara) que fueron áreas históricas de colonización y uso. Las coberturas y usos del territorio presentes en la cuenca Carchi-Guaitara se ilustran en la Figura 12. La superficie de los herbazales del páramo (frailejones) representan el 11.5% de la superficie total de la cuenca. Cabe destacar que el arbustal del páramo localizado alrededor de los 3800 m. ocupa el 6% de la cuenca, y que ciertas manchas aisladas de bosque montano siempreverde de la Cordillera Occidental de los Andes localizado básicamente entre los 3200 y 3400 m. de altura ocupa un 2.9% de su territorio. Por debajo de los 3400 m. se encuentra la zona de cultivos y áreas intervenida que ocupa el 57 % de la cuenca y las áreas de pastizales o pastos que cubren el 22.3% de la superficie. Los páramos representados en las coberturas de bosques montano siempreverde, arbustales y herbazales, cubren un 20% de la superficie total (~400.000 ha) (CIIFEN, 2015). Las áreas protegidas en la cuenca no superan las 300 ha (UICN, 2015).





**Figura 12.** Categorías de cobertura y uso del suelo, consideradas para la cuenca Carchi-Guaitara según información provista por el CIIFEN. Se indican en rojo las áreas protegidas.

La cuenca del río Guaitara ha sido catalogada por Corponariño como corriente hídrica con alto grado de contaminación y en ella se presentan problemas como deforestación de páramos, erosión, y ausencia de tratamiento de los desechos sólidos y de las aguas servidas.

**Fuente:** (UICN, 2015).

# V. El Cambio Climático en la cuenca alta del río Carchi-Guaitara

## 5.1 Tendencias actuales

El análisis de tendencias de largo plazo de la temperatura del aire muestra que en la región (IpiALES y Aldana) se ha venido registrando una ligera disminución del número de días con temperaturas superiores a los 20° C, así como un leve aumento del número de días con heladas. Esto

último se confirma con estimaciones de la tendencia de la temperatura absoluta mínima de cada mes para otras estaciones, según se ve en la Tabla 4. En cuanto a la precipitación (ver Tabla 3), el número consecutivo de días secos esta disminuyendo, la precipitación anual está ligeramente aumentando y la intensidad de los eventos extremos de lluvia está teniendo un leve aumento.

**Tabla 3.** Tendencia en diferentes parámetros de la precipitación (2020—2100, CIIFEN 2015)

Estación	Tendencia del Número de días Secos consecutivos	Tendencia de La precipitación anual (Milímetros)	Tendencia de la precipitación mayor del percentil 99 (milímetros)
Otavaló	-0.21	2.11	0.55
San Gabriel	-0.15	0.48	0.40
Aeropuerto San Luis	0.12	-0.55	0.54

## 5.2 Escenarios futuros

Para establecer las posibles condiciones climáticas del futuro en la cuenca del río Carchi-Guaitara se obtuvo información de diversos escenarios elaborados con modelos climáticos por diferentes autores (MRI Cabos

CIIFEN-B ID- proyecto Andes, 2014; MRI Cabos CIIFEN-B ID- proyecto Andes), 2013; REMO, Cabos CIIFEN-B ID- Proyecto Andes, 2014; PRECIS, Pabón 2012; ETA Model (Marengo et al 2012); Ensamble de modelos CMIP5; Iracema Calvacanti CORDEX- CLARISA; IDEAM, PNUD, MADE, DNP, MRREE, 2015).





Con base en esta compilación se ha podido establecer la siguiente síntesis:

Es altamente probable que hacia mediados del siglo XXI (2040-2060) la temperatura media del aire esté en 1.5-2°C por encima del promedio multianual del período 1971-2000 y que a finales del siglo el aumento esté alrededor de los 3°C en relación con el mismo período de referencia.

En cuanto a la precipitación anual, aunque con certidumbre relativamente baja dado el amplio espectro de los resultados de los modelos, hacia mediados del siglo XXI se podría registrar una disminución en comparación con los acumulados anuales observados en el período 1971-2000 y dentro del año podrían presentarse trimestres con ligero aumento. Así, el análisis para los acumulados estacionales (trimestrales) sugieren que en el trimestre de junio-julio-agosto podría haber incremento, mientras que para los demás trimestres se presentaría una disminución. (CIIFEN, 2015)

**Tabla 4.** Tendencia de la temperatura absoluta mínima de cada mes (1971 - 2000)

ESTACIÓN	TENDENCIA (°C)
Otavaló	-0,06
San Gabriel	-0,01
Aeropuerto San Luis	-0,02

**Tabla 5.** Cambios de la temperatura del aire y de la precipitación para la región de la cuenca Alta del río Carchí-Guaitara, según los escenarios regionales en alta resolución espacial elaborados por diversos autores y diferentes modelos climáticos para la región (CIIFEN, 2015).

Modelo regional (autores, año)	Resolución espacial (Kilómetros)	Condiciones de contorno	Tipo de Escenario	Cambios de temperatura °C	Cambios de la precipitación En%
MRI Cabos (CIIFEN - BID Proyecto Andes 2014)	20	MRI – A GCM /	AIB	Año 2040 1, 0 – 1,2	Año 2040 DEF Disminución (-) MAM Disminución (-) JJ A Aumento (+) SON Sin definición (0)
MRI Cabos (CIIFEN - BID Proyecto Andes 2013)	60	MRI A GCM	AIB	Año 2040	Año 2040 DEF Disminución (-) MAM Disminución (-) JJ A Aumento (+) SON Sin definición (0)
REMO Cabos (CIIFEN - BID Proyecto Andes 2014)	50	MPI	RCP2.6 RCP4.5 RCP8.5	Año 2040 1,5 2,0 2,5	Año 2040 DEF (+); MAM (-); JJA (0); SQN (-)
PRECIS, Pabón 2012	20	Had CM3	A2	Periodo 2070 – 2100 2,0 – 3,0	CCambios en la precipitación anual A1 periodo 2070 – 2100 Entre -10% y 30%
PRECIS, Pabón 2012	20	Had CM3	B2	Periodo 2070 – 2100 2,0	Cambios en la precipitación anual A1 periodo 2070 – 2100 Entre -10% y 30%
ETA Mode1 (Marengo ETA1, 2012)	40	Had CM3	A1B No perturbado	DJF  JJA 2011 – 2040 1,0 – 15  2040 – 2070   2070 – 2100	DJF  JJA 2011 – 2040 Poco cambio  y poco 2040 – 2070 no cubre   - 10 y -20% 2070 – 2100 hasta -20%  -20%
Ensamble de modelos CMIP5, Iracema, Calvacanti (CORDEX- CLARISA)	50	Ensamble de Had GM2, CSIRO, MIROC, ES, MRI, IPSL	RCP		Para 2070 – 2100 DEF - Poco significativo MAM – aumento de hasta 10% JJA – aumento de hasta 20% SON – reducción hasta del 20 %
IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA, 2015	Departamental	Ensamble de los D1 CMIP5	Multiescenario	2100 1,0 – 1,5°C Sobre referencia 1976 - 2005	2100 aumento cercano al 120% Sobre referencia 1976 - 2005

Sintetizando la Tabla 5 y para fines de estudios de impacto se podría asumir dos escenarios extremos de cambio climático hacia el futuro (2070-2100): 1) calentamiento de 2°C y disminución del 20% de la precipitación anual; 2) calentamiento de 2°C y aumento de 20% de la precipitación anual. Asumiendo estos dos extremos se estaría manejando un umbral de certidumbre razonable.

¿Cómo se comportarían bajo estos escenarios de clima futuro los fenómenos hidrometeorológicos (eventos de lluvias intensas, heladas) e hidroclimáticos (sequías o períodos anormalmente lluviosos) extremos que aquejan a la región? Se podría suponer lo siguiente, (CIIFEN, 2015):

En el escenario 1 por el calentamiento habría una disminución de las heladas, pero la disminución de la precipitación implicaría reducción de la humedad del aire, condición relativamente seca que propiciaría más heladas; así que se podría considerar que la frecuencia de las heladas sería la misma que la actual. En el caso de las sequías podrían ser una tanto más frecuentes o, tal vez, un levemente más prolongadas, que las que se registran actualmente; los períodos anormalmente lluviosos serían menos frecuentes.

En el escenario 2 el calentamiento y la mayor humedad que habría implicaría una reducción ligera del número de heladas. Podría haber un poco más de días con lluvia que lo actual, con lo que eventos asociados como a condiciones húmedas podrían aumentar ligeramente en frecuencia. Las sequías serían un tanto menos frecuentes o menos extensas.

32



*En síntesis, los patrones de los fenómenos hidrometeorológicos e hidroclimáticos extremos no tendrían una magnitud de cambio muy distinta a la que registran en la tendencia actual considerando la variabilidad climática de la zona, lo que significaría que, en cuanto a gestión de riesgos de desastres por estos fenómenos, podría manejarse los patrones y en el rango de la variabilidad actuales.*

### 5.3 Posibles impactos socioeconómicos del cambio climático en la cuenca alta del río Carchi-Guaitara

Los impactos del clima futuro sobre los sistemas naturales y humanos irían a través de la alteración de la disponibilidad de agua debido a los cambios en el balance hidrológico (por los cambios en la precipitación y la evapotranspiración) y por el efecto de la reducción del área de los orobiomas de páramo y alto andino (debido al ascenso de los pisos térmicos), además de los efectos directos en plantas y cultivos.

En cuanto a los recursos hídricos se refiere, parece ser que el escenario 2 no generaría mayores problemas en cuanto a la disponibilidad, según los ejercicios que realizó el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) (2000) sobre el balance hídrico considerando las condiciones de este escenario (la oferta natural bajo el clima observado entre 1960 y 2000 y la demanda del año 2000). Bajo el escenario 1, se experimentaría déficit solamente durante el mes de agosto y situaciones cercanas al déficit en los meses de junio y julio (ver Tabla 6). Lo anterior señala que por cambio climático no habría alteraciones considerables en el balance hídrico regional que tengan un impacto importante en el abastecimiento de agua para suplir la demanda de la población de la región. Las alteraciones marcadas de dicho balance podrían ocurrir más por causa de un crecimiento descontrolado de la demanda o por los cambios que, en el sistema natural regulador (páramo), generará tanto el cambio en la temperatura media y la precipitación, como la presión antrópica.

**Tabla 6.** Balance hídrico calculado observado en el período y para los escenarios 1 y 2, extractando los datos para Carchi del documento INAMHI (2000)\*. Los datos están expresados en Hm<sup>3</sup>

ESCENARIO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Referencia año 2000	169	155	278	336	230	88	45	28	81	261	307	271
Escenario 1	119	101	206	251	167	51	13	-1	43	188	243	208
Escenario 2	186	174	323	384	265	103	53	34	97	309	380	326

\*INAMHI (2000) calculó el balance hídrico con el clima de referencia 1970-2000 y la demanda con la situación del año 2000. En los escenarios la demanda considerada es la situación del año 2010.

Una forma de impacto sobre la población y el sistema socioeconómico regional asociado al agua sería a través de los fenómenos hidrometeorológicos e hidroclimáticos extremos causantes de desastres. Como se mencionó previamente, la variabilidad climática interanual en el escenario 1 podría incrementar la frecuencia de condiciones secas lo que impactaría, de diversa forma y grado, la vida y la producción de la población asentada en la cuenca. En el escenario 2, los impactos serían por exceso de lluvias que podrían incrementar los eventos desastres asociados a las crecientes y desbordamientos súbitos, las inundaciones súbitas, los deslizamientos o derrumbes (fenómenos asociados a los extremos hidrometeorológicos), como también prolongados períodos anormalmente húmedos que impactaría a la agricultura. Sin embargo, como se anotó anteriormente, el cambio en los patrones de los fenómenos hidrometeorológicos e hidroclimáticos extremos no serían considerables por lo que los impactos en relación con los desastres que generan serían similares a los que causan en la actualidad.

El aumento de la temperatura de 2°C implicaría un ascenso de 300-400 metros de los pisos térmicos y, por ende, de las franjas bioclimáticas, lo cual conllevaría a una reducción del área correspondiente al orobioma de páramo y, posiblemente al aumento del área de bosque del alto andino (denominado localmente monte, del cual aún quedan algunas áreas o parches) por su avance vertical. Este cambio en el área cubierta por diferentes tipos de vegetación modifica el funcionamiento de la región como reguladora de la disponibilidad natural del recurso hídrico toda vez que cambian las proporciones del área cubierta por páramo y por alto andino. Hay que considerar además que en la región, estos dos tipos de ambiente biofísico están siendo presionados por las actividades humanas.

Los cambios en proporción del área correspondiente a diferentes coberturas vegetales tendrán efecto en los ecosistemas y en los servicios ecosistémicos que éstos proveen, los cuales habría que valorar con un análisis más detallado. La reducción del páramo, por ejemplo, implica una reducción de los servicios que este provee a la región.

El sector agropecuario (producción de papa, hortalizas, pastos y producción lechera) en el clima futuro, según los escenarios 1 y 2 planteados, no presentaría una modificación en los patrones de impacto muy diferente a la que se han venido registrando con la frecuencia actual de los fenómenos hidrometeorológicos e hidroclimáticos extremos. Habría que considerar también que el paulatino avance vertical de los pisos térmicos puede ampliar la zona con clima óptimo para determinados cultivos, con lo que se facilitaría la explotación de una mayor área para fines agrícolas, pero que tendría un impacto negativo en los ecosistemas y sus servicios.



## VI. Gestión de SE como estrategia de adaptación Climática

Dado el contexto biofísico y socioeconómico descrito en las secciones anteriores, y los escenarios climáticos para la región del Carchi-Guaitara, se infiere que es necesario desarrollar una estrategia de desarrollo sostenible para la cuenca binacional, apoyando directamente la gestión de capital natural y la preservación de los servicios ecosistémicos para lo cual es prioritario focalizar esfuerzos.

En este informe se hace una primera aproximación a responder la pregunta sobre dónde se debería focalizar los esfuerzos, para lo cual se ha considerado los servicios ecosistémicos más relevantes para la población de la propia cuenca, con una consideración en segundo término de las dependencias sobre estos servicios de comunidades más alejadas.

Es incierto prever el comportamiento de los fenómenos hidrometeorológicos y climáticos extremos y los relacionados, sin embargo los cambios en cuanto a frecuencia, al parecer, no serán considerables y se estarían comportando en patrones cercanos a los que se observa en la actualidad. En los escenarios de cambio climático señalados previamente, los recursos hídricos

regionales se verían impactados negativamente más por el avance vertical de los pisos bioclimáticos lo que causaría una reducción de la cobertura vegetal reguladora de los páramos y por la presión antrópica, más que por la variación en las precipitaciones per se. En efecto, el cambio del clima regional impactará los ecosistemas modificando la proporción cubierta por páramo, que reduciría su extensión, en comparación con la que estaría cubriendo el bosque alto andino. Esto implica una reducción del potencial de servicios que los ecosistemas del páramo proveen.

El sector agropecuario no tendría impactos muy diferentes a los que ha registrado en el clima actual, particularmente por el patrón de comportamiento de los fenómenos hidrometeorológicos e hidroclimáticos extremos. Las nuevas condiciones climáticas, por su parte, podrían facilitar el desarrollo de cultivos en una mayor área, lo que tendría un impacto negativo en los ecosistemas y sus servicios.

Los ecosistemas de las cuencas analizadas juegan un papel importante en cuanto a la provisión y regulación del agua y la provisión de alimento, entre otros.





El ambiente de la cuenca alta permite disponer de agua durante todo el año por lo que no ocurre déficit en el balance hídrico ni en el balance oferta-demanda por lo menos con lo que se contaba en el año 2000 (INAMHI, 2000). Otros servicios no menos importantes, (IIRB-IAvH 2009), estarían relacionados con provisión de leña y madera para vivienda y muebles de los habitantes locales, aspectos medicinales, y, los estéticos y culturales. Habría que contar además, la función de captura de carbono, no contado como servicio en el marco de la información recabada en el presente estudio.

Se ha concentrado la atención de este informe en cuatro servicios de regulación: la regulación hídrica, la retención de nutrientes, la retención de sedimentos y la captura de carbono. Ello en función de la fuerte dependencia socioeconómica de la población de la región sobre el buen funcionamiento de los ecosistemas cultivados y naturales, expresada en la gran proporción de población rural, la fuerte participación de la agricultura en el PIB regional y el empleo, el alto nivel de transformación ecosistémica en favor de sistemas cultivados, y los niveles

de pobreza (a mayor pobreza, mayor vulnerabilidad a los efectos negativos de los cambios ecosistémicos).

Los servicios ecosistémicos mencionados fueron analizados utilizando el modelo InVEST (ver Anexo metodológico) y en las secciones siguientes se describen los resultados. La Tabla 19 explica cada uno de estos y sintetiza los resultados de los modelos aplicados. El potencial ajuste de estos modelos permitiría una validación en campo y proyecciones futuras según distintos escenarios.

A modo de síntesis, se ha superpuesto los resultados de los cuatro modelos corridos *-retención de nutrientes, relación de distribución de sedimentos, stock de carbono y provisión de agua-* para identificar las áreas de mayor productividad agregada de servicios ecosistémicos. Seguidamente, partiendo de esta base y considerando la información socioeconómica y sobre escenarios climáticos, se realizó un análisis de los lugares y estrategias para invertir en la protección y gestión de servicios ecosistémicos.

**Tabla7:** Resumen de los modelos corridos para estimar servicios ecosistémicos.

MODELO	INSUMOS	SALIDAS	INTERPRETACIÓN	RESULTADOS
<b>Regulación hídrica</b>	A partir de información sobre modelo de elevación del terreno, evapotranspiración, precipitación y profundidad de raíces por tipo de cobertura ...	...el modelo estima el balance hídrico para la cuenca, la evapotranspiración actual y el contenido de agua de la cuenca de modo que...	...permite identificar áreas de mayor y menor producción hídrica según la cobertura de cada sector de la cuenca.	En términos cualitativos, los bosques SV, herbazales y arbustales del páramo y son las coberturas que mayor agua proveen a la cuenca a diferencia de los cultivos y las zonas de pastizal.

<p><b>Retención de nutrientes</b></p>	<p>A partir de información sobre tipos de suelos, aporte de nitrógeno a los suelos según la cobertura y profundidad de raíces ...</p>	<p>... el modelo estima la cantidad de nutrientes retenido y exportado por la cuenca analizada de modo que...</p>	<p>...permite identificar en términos cualitativos, las coberturas que más aportan a este aporte de nutrientes a los caudales hídricos...</p>	<p>En términos cualitativos, las áreas intervenidas o transformadas con cultivos o sistemas mixtos son las que mayores aportes hacen a la cuenca dominan las actividades agrícolas.</p>
<p><b>Control de la erosión</b></p>	<p>A partir de información sobre tipos de suelos, modelo de elevación del terreno, erosión por lluvia y susceptibilidad de los suelos según la cobertura y profundidad de raíces ...</p>	<p>... e modelo estima la pérdida potencial de suelo, la retención de nutrientes y la pérdida de suelo según su manejo de modo que ...</p>	<p>...permite estimar el promedio anual de pérdida de suelo de la cuenca y en términos cualitativos la pérdida potencial de suelo según la cobertura, es decir, la capacidad de una parcela de tierra para retener sedimento</p>	<p>En términos cualitativos, los bosques, herbazales y arbustales del páramo son las coberturas que mayor capacidad de retención de sedimentos tienen y menor pérdida potencial de suelo por erosión en oposición con las áreas de cultivos y usos mixtos.</p>
<p><b>Almacenamiento o stock de carbono</b></p>	<p>A partir de información sobre tipos de cobertura y contenido de Carbono en suelo, raíces, biomasa aérea y materia orgánica...</p>	<p>... e modelo estima el almacenamiento de carbono total ...</p>	<p>...permite caracterizar stocks de carbono de distintas coberturas</p>	<p>En términos cualitativos, los bosques, herbazales y arbustales del páramo son las coberturas que mayor carbono almacenan a diferencia de las áreas intervenidas como cultivos y pastizales.</p>



## Regulación Hídrica

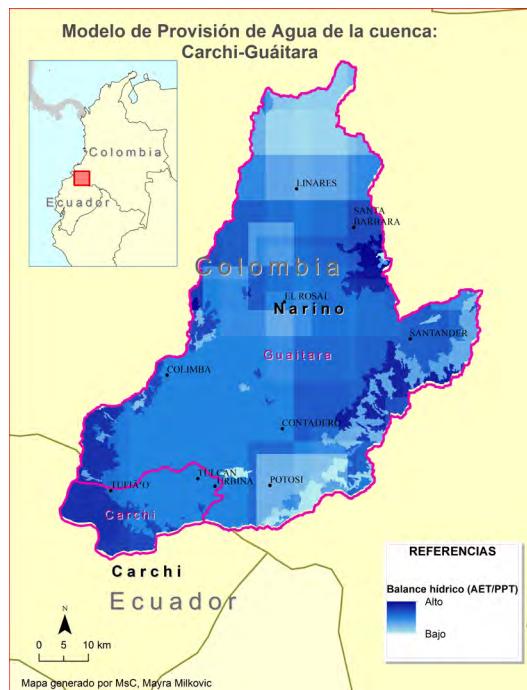
Se ha estimado la cantidad de agua generada por la cuenca para identificar áreas de mayor y menor producción hídrica según la cobertura de cada sector (cantidad de agua que fluye en cada unidad del paisaje) y calculado el balance hídrico de la cuenca y de cada tipo de cobertura considerada (ver Anexo Metodológico). Se encontró que el balance hídrico de ambas subcuencas es positivo. Los bosques, arbustales

y herbazales del páramo tienen mayor captación hídrica para evapotranspirar (la fracción AET/PP es el doble) que las zonas transformadas como las agrícolas (Tabla 8, Figura 13). El cociente de este balance pone en valor la función de provisión y retención hídrica de los sistemas según la dinámica de regímenes naturales (Figura 13).

**Tabla 8.** Resultado del modelo InVEST de provisión de agua de las subcuencas analizadas

Atributo	Carchi	Guaitara
Precipitación media de cada unidad de paisaje de la cuenca (mm)	930	1067
Evapotranspiración potencial media de cada unidad de paisaje de la cuenca (mm)	969,7	816,1
Evapotranspiración actual media de cada unidad de paisaje de la cuenca (mm)	431,3	439,1
Provisión de agua media de cada unidad de paisaje de la cuenca (mm)	458,2	612,3
Volumen de agua producida en la cuenca (m <sup>3</sup> )	170.900.843	2.388.383.453
Superficie de la cuenca (ha)	37.355.975	3.621.285.939

- **Figura 13** Resultado del modelo InVEST de provisión de agua como la fracción de la evapotranspiración actual y la precipitación (AET/PP). Los valores más altos de este cociente corresponden a los bosques montanos y los herbazales y arbustales del páramo.



## Retención de Nutrientes

Se ha estimado la cantidad de nutrientes retenidos y exportados por la cuenca analizada y permite representar la heterogeneidad de los factores claves en la producción hídrica como el tipo de suelo, la precipitación y el tipo de cobertura (ver Anexo Metodológico). Las pérdidas de nutrientes de las subcuencas están asociadas con el tipo de cobertura que predomine en el paisaje (ver Tabla 9 y Figura 14). En este caso, es mayor la pérdida de nitrógeno en áreas donde dominan las actividades agrícolas. En áreas boscosas y los arbustales y herbazales del páramo, es menor el nitrógeno que ceden a las corrientes, siendo menor los valores de pérdida (Figura 14).

**Figura 14** Resultado del modelo InVEST de retención de nutrientes (nitrógeno en este caso) en cada unidad del paisaje. Los valores más altos de retención corresponden a los bosques, los herbazales y arbustales del páramo y en menor medida las áreas intervenidas.



**Tabla 9.** Resultado del modelo InVEST de retención de nutrientes de la cuenca Carchi-Guaitara.

Variable	Valor total	%
Cantidad total de nitrógeno en la cuenca (kg/cuenca)	3342343	
Cantidad total de nitrógeno retenido (kg/cuenca)	3342341	99
Cantidad total de nitrógeno perdido (kg/cuenca)	280678	1

## Control de la erosión

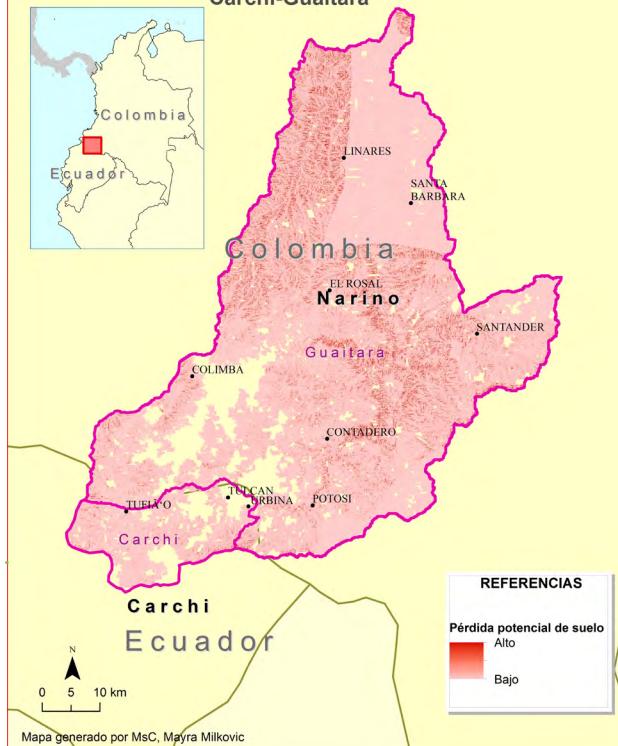
Los suelos de la cuenca tienen pendientes pronunciadas por lo cual están muy expuestos a la erosión cuando se convierte el bosque en áreas para el cultivo o el manejo del ganado. Se ha calculado el promedio anual de pérdida de suelo por parcela, es decir, la capacidad de una parcela de tierra para retener sedimento usando datos de geomorfología, clima, vegetación y prácticas de manejo (ver Anexo Metodológico). Los resultados obtenidos pone en evidencia el valor de la cobertura del territorio en funciones de soporte de servicios ecosistémicos (Tabla 9, Figura 15). Las áreas con bosques y herbazales retienen más sedimentos entre otras, por la función de las raíces de fijación del sedimento y estructura del suelo. Las áreas intervenidas, dependiendo de la estacionalidad de los cultivos, el tipo de cosecha y la preparación de los suelos, generan momentos donde la probabilidad de pérdida de suelo es mayor.

40



**Figura 15** Resultado del modelo InVEST de pérdida potencial de sedimentos en cada unidad del paisaje. Los valores más bajos de pérdida corresponden a los bosques, los herbazales y arbustales del páramo y en menor medida las áreas intervenidas.

Modelo de Distribución de Sedimentos de la cuenca:  
Carchi-Guaitara



**Tabla 10.** Resultado del modelo InVEST de retención de sedimentos de las subcuencas analizadas.

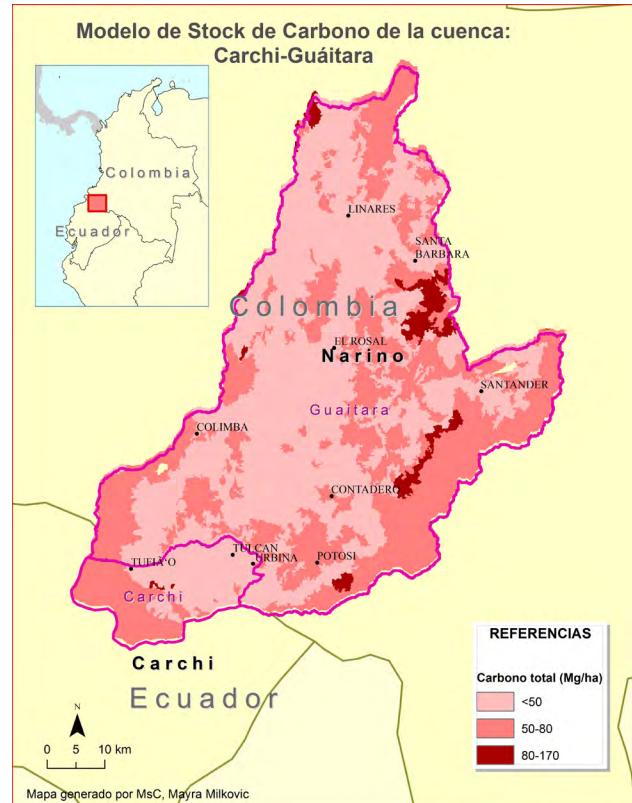
Atributo	Carchi	Guaitara
Potencial pérdida de sedimento de la cuenca (tons/cuenca)	3,3	76,6
Sedimento exportado a la corriente por la cuenca (tons/cuenca)	0.1	4
Sedimento retenido por la cuenca (tons/cuenca)	3,493	96,563

## Captura de Carbono

Se ha estimado la cantidad de carbono almacenado en las distintas coberturas como suma del almacenamiento en distintas formas, como biomasa aérea, biomasa radical, suelo y materia orgánica (ver Anexo Metodológico). El modelo corrido permite identificar áreas con mayor y menor reservorio de carbono según la cobertura. Las capas de información utilizadas fueron los mapas de coberturas y usos del suelo descritos arriba y la tabla del contenido de carbono en biomasa aérea, biomasa radical, suelo y materia orgánica para cada cobertura. Se consideraron valores estimados según la bibliografía (Tallis and Ricketts, 2009).

Los valores más altos de almacenamiento o stock de carbono están contenidos en los bosques (>80MgC/ha)<sup>2</sup>, seguidos por los herbazales y arbustales del páramo (Figura 10) y en menos medida las áreas de cultivo (<50MgC/ha). Estos resultados ponen en evidencia la provisión de servicios de almacenamiento de carbono de áreas cubiertas por bosques montanos y arbustales y herbazales del páramo.

Figura 16 Resultado del modelo INVEST de stock de carbono en cada unidad del paisaje. Los valores más bajos corresponden a las áreas intervenidas y los más altos a los remanentes boscosos.



<sup>2</sup> 2 MgC/ha equivale a megatoneladas de carbono por hectárea

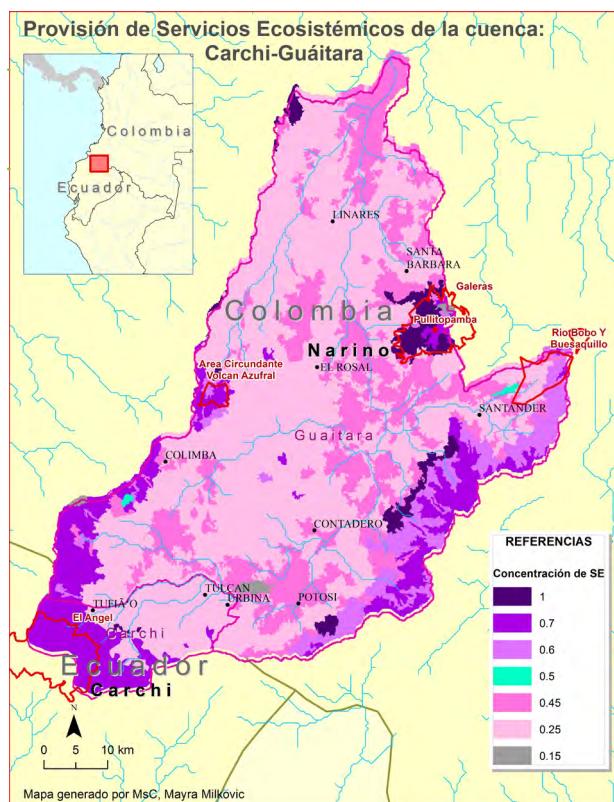
**Tabla 11** Almacenamiento de carbono en los compartimentos considerados en el modelo InVEST de stock de carbono (MgC/ha).

Código	Cobertura	Biomasa aérea	Raíces	Suelo	Materia orgánica
1	Bosque siempreverde	90	70	35	12
2	Arbustal del páramo	30	30	25	13
3	Cultivo	25	12	15	4
4	Herbazal (Frailejones)	25	35	30	10
5	Urbano	5	5	15	2
6	Pastizal	15	35	30	4
7	Agua	0	0	0	0

## Áreas de concentración de servicios ecosistémicos

**Figura 17** Síntesis de concentración de servicios ecosistémicos para las coberturas de la cuenca.

Una primera aproximación a la decisión respecto de dónde y en qué invertir recursos para la conservación y gestión de servicios ecosistémicos es sintetizar las distintas informaciones para detectar los lugares donde se observaron los valores más altos de provisión de servicios ecosistémicos: *-regulación hídrica, pérdida de nitrógeno, control de la erosión y almacenamiento de carbono* modelados en este informe. Para ello, se promedió el valor de cada servicio ecosistémico (Figuras 13 a 16) para cada cobertura de la cuenca y se ponderó este valor entre 0 y 1 de modo tal que los valores más bajos de provisión serían cercanos a cero y los más alto a uno (ver Anexo Metodológico). Se sumó el valor de los 4 servicios y se relativizaron respecto del valor máximo -para poder tener una lectura relativa de la provisión total entre coberturas- (ver Anexo Metodológico) que permitió sintetizar la información en un único mapa (Figura 17).



Los valores de provisión más altos se observan en el bosque montano seguido por herbazales y arbustales del páramo. En menor medida se encuentra la provisión de áreas intervenidas como las zonas de cultivos y los pastizales. No obstante, es importante destacar que estas últimas zonas son precisamente las que proveen alimentos y gran parte de la sustentación socioeconómica de la cuenca. El dato importante aquí está dado por la importancia que tienen las áreas no cultivadas como reguladoras hídricas y de sedimentos (dado que los escenarios climáticos muestran que los impactos en este sentido no vendrán de las precipitaciones per se, sino de la capacidad de los ecosistemas de regularlas). El segundo dato se desprende del modelo de retención de nutrientes (ver arriba), que arroja niveles de pérdida superiores en los sistemas cultivados y los pastizales, es decir, arrojan una merma de un servicio clave para la producción de alimentos.

Los ecosistemas naturales de la cuenca, sin duda, muestran un rango de provisión de servicios ecosistémico mayor que el de las áreas intervenidas (entre un 30 y 40% más). La extensión de la cobertura natural que ha sido intervenida para distintos usos pone en evidencia algunos aspectos en términos comparativos. Es decir, los valores totales de la provisión de servicios de la cuenca están lejos de los que fueron en un pasado en el cual predominaba vegetación natural. Suponiendo que en el pasado la vegetación predominante hayan sido bosques y arbustales del páramo y que cubrían más de la mitad de la cobertura de la cuenca, la provisión total de SE por lo menos sería el doble de la que presenta actualmente (tomando como referencia los valores totales estimados en este trabajo).

El balance hídrico de ambas subcuencas es positivo. Los bosques, arbustales y herbazales tiene mayor captación hídrica para evapotranspirar que las zonas transformadas como las agrícolas. El cociente de este balance pone en valor la función de provisión y retención hídrica de los sistemas según la dinámica de regímenes naturales.

Las pérdidas de nutrientes de las subcuencas están asociadas con el tipo de cobertura que predomine en el paisaje. En este caso, es mayor la pérdida de nitrógeno en áreas donde dominan las actividades agrícolas. En área boscosas y de herbazales, es menor el nitrógeno que ceden a las corrientes, siendo menor los valores de pérdida.

Los resultados obtenidos para el modelo de retención de sedimentos pone en evidencia el valor de la cobertura del territorio en funciones de soporte de servicios ecosistémicos. Las áreas con bosques y herbazales retienen más sedimentos entre otras, por la función de las raíces de fijación del sedimento y estructura del suelo. Las áreas intervenidas, dependiendo de la estacionalidad de los cultivos, el tipo de cosecha y la preparación de los suelos, generan momentos donde la probabilidad de pérdida de suelo es mayor.

Los valores más alto de almacenamiento o stock de carbono están contenidos en los bosques (>80MgC/ha), seguidos por los herbazales y arbustales (Figura 16) y en menos medida las áreas de cultivo (<50MgC/ha). Estos resultados ponen en evidencia la provisión de servicios de almacenamiento de carbono de áreas cubiertas por bosques (Figura 16).



Bajo el contexto de cambio climático y la potencial puesta en valor de medidas de mitigación, se corrieron los modelos de provisión de agua y retención de nutrientes considerando el valor máximo de disminución de las precipitaciones (20%) según las previsiones provistas por el CIIFEN. Se encontró que los valores medios de retención de nutrientes y balance hídrico disminuirían en un 10% (ver figura 14) y un 20% (ver figura 13) respectivamente. A su vez, el contenido de agua total de la cuenca bajo esta predicción disminuyó un 30% (ver tabla 8). Si bien estos valores son promedio y cualitativos, sugieren que en dichos términos en las áreas intervenidas la necesidad de irrigación será mayor. En el caso de las coberturas naturales que no dependen de irrigación de agua de modo artificial, la disminución de precipitaciones afectará el funcionamiento de la vegetación.

44



En el caso de la temperatura, es difícil hacer estimaciones cuantitativas sobre el potencial impacto que tendrá el aumento de la temperatura en procesos como la evapotranspiración y más aún sobre cómo responderá la vegetación natural a dichos cambios. Ambos son factores claves determinantes en las condiciones climáticas que determinan la humedad relativa y los balances hídricos de la región. A su vez, la posición relativa en terreno de estos procesos puede afectar de modo distinto según se considere el valle o pie de una zona montañosa.

En todos los modelos, se dimensiona de forma indirecta la magnitud de los impactos de la intervención del hombre sobre la provisión de los servicios ecosistémicos de los sistemas naturales mediante la alteración de la disponibilidad hídrica, la disminución en la retención de nutrientes y el aumento de aporte de sedimentos a los ríos debido a los cambios en el uso del suelo.

Este tipo de análisis permitiría establecer una línea de base de provisión que dé cuenta los “tradeoff” que deberían considerar las poblaciones que viven y son beneficiarias de dichos servicios y brinde herramientas para la planificación de las actividades productivas en concomitancia con la preservación de los ecosistemas.

## 6.1 Estrategia de inversión en Servicios Ecosistémicos

El mapeo de concentración de servicios ecosistémicos para las coberturas de la cuenca (Figura 17) ofrece un buen punto de partida para el análisis y la identificación de los lugares donde se puede invertir más eficientemente en conservación y gestión de servicios ecosistémicos. En términos generales, los ecosistemas naturales remanentes en la cuenca muestran un espectro mayor de servicios ecosistémicos, en tanto que los ecosistemas transformados muestran mayor provisión de alimentos a costa de un “tradeoff” con los demás servicios, en particular servicios ecosistémicos de regulación (lo cual normalmente representa un aumento en la vulnerabilidad ante riesgos hídricos) siendo estos últimos ecosistemas, los que cubren la mayor superficie de la cuenca (Figura 12).

**Tabla 12** Síntesis de recomendaciones.

Condición Cambiante	Servicio Afectado	Impacto	Política, solución y recomendación
Cambio de cobertura y uso del suelo	Regulación de la cantidad de agua, por pérdida de infiltración y almacenamiento de agua, especialmente en eventos extremos.	Agudiza la vulnerabilidad ante excesos y defectos hídricos.	Creación de un Fondo de Agua Binacional para la inversión en manejo de sectores altos de la cuenca para estabilizar la función regulatoria mediante protección y uso sustentable de vegetación nativa; y en sectores medios y bajos de la cuenca en agricultura sustentable para mejorar la resiliencia de la producción agropecuario ante la erosión hídrica y la pérdida de nutrientes.  Programas de gestión del riesgo climático.
	Regulación de la calidad del agua por menor retención de sedimentos y mayor aporte de nutrientes.	Erosiona la capacidad productiva y empeora calidad del agua utilizada por poblaciones aguas abajo	
	Regulación climática	Pérdida de C en biomasa y suelo con contribución débil al cambio climático global. Regionalmente, no se cuentan con los estudios que indiquen si los cambios en los ecosistemas de la región afectan el clima regional.	
Cambio climático	Los modelos no parecen indicar afectaciones altamente significativas en servicios motivadas por este factor.		
Sobreexplotación de recursos	No se han evaluado estos factores de cambio.		
Contaminación			
Introducción de especies exóticas			

Normalmente, el foco de los esfuerzos para gestionar servicios ecosistémicos hídricos está puesto en la relación entre poblaciones aguas arriba y aguas abajo, en particular respecto de la regulación de cantidad y calidad de agua para consumo humano y agricultura, y la vulnerabilidad de las poblaciones urbanas ante

desastres naturales. En nuestro caso, los ecosistemas transformados para agricultura no sólo ocupan la mayor superficie, sino que el grueso de la población es rural, lo cual obliga a combinar tanto el interés de las ciudades como el de las poblaciones rurales a la hora de decidir qué tipo de gestión emprender.



La implicación para el bienestar de las comunidades de la región de este “tradeoff” deberá ser estudiada, pero, dada la fuerte pérdida de capacidades relacionadas con los nutrientes y los sedimentos (Figuras 14 y 15) es razonable asumir que en un contexto de alta pobreza, alta población rural, prevalencia del minifundio y baja tecnificación agropecuaria y alto grado de intervención en los ecosistemas, a lo largo del tiempo, la productividad y la producción agropecuaria se verá amenazada, con la consecuente afectación al bienestar de las comunidades. De esto se desprenden dos criterios claves para priorizar la intervención en la cuenca:

La reducción de la vulnerabilidad de centros poblados ante el riesgo hídrico. Se debe estudiar en más detalle la dependencia de los centros poblados sobre los SE de regulación hídrica, para establecer los niveles de riesgo y, más importante, los beneficios de la conservación de ecosistemas en lugares estratégicos de la cuenca.

La preservación del capital natural que sustenta la actividad agropecuaria (suelos fértiles, vegetación estabilizadora y reguladora, etc.) como condición de sustentabilidad de la economía de la cuenca.

Finalmente, a la hora de enfocar una estrategia habrá que tener en cuenta el carácter de cuenca compartida entre dos países: Colombia y Ecuador, donde uno de ellos (Ecuador) ocupa la parte alta de la cuenca. Esta situación genera una relación de dependencia ecosistémica para algunos servicios, en particular el de regulación hídrica: lo que ocurra en el Ecuador tendrá una repercusión en Colombia.

Los instrumentos de gestión de servicios ecosistémicos pueden agruparse en dos grandes familias, combinables:

aquellos que se apoyan en el ordenamiento territorial con restricciones legales al uso, incluyendo la creación de áreas protegidas; y aquellos que aplican una racionalidad económica para incentivar la acción de los actores privados en favor de la conservación de los mismos.

En ambos casos, la condición bi-nacional de la cuenca es tanto un desafío como una oportunidad de colaboración.

Un ejemplo de aplicación de instrumentos de ordenamiento territorial en la cuenca estudiada está dado por los esfuerzos para crear un Corredor Biológico Binacional en Carchi (Ecuador) y Nariño (Colombia), (Ulloa, 2013).

De la segunda familia de estrategias no se han identificado ejemplos en la región, aunque podrían estar en preparación proyectos vinculados con la captura de carbono. En todo caso, para avanzar en esta línea de instrumentos, la literatura técnica al respecto recomienda la verificación previa de ciertas condiciones que hacen a la viabilidad de tales proyectos (Herbert, Vonada, Jenkins, Bayón; Frausto Leyva, Rio de Janeiro, 2010):

1. *Que la provisión de servicios ecosistémicos esté amenazada al punto de escasez:* La carencia de series históricas largas impide evaluar la evolución, pero de la información existente y los escenarios corridos se puede plantear como hipótesis sólida que la provisión de servicios ecosistémicos de regulación está efectivamente siendo amenazada, así como los de sustentación de la producción de alimentos, situación que se agrava en los escenarios de cambio climático.

2. *Existe una demanda económicamente valiosa de estos servicios ecosistémicos:* es el caso en el área de estudio, ya que la economía es fuertemente dependiente de la producción agropecuaria y la población es, en principio, mayormente vulnerable (ver Sección III).

3. *La tenencia de la tierra es clara y estable:* No se ha podido determinar en este estudio si esta situación se da en la cuenca.

4. *Existen alternativas técnicas de manejo que pueden adoptarse para resolver las limitaciones en la provisión de servicios ecosistémicos:* Las autoridades de ambos países cuentan con servicios de extensión y con estructuras públicas para el abordaje de los riesgos climáticos y ecosistémicos asociados. Adicionalmente, ambos países cuentan con experiencias en la gestión de cuencas para servicios hídricos vía fondos de agua.

5. *Los actores relevantes (productores y municipios) tienen voluntad de cambio.* No se ha podido determinar en este estudio si esta situación se da en la cuenca.

6. *Existe localmente la capacidad de gestionar un esquema financiero para la gestión hídrica de la cuenca y monitorear planes de manejo.* Cualquiera que sea el modelo, debe integrar el capital natural, social, financiero e institucional en una única estructura coherente que los optimice. Esto requiere de una evaluación más fina de la solidez de las instituciones locales.

## Recomendaciones

Los cambios estimados en la temperatura del aire y la precipitación hacia finales del siglo XXI, al parecer,

no causaran mayores problemas en cuanto a generar déficit del recurso hídrico, aunque los fenómenos hidrometeorológicos e hidrológicos extremos seguirán presentándose con alguna variación en frecuencia, duración e intensidad. Si a esto se suma la progresiva degradación de ecosistemas observada en este informe, aún en condiciones climáticas similares la vulnerabilidad de la población aumentará debido a la pérdida de servicios ecosistémicos.

Por otro lado, las características socioeconómicas indican la conveniencia de trabajar con los productores rurales, mayormente de pequeña escala, que continuarán generando presión sobre los páramos, bosques y sistemas cultivados.

En consecuencia, las líneas de trabajo recomendadas son:

- Fortalecer programas de gestión de riesgos en la región, como el sistema de la Secretaría de Gestión de Riesgos del Ecuador o la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres de Colombia (<http://www.gestionderiesgos.gob.ec/cambios-climaticos/> y <http://portal.gestiondelriesgo.gov.co>)
- Fortalecer las acciones orientadas a conservar la cobertura vegetal de la cuenca, para lo cual se deberá invertir en organización, capacitación técnica y esquemas económicos que cambien la conducta de los productores, mediante un mecanismo que combine el financiamiento de buena gestión ecosistémica con una gobernanza bi-nacional y multi-sectorial. **Un mecanismo disponible para la articulación de esta línea de trabajo, que cuenta con antecedentes en ambos países, son los Fondos de Agua.**





Un mecanismo adecuado para el financiamiento de actividades de gestión de servicios ecosistémicos, incluyendo desarrollos tecnológicos, organizativos y estrategias de adaptación al cambio climático, puede ser una forma efectiva para organizar la cooperación internacional necesaria para el caso de esta cuenca.

Un fondo de agua es, en esencia, un mecanismo financiero que reúne a diferentes usuarios del agua para que inviertan de forma voluntaria (u obligatoria, según las leyes de cada país) en actividades de conservación en las cuencas. La estructura o el arreglo institucional idóneos para formalizar la estructura de este mecanismo financiero dependen de la naturaleza jurídica de cada uno de sus miembros (Fondos de Agua, TNC 2012).

Para el caso de la cuenca bajo análisis, sería recomendable iniciar un proceso de *negociación y análisis de factibilidad* más específico para la constitución de un Fondo de Agua Binacional. Las condiciones institucionales para este proceso parecen estar dadas. Por un lado, existen instituciones públicas de apoyo técnico-científico tanto nacionales como internacionales, que pueden proveer la información de base necesaria, incluyendo, en particular:

- Procesos históricos y escenarios de alteraciones biofísicas en los ecosistemas.
- Dependencias específicas de distintas comunidades respecto de servicios ecosistémicos.
- Escenarios de cambio y variabilidad climática.
- Técnicas de manejo de ecosistemas y de prácticas agropecuarias sustentables y regenerativas.

- Valoración de servicios ecosistémicos y mecanismos financieros para su gestión.

Por otro lado, los Fondos de Agua son mecanismos con larga trayectoria en ambos países, por lo que las capacidades políticas y técnicas nacionales existen. Además existen múltiples ámbitos internacionales, hemisféricos y sub-regionales, que pueden ofrecer asistencia adecuada: los programas de la ONU (PNUD y PNUMA, con financiamiento del GEF), la Organización de los Estados Americanos, la Comunidad Andina de Naciones, el Banco Interamericano de Desarrollo y la Corporación Andina de Fomento. Todos pueden ser explorados como ámbitos de negociación y articulación de tal mecanismo. – todos pueden ser explorados como ámbitos de negociación y articulación de tal mecanismo.

Finalmente, la constitución y operación de un fondo de agua ofrece un ámbito de articulación de intereses de múltiples actores:

□ .....  
**Tabla 13:** Actores involucrados en un fondo de agua (Fuente: adaptado de *Fondos de Agua: Conservando la infraestructura verde. Guía de diseño, creación y operación*. The Nature Conservancy. 2012.)

□ .....

Sector	Actor	Interés de participar en el fondo
Público	Compañía de aguas, gobierno local	Calidad de aguas, regulación hídrica, costos evitados por sedimentos.
	Autoridad agropecuaria	Fomento de buenas prácticas agropecuarias y desarrollo rural
	Compañía generadora de energía	Regulación hídrica, costos evitados por sedimentos.
	Autoridad ambiental nacional.	Fortalecimiento, financiamiento y cumplimiento de planes de manejo de áreas protegidas, conservación del recurso.
	Autoridad ambiental local	Fortalecimiento, financiamiento y cumplimiento de planes de manejo de áreas protegidas, conservación del recurso.
	Autoridad del agua	Manejo de cuencas, hidrográficas, conservación del recurso.
	Distritos de riego	Regulación hídrica, sedimentos evitados.
Privado	Compañía de aguas	Calidad de agua, regulación hídrica, cantidad de agua.
	Compañía generadora de energía	Regulación hídrica, costos evitados por sedimentos.
	Compañía de agua embotellada y bebidas.	Calidad de agua, regulación hídrica, costos evitados por sedimentos.
	Asociaciones de agricultores	Regeneración de capacidad productiva de suelos, regulación hídrica, sedimentos evitados.
	Industria	Regulación hídrica y calidad de agua.
Académico	Centros de Investigación	Desarrollo de investigaciones / conservación.
	Universidades	Desarrollo de investigaciones / conservación.
Comunidades locales	Asociaciones de ríos, juntas de agua, juntas de regantes._	Participación y toma de decisiones de inversión, conservación del recurso.
	Comunidades locales	Participación y toma de decisiones de inversión.
Cooperación internacional	Organismos multilaterales de cooperación.	Cooperación y erradicación de la pobreza / conservación.
	Agencias de cooperación de gobierno.	Cooperación y erradicación de la pobreza / conservación.
	Organizaciones no gubernamentales	Conservación, desarrollo





## VII. Análisis de las políticas y legislación vigente en la cuenca sobre pago o retribución por servicios ambientales

Las distintas políticas y esquemas aplicables al pago o compensación por servicios ambientales o ecosistémicos han sido debatidas a nivel regional desde la negociación y suscripción, por parte de los países de la región, del Convenio sobre Diversidad Biológica en 1992. Sin embargo, no se ha desarrollado un esquema uniforme para que la mayoría de países puedan utilizarlo como modelo y, más bien, cada país le ha apostado a esquemas únicos y adaptados a su realidad social, ambiental e institucional. Sin embargo, prevalece la necesidad de discutir y compartir experiencias para enriquecer los esquemas ya ensayados a nivel comparado.

Más que el desarrollo de marcos legales y esquemas institucionales sobre pago o compensación por servicios ecosistémicos, lo que ha tenido prevalencia en la región es la promoción de “programas de financiamiento” *ad hoc* para conservación de áreas de interés. Y ello como parte del cumplimiento de políticas públicas manifiestas, prescritas inclusive a nivel constitucional como los casos de Brasil, Colombia, Ecuador, Perú, entre

otros. Es decir, los instrumentos de pagos por SE han sido enfocados como herramientas complementarias a los objetivos de conservación; por ello, no han tenido un objetivo regulatorio en sí mismo y, por lo general, han sido diseñados para convertirse en una forma de incentivo directo para brindar soporte a las políticas y programas de conservación.

México por ejemplo, le ha apostado al desarrollo de un esquema de Pago por Servicios Ambientales (PSA) por parte de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y diversos socios importantes, tales como la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). Este programa tiene como finalidad impulsar el reconocimiento del valor de los servicios ambientales que proporcionan los ecosistemas forestales, agroforestales y recursos naturales, además de apoyar la creación de mercados de estos servicios. (Programa de pago de servicios ambientales en Áreas Naturales Protegidas, <http://www.conanp.gob.mx/acciones/programa.php>) :





Por otra parte, algunos países han aprobado marcos normativos en la materia, como es el caso de Perú, que ya en el 2005 establecía, en su Ley General de Medio Ambiente, que “el Estado establece mecanismos para valorizar, retribuir y mantener la provisión de dichos servicios ambientales”. Posteriormente, en junio del 2014, dicta la “Ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos”, que establece las reglas básicas para que dos o más partes puedan establecer acuerdos voluntarios para mejorar o mantener el servicio brindado por determinado ecosistema, a partir de un mecanismo de incentivos. Lo destacable es que esta Ley define a dos tipos de actores: los contribuyentes, que son los que conservan los ecosistemas; y los demandantes o retribuyentes, que son los que hacen uso y se benefician del servicio ecosistémico.

No es intención discutir todos los marcos regionales de pagos o compensaciones por servicios ambientales, pues resultaría extensa la discusión y ajena al objeto del estudio; sin embargo, debido a la localización de la cuenca, sí consideramos propicio revisar los marcos legales que sobre SE operan en Ecuador y Colombia.

## 7.1 Régimen legal vigente en Ecuador sobre retribución por servicios ambientales

El enfoque que actualmente mantiene Ecuador sobre servicios ambientales y más concretamente, el régimen de incentivo y compensación por servicios ecosistémicos (PSA), es, más bien, un enfoque limitado y su aplicación ha sido aún escasa. Este hecho que se evidencia en la Constitución Ecuatoriana cuando establece el derecho de la población a beneficiarse del ambiente,

determinando que *“los servicios ambientales no serán susceptibles de apropiación; su producción, prestación, uso y aprovechamiento serán regulados por el Estado (Constitución del Ecuador 2018, art. 74, inc.2).*

La aplicación del artículo 74 de la Constitución del 2008 conlleva un reto interpretativo, ya que, al parecer, la intención originaria fue excluir del comercio a dichos servicios, es decir, que éstos no puedan ser objeto de apropiación y en consecuencia de valoración y transacción en el mercado, muy a tono con los postulados de la economía ecológica o ecología profunda. Sin embargo, la frase posterior, al remitir al Estado su regulación respecto de su producción, prestación, uso y aprovechamiento, establece un margen de interpretación para dar a estos servicios un enfoque, si bien no directamente orientado al mercado, al menos dirigido a permitir que estos servicios sean valorados y ofertados, para que sobre ellos pueda operar una compensación que, administrada por el Estado, genere incentivos para la conservación ambiental.

Sin embargo, existen algunas interpretaciones que apuntan a que en virtud de la norma constitucional sobre PSA este se ha convertido en un monopolio estatal. Hoy en día para hablar de PSA o SE hay que necesariamente pasar por los estamentos estatales; sin embargo, al ser el pago un mecanismo de mercado no muy a tono con el espíritu del artículo 74 de la Constitución, se ha optado por denominarlo, de manera general, compensación o retribución por servicios ambientales.

No obstante, los mecanismos de compensación o retribución por conservación han proliferado tanto a nivel central<sup>3</sup> como en gobiernos autónomos descentralizados, aunque no existe aún, promulgada y en vigencia, una normativa nacional que unifique los criterios de interpretación y describa con precisión el alcance.

Cabe mencionar que en el actual proyecto de Código Ambiental, que ha sido aprobado en Primer Debate por la Comisión de Biodiversidad de la Asamblea Nacional, en julio del 2015, se incluye ya un sistema estatal de compensación o de pagos por servicios ambientales, creando las categorías de “prestador” y “beneficiario”; se incluye como prestadores a una amplio espectro de actores que van desde los Gobiernos, central y descentralizado, hasta las comunidades y entes privados, como se analiza más adelante.

De forma general, se puede mencionar que al momento existe un conjunto de normas y políticas en relación a servicios ambientales y mecanismos de financiamiento de los mismos que se encuentran vigentes, los cuales vale la pena revisar.

---

3 Socio Bosque es un programa estatal administrado por el Ministerio del Ambiente que consiste en la entrega de incentivos económicos a campesinos y comunidades indígenas que se comprometen voluntariamente a la conservación y protección de sus bosques nativos, páramos u otra vegetación. La entrega de este incentivo está condicionada a la protección y conservación de sus bosques, lo que significa que las personas reciben el incentivo una vez cumplen con las condiciones de seguimiento que se determinan en convenio que se firma con el Ministerio del Ambiente. Los interesados deben presentar ciertos documentos para la inscripción, el más importante el título de propiedad del predio. Luego de un análisis sobre la priorización de las áreas y un proceso de verificación en campo, se calificarán a los predios que formarán parte de Socio Bosque, para lo cual firmarán un convenio, previa la entrega de documentación complementaria. El convenio por el cual los propietarios del predio se comprometen a conservar el área inscrita en Socio Bosque, tiene una duración de 20 años. Ver: [www.ambiente.gob.ec](http://www.ambiente.gob.ec)



**Tabla 14** Normas y políticas en relación a servicios ambientales y mecanismos de financiamiento en Ecuador

Constitución de la República del Ecuador	Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre.	Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua	Texto Unificado de Legislación Secundaria TULAS Libro VI
<p>Dentro del Capítulo VII, el Artículo 74 establece que los servicios ambientales no son apropiables, además establece que la producción, prestación, aprovechamiento de los mismos serán regulados por el Estado.</p>	<p>Dentro del Capítulo IX de la ley forestal y de conservación de áreas naturales y vida silvestre el Artículo 54 de este cuerpo normativo establece una exoneración tributaria del impuesto de la propiedad rural, en el caso de tratarse de bosques con características que la misma ley establece.</p> <p>Dentro del mismo cuerpo legal, con artículo innumerado se establece un incentivo económico para la forestación y reforestación con fines comerciales.</p>	<p>El artículo 141 establece que están exentos del pago de la tarifa por autorización de uso de agua para riego que garantice la soberanía alimentaria los prestadores comunitarios de servicios que reciben caudales inferiores a cinco litros por segundo y que están vinculados a la producción para la soberanía alimentaria.</p>	<p>Dentro del Libro III, del Régimen Forestal, establece en el Artículo 2 la generación de un sistema de incentivos y líneas de financiamiento, para el manejo sustentable y reforestación de las áreas forestales productivas públicas y privadas, dando prioridad al fomento de la actividad forestal que promueva la preservación de un medio ambiente sano y del desarrollo social y económico.</p>



**Tabla 15** Normas y políticas en relación a servicios ambientales y mecanismos de financiamiento en Ecuador

Ley de Gestión Ambiental	Acuerdo Ministerial 169 Ministerio del Ambiente	Acuerdo Ministerial 095 Ministerio del Ambiente	Acuerdo Ministerial 33
<p>Establece dentro del artículo 35 que el Estado establecerá incentivos económicos para las actividades productivas que se enmarquen en la protección del medio ambiente y el manejo sustentable de los recursos naturales.</p>	<p>Establece el Proyecto Socio Bosque del Gobierno de la Republica de Ecuador. Registro Oficial N° 482, publicado el 5 de diciembre de 2008.</p>	<p>Registro Oficial N° 16 de 17 de Junio de 2013, que establece como política de Estado la Estrategia Nacional de Cambio Climático. También establece la Dirección Nacional de Servicios Ambientales y Herramientas para la Conservación.</p>	<p>Registro Oficial 17 de 18 de Junio de 2013, que establece las normas que regulan la implementación del mecanismo REDD+ en Ecuador.</p>
	<p><b>Acuerdo Ministerial 115 Ministerio del Ambiente</b></p>		<p><b>Acuerdo Ministerial 128</b></p>
	<p>Registro Oficial N° 86 de 12 de noviembre de 2009 que establece el Instructivo del Proyecto Socio Bosque.</p>	<p><b>Acuerdo Ministerial 131</b></p>	<p>Expide la guía sobre los requisitos y procedimientos para el proceso de consulta o negociación para la implementación o proyectos REDD+ en tierras o territorios de Comunidades, Comunas, Pueblos y Nacionalidades Indígenas, Montubias, afro ecuatorianas y otros colectivos que dependen de los Recursos de los Bosques para su Subsistencia.</p>



**Tabla 16** Normas y políticas en relación a servicios ambientales y mecanismos de financiamiento en Ecuador

Decreto Ejecutivo 1815	Ordenanzas Municipales
<p>Registro Oficial 636, de 17 de Julio de 2009, mediante el cual se declara como política de Estado la adaptación y mitigación al cambio climático.</p>	<p>Municipalidad del Chaco ha expedido la Ordenanza Municipal N°10, de 12 de Noviembre de 2004 que se encuentra vigente, donde se establece las directrices para la creación y ejecución de Servicios Ambientales, además del establecimiento de un fondo para el pago por protección de servicios ambientales.</p> <p>Y por su parte la Municipalidad de Piñas ha expedido mediante ordenanza N° 3 de 2 de abril de 2008 que se encuentra vigente, donde se determina el Programa de servicios ambientales para la protección de cantidad y calidad de agua de la ciudad de Piñas, mediante la creación de la tasa de contribución por concepto de servicios ambientales.</p>

Como se puede apreciar, el tema ha estado presente desde hace años en la legislación ecuatoriana, pero, quizás, las múltiples iniciativas, proyectos y fondos han resultado mucho más dinámicas que el incentivo ofrecido por la legislación, y entre ellos se destacan los fondos de agua de Quito (FONAG) y Cuenca (FONAPA).

El Fondo del Agua (FONAG) es un mecanismo económico financiero constituido para operar por ochenta años, en forma permanente y estable, el cual se basa en un fondo patrimonial que permite utilizar los rendimientos del patrimonio para ser destinados al co-financiamiento de actividades de conservación y protección de las fuentes de agua que abastecen las necesidades del Distrito Metropolitano de Quito. De esta forma se pretende alcanzar metas de mediano y largo alcance y asegurar impactos positivos y duraderos en la conservación de las fuentes de agua. En el año 2000 se constituye el Fideicomiso Fondo para la Protección del Agua (FONAG), con el apoyo de la Empresa Metropolitana de

Alcantarillado y Agua Potable (EMAAP-Q) y The Nature Conservancy. Posteriormente, el FONAG, a través de su gestión, ha logrado nuevas e importantes adhesiones ([www.fondosdeagua.org](http://www.fondosdeagua.org)).<sup>4</sup>

A la firma del contrato del Fideicomiso y con un capital semilla patrimonial, la EMAAP-Q se comprometió a aportar a este fondo el 1% de la facturación mensual de sus planillas de agua potable y alcantarillado a este fondo, aporte que no implica un aumento de la tarifa al consumidor final ([http://www.un.org/waterforlifedecade/green\\_economy\\_2011/pdf/session\\_4\\_biodiversity\\_protection\\_cases\\_fonag\\_spa.pdf](http://www.un.org/waterforlifedecade/green_economy_2011/pdf/session_4_biodiversity_protection_cases_fonag_spa.pdf), 2015). Este fondo gestiona la conservación y manejo integral de las cuencas hídricas.

<sup>4</sup> Adhesiones como la Empresa Eléctrica Quito S.A. (EEQ SA) en el 2001, Cervecería Nacional en el 2003, la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación en el Ecuador (COSUDE) en el 2005 y Tesalia Springs Company en el 2007.



Por otra parte el Fondo del Agua para la Conservación de la Cuenca del río paute (**Fonapa**) fue creado como un mecanismo que permite unificar e integrar esfuerzos, de distintos actores tanto públicos y privados en beneficio del recurso hídrico y del manejo integral de la cuenca del río Paute. <http://www.fondosdeagua.org/es/fondo-del-agua-para-la-conservacion-de-la-cuenca-del-rio-paute-fonapa-azuay-ecuador-2008>, 2015)

La cuenca del río Paute es una de las más importantes del país donde se captan caudales de dieciocho sub cuencas para el principal complejo de generación hidroeléctrica del Ecuador, con una contribución actual de 35% de la energía eléctrica. Por su posición geográfica, contiene áreas protegidas y ecosistemas únicos. El Parque Nacional “El Cajas” está ubicado al occidente de la cuenca y el Parque Nacional “Sangay” en la zona nororiental. El Paute es un área compleja ya que comprende tres provincias y dieciséis cantones con una población aproximada de 900.000 habitantes. El fondo beneficia a 900.000 personas de las áreas urbanas y rurales de la cuenca del río Paute y actualmente cuenta con 212 familias provenientes de las áreas rurales como beneficiarias directas.

## Proyecto de Código Ambiental

A pesar de la existencia de legislación y de iniciativas emblemáticas en la materia, el alcance y definición de los servicios ambientales, así como y la consiguiente aplicación de sus sistemas de pago o compensaciones, no están definidos en la norma aun. Por ello el tema ha sido incluido en un actual proyecto de ley que pretende la aprobación de un Código Integral del Ambiente, el cual se encuentra en discusión en la legislatura ecuatoriana (Proyecto de Código Orgánico del Ambiente, Julio 2015).

## TITULO II SERVICIOS AMBIENTALES

**Artículo 80.- De los servicios ambientales.** El presente Título tiene por objeto establecer el marco general de los servicios ambientales, cuya finalidad es propiciar y coadyuvar a la conservación, manejo sustentable y recuperación de la diversidad biológica y de los recursos naturales, a través de mecanismos de retribución que aseguren la permanencia de los mismos.

**Artículo 81.- Generación.** El mantenimiento de las funciones ecológicas así como la dinámica de los ecosistemas naturales o intervenidos, generan servicios ambientales y, estos a su vez, beneficios directos o indirectos a la población.

**Artículo 82.- Tipos de servicios.** Son servicios ambientales:

1. La protección y regulación hídrica;
2. La fijación, reducción, secuestro, almacenamiento y absorción de carbono y otros gases de efecto invernadero;
3. La protección y recuperación del suelo, evitando los procesos de desertificación y degradación;
4. El mantenimiento de la biodiversidad y su patrimonio genético;
5. Las formas de vida y la belleza escénica natural; y,
6. Otros que determine la Autoridad Ambiental Nacional.

**Artículo 83.- Retribución.** Los servicios ambientales no son susceptibles de apropiación. Quienes realicen voluntariamente acciones de conservación, manejo y recuperación que dicte la



Autoridad Ambiental Nacional, siempre y cuando garanticen el mantenimiento de su función ecológica, su resiliencia y por ende el flujo de los servicios ambientales.

En la generación de servicios ambientales existirá un prestador y beneficiario. La Autoridad Ambiental Nacional garantizara que la prestación de los servicios ambientales se realice en los términos justos, equitativos y transparentes contribuyendo al buen vivir.

La prestación de servicios ambientales serán realizadas, preferentemente, por las personas que sean dueñas o poseedoras de buena fe de las áreas que vayan a ser mantenidas o restauradas.

**Artículo 84.- Del financiamiento de los servicios ambientales.** Para el financiamiento de los mecanismos de retribución, se promoverá la inversión pública y privada así como se podrá recibir fondos de donaciones, préstamos o aportes internacionales, impuestos o tasas de cualquier otra fuente que se indique con estos fines.

La Agencia de Regulación y Control del Ambiente podrá incluir dentro de la composición de tasas y otros recursos que perciba por la prestación de servicios o por el otorgamiento de licencias, autorizaciones, permisos o concesiones, los montos que coadyuven a financiar la retribución de la producción de servicios ambientales.

**Artículo 85.- Seguimiento y evaluación.** La Agencia de Regulación y Control del Ambiente establecerá mecanismos de evaluación y

seguimiento de las acciones que se realicen en la generación y prestación de los servicios ambientales.

El texto presentado para aprobación pretende cubrir varias de las opciones existentes actualmente y reafirma los mecanismos de financiamiento para la conservación, otorgando competencias sobre regulación y control al Estado de acuerdo a lo establecido en el artículo 74 de la Constitución. A las compensaciones o pagos por servicios ambientales se les denomina “retribución” al igual que en la ley peruana de Mecanismos de Retribución por servicios ecosistémicos del 2014.

## 7.2 Régimen legal vigente sobre pago por servicios ambientales en Colombia

Al igual que en el caso de Ecuador, los distintos mecanismos pago por SE en Colombia se aplican indistintamente a través de varias experiencias. Dichos pagos devienen del establecimiento de un incentivo económico para la conservación.

Por ejemplo, en el 2005 el Instituto Alexander Von Humboldt (IAVH) y el Centro Internacional de Investigación Forestal (CIFOR, the Center for International Forestry Research) elaboraron un esquema de pagos por SE para la microcuenca de Chaina ante la necesidad de dar solución a un conflicto socio-económico histórico sobre la equidad en la repartición de los costos y beneficios procedentes del manejo de los recursos naturales, y ante la dificultad en la aplicación y cumplimiento de normas ambientales. El IAVH y la Alcaldía de Villa de Leyva se constituyeron en los intermediarios del esquema y se nombró una comisión



de vigilancia para el monitoreo y cumplimiento de los acuerdos conformada por la Asociación de Usuarios de la Cuenca de Chaina y el Santuario de Flora y Fauna de Iguaque (Casas, Martínez, OEA, 2008).

En el caso comentado, el esquema de pagos por SE consistía en: (i) Un acuerdo o contrato jurídicamente vinculante compuesto de un instrumento económico (incentivos económicos) y de una cláusula en caso de incumplimiento o controversia. El acuerdo se realizó entre los propietarios de los predios de la microcuenca y los beneficiarios del agua constituidos por tres juntas administradoras de agua y dos acueductos rurales que abastecen a más de 5 mil personas de siete veredas. El municipio de Villa de Leyva actúa como intermediario y garante en la firma de estos acuerdos; (ii) El servicio ambiental, que está definido en términos de la reducción de la carga actual de sedimentos y regulación de caudal de la quebrada generados indirectamente por los cambios voluntarios en el uso del suelo adoptados por los propietarios de la microcuenca; (iii) El mecanismo de financiación es generado por el aporte que cada usuario adscrito a una junta administradora de agua o acueducto veredal hace a una asociación de usuarios que actúa como una entidad financiera de carácter privado y (iv) El mecanismo de administración e implementación del plan de manejo de la microcuenca Chaina (Casas, Martínez, OEA, 2008).

A partir de esta experiencia las autoridades ambientales y municipales han tomado conciencia sobre los riesgos que amenazan los servicios ambientales y se ha despertado un especial interés en la búsqueda de soluciones. Una de ellas ha sido la conformación de juntas de acueductos veredales constituidos legalmente para optimizar el servicio de agua y vigilar que los recursos del acueducto no se desvíen a otras actividades.

Dentro de la experiencia colombiana al igual que lo que sucede en Ecuador, existen ciertas restricciones institucionales que no han permitido clarificar su alcance enteramente y han impedido que el instrumento se popularice más. Los proponentes tradicionales de estos mecanismos han sido entidades públicas y personas jurídicas sin ánimo de lucro.

Por otro lado, los reguladores del mecanismo han sido el Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible con competencia a nivel nacional, las Corporaciones Autónomas Regionales que son jurisdicciones departamentales, las Autoridades Ambientales Urbanas y algunos municipios y distritos.

El cimiento institucional ha sido el Plan Nacional de Desarrollo 2006-2010 expedido mediante la Ley 1151 de 2007, el cual señala que el proceso de desarrollo de Colombia debe sustentarse en la articulación de las dimensiones económica, social y ambiental, que permita sentar las bases para avanzar hacia el desarrollo sostenible, así como el artículo 106 de la Ley 1151/07 que señala que los departamentos y municipios dedicarán un porcentaje no inferior al 1% de sus ingresos corrientes para la adquisición y mantenimiento de áreas de importancia estratégica para la conservación de recursos hídricos que surten de agua los acueductos o para financiar esquemas de pago por servicios ambientales.





**Tabla 17.** Normas en relación a servicios ambientales y mecanismos de financiamiento en Colombia

Constitución Política de Colombia.	Ley 99 de 1993	Ley 99 de 1993
<p>El <b>Artículo 58</b> de la Constitución Colombiana hace referencia a la función ecológica y social que posee la propiedad.</p> <p>Los artículos 79 y 80 hacen referencia al derecho de las personas de gozar de un ambiente sano, así como la planificación del Estado para el manejo y aprovechamiento de recursos naturales.</p> <p>Y el Artículo 95 que establece el deber de las personas de proteger los recursos naturales del país, velando por la conservación y un ambiente sano.</p>	<p>El Artículo 42 en su segundo inciso establece que podrán fijarse tasas para compensar los gastos de mantenimiento de la renovabilidad de los recursos naturales. Y en parágrafo tercero agregado al artículo 42 por la ley 1151 de 2007, se establece: que los recursos provenientes del recaudo de las tasas compensatorias se destinarán a la protección y renovación del recurso natural.</p>	<p>El Artículo 1, establece entre los principios generales ambientales, en el numeral 7 establece que el Estado fomentará la incorporación de los costos ambientales y el uso de instrumentos económicos para la prevención, corrección y restauración del deterioro ambiental y para la conservación de los recursos naturales renovables.</p>
	<p>El artículo 43, establece que el cobro de tasas fijadas se destinará al pago de los gastos de protección y renovación de los recursos hídricos. El mismo artículo determina que todo proyecto que requiera licencia ambiental y que involucre en su ejecución el uso del agua, tomada directamente de fuentes naturales, deberá destinar no menos del 1% del total de la inversión para la recuperación, preservación, conservación y vigilancia de la cuenca hidrográfica que alimenta la respectiva fuente hídrica. El beneficiario de la licencia ambiental deberá invertir estos recursos en las obras y acciones de recuperación, preservación y conservación de la respectiva cuenca hidrográfica. Adicionalmente en el parágrafo 2 agregado por la ley 1450 de 2011, donde se establece que: Los recursos provenientes del recaudo de las tasas por utilización de agua, se destinarán exclusivamente a las actividades de protección, recuperación y monitoreo del recurso hídrico.</p>	<p><b>Ley 165 de 1994</b></p>
	<p>El artículo 45 hace referencia a los ingresos transferibles desde el sector hidroeléctrico, y el decreto 141 de 2011, agrega que las Corporaciones destinarán como mínimo el 10% de los recursos de que trata el artículo 45 de la Ley 99 de 1993, para adelantar en toda su jurisdicción actividades de reforestación, restauración, recuperación o rehabilitación de ecosistemas.</p>	<p>Que aprueba el Convenio de Diversidad Biológica.</p>
	<p></p>	<p><b>Decreto Ley 216 de 2003</b></p>
	<p></p>	<p>En el Artículo 20, primer parágrafo establece el destino de los recursos recaudados por el cobro de tasas, multas, tarifas, concesiones, contribuciones o por la venta de bienes y servicios ambientales asociados a las áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales.</p>
	<p></p>	<p><b>Ley 139 de 1994</b></p>
	<p></p>	<p>Crea el Certificado de Incentivo Forestal.</p>
	<p></p>	<p><b>Decreto Ley 900 de 1997</b></p>
	<p></p>	<p>El Artículo 2 determina que el Certificado de Incentivo Forestal de Conservación es un reconocimiento por los costos directos e indirectos en que incurre un propietario por conservar en su predio ecosistemas naturales boscosos poco o nada intervenidos, cuyo valor se definirá con base en los costos directos e indirectos por la conservación y la disponibilidad de recursos totales para el incentivo.</p>
	<p></p>	<p><b>Ley 629 de 2000</b></p>
<p></p>	<p>Aprueba el "Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático"</p>	



Se observa que la legislación ambiental colombiana se ha desarrollado positivamente a partir del mandato constitucional, sin embargo en junio 2015 se promulga la Ley 1753 que regula de forma expresa el pago por servicios ambientales aunque aún de forma general (Ley 1753 D.O. 49.538, 2015) .

La Ley 1753, en su artículo 174 establece la adquisición por parte del Estado de Áreas o Ecosistemas de Interés Estratégico para la Conservación de los Recursos Naturales o para la implementación de esquemas de pago por servicios ambientales u otros incentivos económicos, el cual modifica al anterior la Ley 99 de 1993, en su artículo 108:

*“Artículo 108. Adquisición por la Nación de Áreas o Ecosistemas de Interés Estratégico para la Conservación de los Recursos Naturales o implementación de esquemas de pago por servicios ambientales u otros incentivos económicos. Las autoridades ambientales en coordinación y con el apoyo de las entidades territoriales adelantarán los planes de cofinanciación necesarios para adquirir áreas o ecosistemas estratégicos para la conservación, preservación y recuperación de los recursos naturales o implementarán en ellas esquemas de pago por servicios ambientales u otros incentivos económicos para la conservación, con base en la reglamentación expedida por el Gobierno nacional.*

*La definición de estas áreas y los procesos de adquisición, conservación y administración deberán hacerse con la activa participación de la sociedad civil.”*

Adicionalmente en el párrafo primero se establece que los esquemas de pago por servicios ambientales -de

que trata el mencionado artículo-, podrán además ser financiados con recursos provenientes de los artículos 43 y 45 de la Ley 99 de 1993, mencionados anteriormente, de conformidad con el plan de ordenación y manejo de la cuenca respectiva. Así mismo, se indica que podrá aplicarse la inversión forzosa de que trata el párrafo 1° del artículo 43, las compensaciones por pérdida de biodiversidad en el marco de la licencia ambiental y el Certificado de Incentivo Forestal con fines de conservación a que se refiere el párrafo del artículo 253 del Estatuto Tributario.

Además, la reciente Ley 1753 ordena que dentro del término de un año a partir de la entrada en vigencia de esta ley, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible presentará al Congreso de la República un proyecto de ley que establezca los términos, condiciones, procedimientos y fuentes de financiación para la implementación de Pagos por SE y otros incentivos a la conservación. Es decir, se establece el mandato legal de formular una ley especial en la materia, que clarifique todas las condiciones de los PSA.

Complementando lo anterior, el párrafo segundo establece que el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible creará el Registro Único de Ecosistemas y Áreas Ambientales, con excepción de las áreas protegidas incorporadas en el Registro Único Nacional de Áreas Protegidas (RUNAP) como parte de los sistemas de información del Sistema Nacional Ambiental (SINA) en un término de un año a partir de la expedición de esta ley, y que harán parte del Registro Único de Ecosistemas y Áreas Ambientales áreas tales como los ecosistemas estratégicos, páramos, humedales y las demás categorías de protección ambiental que

pagos por SE en Colombia como son Cuenca Verde - Fondo de Agua Medellín y Agua Somos, Bogotá – Colombia, 2008.

La Corporación Cuenca Verde es una alianza entre entidades públicas y privadas convencidas de la necesidad de conservar las cuencas que proveen este recurso vital. Hoy benefician a los 10 municipios que conforman este valle, habitado por más de 3.5 millones de personas, y también a más de 35 mil habitantes de los municipios con jurisdicción en dichas cuencas, entre ellos Envigado y El Retiro (La Fe) y Belmira, Donmatías, Entreríos, San Pedro de los Milagros y Santa Rosa de Osos (Riogrande II). Cuenca Verde es parte de los fondos de agua que se están conformando en Latinoamérica, como mecanismos financieros que contribuyen a mejorar la gestión del recurso hídrico a través de la ciencia y la colaboración multisectorial (<http://www.fondosdeagua.org/es/cuencaverde-fondo-de-agua-medellin>, 2015)

Por otra parte, el Mecanismo de Conservación de Agua para Bogotá es una eficiente herramienta financiera que permite a los usuarios del agua compensar el esfuerzo que hacen propietarios y áreas protegidas por conservar los bosques, páramos y suelos que proporcionan el agua a la ciudad. Las actividades de conservación promovidas por el mecanismo serán acordes a los lineamientos y políticas definidas por las autoridades ambientales en la zona.

Los bosques andinos y páramos que suministran agua a la ciudad de Bogotá están siendo transformados como resultado de las actividades productivas que tienen lugar en las cabeceras de las cuencas; el mecanismo es una

oportunidad para mejorar o crear alternativas sostenibles a estas actividades (que incluyen la agricultura y la ganadería). De igual manera, el mecanismo busca dar apoyo financiero a las áreas protegidas que tengan limitaciones presupuestales y a los propietarios que no reciben incentivos ni recursos suficientes para conservar efectivamente los bosques y páramos que producen el agua que Bogotá consume (<http://www.fondosdeagua.org/es/agua-somos-bogota-colombia-2008>).





# Conclusiones y Recomendaciones para una Política de Adaptación en la Cuenca Carchi-Guaitara

Los marcos institucionales y normativos en los dos países, muestran avances respecto a la implementación de incentivos económicos a la conservación en la forma de pagos, retribuciones o compensaciones por el mantenimiento de SE, en áreas vulnerables o críticas para la provisión hídrica en otras regiones de los dos países.

Si bien, el tema muestra algunos adelantos, e inclusive, se ha avanzado recientemente hacia la incorporación de normativa específica en la materia, la definición de mecanismos institucionales no se encuentra del todo clara. Esto en especial respecto a la posibilidad de incluir otros tipos de SE y el tipo de pago o retribución que se deberá establecer, por lo cual los dos países aguardan nuevas regulaciones en la materia. En Colombia con un mayor enfoque en la sociedad civil, y en Ecuador está más liderado por el Estado aunque también existen iniciativas donde participan el sector privado y sociedad civil.

La experiencia generada por la implementación de mecanismos de financiamiento y servicios ambientales en los últimos años, gracias a los diferentes fondos

ejecutados en grandes ciudades en Colombia y Ecuador, puede ser capitalizada. Estos fondos tienen un enfoque dirigido al mantenimiento de la provisión hídrica y manejo de cuencas en relación con las actividades de las comunidades y población aledaña, mas que en el mantenimiento de los SE, sin embargo, son plenamente compatibles con ese propósito. Se desconoce en detalle si dentro de las actividades de los fondos se incluyeron las valoraciones de otros SE que la cuenca provee, pues al parecer no se incorpora la evaluación de la conversión de ecosistemas naturales a sistemas cultivados, o la pérdida de las funciones ecológica de regulación, ni tampoco la pérdida de capacidades relacionadas con nutrientes y sedimentos, y mas lejos aun, la captura de carbono. Es decir, no existe, al parecer, experiencia institucional en un contexto más amplio de los SE en los fondos de agua estudiados y menos aun en relación al riesgo climático, con lo cual este estudio pretende abrir una puerta para avanzar hacia nuevos tipos de compensaciones o retribuciones en función de los SE manejados dentro de los sistemas de fondos ambientales que operan en la región.





Tampoco han sido incluidos de forma expresa dentro de los esquemas legales e institucionales analizados, los mecanismos para la reducción de la vulnerabilidad de centros poblados ante el riesgo hídrico, en un contexto de riesgo climático. Y de acuerdo a lo que se menciona en el punto 6.1. se debería estudiar con más detalle la dependencia de centros poblados sobre los SE de regulación hídrica, para establecer los niveles de riesgo y, más importante, los beneficios de la conservación de ecosistemas en lugares estratégicos de la cuenca, y definir en consecuencia los mecanismos legales e institucionales a implementarse en cada país.

Del análisis efectuado, vale la pena destacar que, no se observan impedimentos ni legales ni institucionales en cada país que dificulten la incorporación de un sistema de pago, compensación o retribución por SE que sea compatible, lo cual resultaría oportuno al momento de definir un mecanismo conjunto de manejo. En este sentido, sería pertinente estudiar y profundizar en un esquema como lo sería un Fondo Binacional de Gestión de la Cuenca Carchi-Guaitara, especialmente en el contexto de los usuarios de la cuenca, de su realidad socioeconómica, de su vulnerabilidad al riesgo climático y de la gestión de las instituciones reguladoras en cada país.

Como se menciona previamente, por tratarse de una cuenca compartida entre dos países, que ocupa la cuenca alta (Ecuador) y el otro la baja (Colombia), existe una dependencia ecosistémica entre los dos países, por lo cual, cualquier mecanismo planteado para el manejo en un país, sería recomendable que sea adoptado de igual manera por el otro. Es decir debe existir un manejo coordinado de la cuenca. Esto debe

darse focalizando los esfuerzos de valoración de SE, de conservación y de gestión de SE en las cabecera de la cuenca, donde se ubican mayormente los remanentes de ecosistemas naturales con el objeto de fortalecer los servicios de regulación hídrica, y en las zonas bajas cultivadas con altos niveles de pérdida de sedimentos y nutrientes, para intervenir y revertir estas tendencias y re-generar para conservar el capital natural o para la producción de alimentos y la soberanía alimentaria de cada país.

Ahora bien, la Cuenca Carchi – Guaitara ofrece condiciones únicas para ensayar un modelo binacional de gestión de cuencas que integre la compensación o retribución por SE como un mecanismo de gestión de la cuenca misma. Al saber que los SE se producen en la cabecera alta de la cuenca y los cuales serán aprovechados por ciudadanos de otro país, hace pensar que la colaboración y el co-manejo son requeridos. Esto resulta interesante, inclusive a la hora de ensayar esquemas mixtos binacionales donde operen mecanismos de compensación entre países a través de un esquema financiero específico, que sea parte el instrumento que podría denominarse “*Fondo Binacional de Gestión de la Cuenca Carchi-Guaitara*”. Mecanismos que en primera instancia podrían ser públicos (por su característica de binacionalidad) pero podrían ser mixtos para incluir a todos los actores de la cuenca, sean públicos y privados.

Un mecanismo de esta naturaleza no solo resultaría sumamente interesante, si no que daría paso a la internacionalización del pago o retribución por SE y empujaría a la comunidad internacional a abordar el tema de la integración de mecanismos binacionales y realizar

propuestas financieras para tratar el tema de la gestión conjunta de las cuencas transfronterizas reconociendo la dependencia ecosistémica prevaleciente en estos recursos y la inversión en la preservación de los SE.

Estos esquemas de retribución o pago por SE deberían dirigirse principalmente a productores rurales, mayormente en pequeña escala que serán quienes continuarán generando presión sobre los páramos, bosques y sistemas cultivados; para ello se deberá, también, promover la conservación de cobertura vegetal de la cuenca, e invertir en organización, capacitación técnica y esquemas económicos que cambien la conducta de dichos productores. En este sentido, el marco institucional y legal vigente, así como la experiencia de los fondos de agua analizados, que no son los únicos que existen, constituyen en los dos países, antecedentes importantes para avanzar en la discusión de un mecanismo adaptable a las condiciones de la cuenca Carchi – Guaitara.

Para ello, se podría partir de un esquema de retribución para los cuatro servicios identificados en el estudio, (*retención de nutrientes, relación de distribución de sedimentos, stock de carbono y provisión de agua*), pero también podría incluir otros aspectos de la gestión integral de cuencas, así como otros servicios ecosistémicos luego de constituido.

Los actores identificados que se considera podrían participar en este “Fondo Binacional Cuenca Carchi-Guaitara”, son los siguientes:



Sector	Actor	Interés de participar en el fondo	Instituciones
Público	Compañía de aguas, gobierno local	Calidad de aguas, regulación hídrica, costos evitados por sedimentos.	Municipios de Colombia y Ecuador, proveedores de servicios para consumo humano, SENAGUA Ecuador, regulación hídrica, Ministerio de agricultura y terrenos rurales Colombia, e IDEAM Colombia en control hídrico
	Autoridad agropecuaria	Fomento de buenas prácticas agropecuarias y desarrollo rural	MAGAP Ecuador, Ministerio de agricultura y terrenos rurales Colombia. Gobernación de Nariño
	Compañía generadora de energía	Regulación hídrica, costos evitados por sedimentos.	EMELNORTE, Empresa eléctrica del Norte Ecuador. CEDENAR, Centrales eléctricas de Nariño S.A.
	Autoridad ambiental nacional.	Fortalecimiento, financiamiento y cumplimiento de planes de manejo de áreas protegidas, conservación del recurso.	Ministerio del Ambiente Colombia y Ecuador
	Autoridad ambiental local	Fortalecimiento, financiamiento y cumplimiento de planes de manejo de áreas protegidas, conservación del recurso.	Municipios de Colombia y Ecuador. Gobernación de Nariño Colombia Gobierno provincial del Carchi Ecuador
	Autoridad del agua	Manejo de cuencas, hidrográficas, conservación del recurso.	SENAGUA, Ecuador IDEMA, Colombia
	Distritos de riego	Regulación hídrica, sedimentos evitados.	Ministerio de agricultura y terrenos rurales Colombia. Gobierno provincial del Carchi Ecuador
	Compañía de agua embotellada y bebidas.	Calidad de agua, regulación hídrica, costos evitados por sedimentos.	Embotelladoras de bebidas y productos lácteos que compran a los productores locales
	Asociaciones de agricultores	Regeneración de capacidad productiva de suelos, regulación hídrica, sedimentos evitados.	Cámaras empresariales de Agricultura que operan en la zona y que representan a los usuarios de las Cuencas
	Industria	Regulación hídrica y calidad de agua.	

Académico	Centros de Investigación	Desarrollo de investigaciones / conservación.	Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt Colombia
	Universidades	Desarrollo de investigaciones / conservación.	Universidad del Norte Ecuador. Universidad Politécnica Estatal del Carchi. Ecuador. Universidad de Nariño Universidad Antonio Nariño Universidad Autónoma de Colombia Universidad Mariana Universidad San Martín Corporación Autónoma de Nariño
Comunidades locales	Asociaciones de ríos, juntas de agua, juntas de regantes._	Participación y toma de decisiones de inversión, conservación del recurso.	Juntas de Regantes locales del distrito, Juntas de Agua
	Comunidades locales	Participación y toma de decisiones de inversión.	Comunidades locales y pueblos indígenas afincados en la zona
Cooperación internacional	Organismos multilaterales de cooperación.	Cooperación y erradicación de la pobreza / conservación.	PNUD Colombia y Ecuador
	Agencias de cooperación de gobierno.	Cooperación y erradicación de la pobreza / conservación.	S/D
	Organizaciones no gubernamentales	Conservación, desarrollo	The Nature Conservancy (Ecuador/ Colombia), En Ecuador Altrópico, Naturaleza y Cultura, Randi Randi, CESA -Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas), Ayuda en Acción) y CONDESAN En Colombia, Red de Desarrollo Sostenible, Fundación Natura. Entre otras.

Finalmente, este estudio y la sugerencia del instrumento contenido en él, atiende a la necesidad de definir nuevas herramientas de adaptación en la gestión de la vulnerabilidad climática, desde la perspectiva de los SE. En esta línea, se plantea que sean identificados y cuantificados para su mejor determinación y manejo, ya que en ellos recae el mayor peso de la afectación natural tanto por efectos climáticos como por

impactos antrópicos. Este manejo de los SE influye indefectiblemente en las opciones de desarrollo socio económico a mediano y largo plazo y en la capacidad de los pueblos de mantener los SE en buen estado tanto para la conservación de los ecosistemas naturales, especialmente para la provisión hídrica como para en las zonas de aprovechamiento agrícola garantizar la producción y subsistencia alimentaria.



# Referencias Bibliográficas

- Adhesiones como la Empresa Eléctrica Quito S.A. (EEQ SA) en el 2001, Cervecería Nacional en el 2003, la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación en el Ecuador (COSUDE) en el 2005 y Tesalia Springs Company en el 2007.
- ADRIANA CASAS, R. M. (2008). Marcos Legales para el Pago por Servicios Ambientales en América Latina y el Caribe: Análisis de Ocho Países. Washington D.C.: Departamento de Desarrollo Sostenible OEA.
- AGUA, A. L. (2008). Agua Somos, Bogotá – Colombia. Obtenido de Alianza Latinoamericana de fondos de agua: <http://www.fondosdeagua.org/es/agua-somos-bogota-colombia-2008>
- AGUA, A. L. (2008). Fondo del Agua para la conservación de la cuenca del río Paute – FONAPA, Azuay – Ecuador. Obtenido de Alianza Latinoamericana de fondos de agua: <http://www.fondosdeagua.org/es/fondo-del-agua-para-la-conservacion-de-la-cuenca-del-rio-paute-fonapa-azuay-ecuador-2008>
- AGUA, A. L. (2013). Cuenca Verde - Fondo de Agua Medellín. Obtenido de Alianza Latinoamericana de fondos de agua: [www.fondosdeagua.org/es/cuencaverde-fondo-de-agua-medellin](http://www.fondosdeagua.org/es/cuencaverde-fondo-de-agua-medellin)
- AGUA, F. D. (2015). FONDO DEL AGUA. Obtenido de [www.fondosdeagua.org](http://www.fondosdeagua.org)
- AMBIENTE, M. D. (2015). Socio Bosque. Obtenido de [www.ambiente.gob.ec](http://www.ambiente.gob.ec)
- BURGOS-GONZÁLEZ y Gómez-Velandia, (2007). Avances y Retos en la gestión de las cuencas binacionales de Colombia; Los casos de las cuencas internacionales Colombo-ecuatorianas y colombo-venezolanas
- Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno del Niño, CIIFEN. (2015)
- CONANP. (2015). Programa de pago de servicios ambientales en áreas naturales protegidas. Obtenido de CONANP: [www.conanp.gob.mx/acciones/programa.php](http://www.conanp.gob.mx/acciones/programa.php)





- Corporación Autónoma Regional del Nariño (CORPONARIÑO) ) Plan de Manejo Ambiental y ahorro de agua
- GESTIÓN DE RIESGOS ECUADOR. (2015). Recuperado el 2015, de gestionderiesgos.gob.ec: www.gestionderiesgos.gob.ec/cambios-climaticos/
- HERBERT TOMMIE, V. R. (2010). Fondos Ambientales y Pagos por Servicios Ambientales: Proyecto de Capacitación de RedLAC para Fondos Ambientales. Río de Janeiro: RedLAC.
- HERBERT TOMMIE, J. M., B. R., F. J. (2012). Fondos ambientales y pagos por servicios Ambientales: proyecto de capacitación de RedLAC para fondos ambientales. Río de Janeiro: RedLAC.
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt IAvH-Cabildo Indígena de Chiles –CORPONARIÑO–WWF. (2009). Estudio sobre el estado actual del paramo de Chile INAMHI (2000)
- INAMHI (2000) Anuario Meteorológico Estación El Angel M102
- INEC (2010), VII censo de Vivienda y VI de Población, 2010 programa redatam
- TALLIS y Ricketts. (2009) Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs;
- MRI Cabos CIIFEN-B ID- proyecto Andes, 2014; MRI Cabos CIIFEN-B ID- proyecto Andes 2013; REMO, Cabos CIIFEN-B ID- Proyecto Andes, 2014; PRECIS, Pabón 2012; ETA Model (Marengo et al 2012); Ensamble de modelos CMIP5; Iracema Calvacanti CORDEX-CLARISA; IDEAM, PNUD, MADE, DNP, MRREE, 2015
- OEA - CIIFEN. (2015) El cambio climático en la parte alta de la cuenca Carchi (Ecuador) - Guátara (Colombia), 2015.
- Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Departamento de Nariño, 2012-2015
- RENARD, K., F, G., W, G., M, D. et al (1997). Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the revised soil loss equation. SIISE, 2010.
- TALLIS, H.T., Ricketts, T., N, E., E, D., W, S., et al. (2010). InVEST 1.004 beta User's Guide. The Natural Capital Project, Stanford.
- THE NATURE CONSERVANCY. (2012). Fondos de Agua: Conservando la infraestructura verde. Guía de diseño, creación y operación.
- THE NATURE CONSERVANCY. (2012). Fondos de Agua: Conservando la infraestructura verde. Guía de diseño, creación y operación.
- ULLOA, R (2013). Biocorredores: una estrategia para la conservación de la biodiversidad, el ordenamiento territorial y el desarrollo sustentable en la Zona de Planificación 1. Dirección Provincial del Carchi.
- ULLOA, R. (Editor). 2013. Biocorredores: una estrategia para la conservación de la biodiversidad, el ordenamiento territorial y el desarrollo sustentable en la Zona de Planificación 1 (Carchi, Imbabura, Esmeraldas y Sucumbíos). Dirección Provincial del Ambiente de Imbabura–Coordinación Zonal 1. Mesa Técnica de Trabajo de Biocorredores. Ministerio del Ambiente del Ecuador. Conservación Internacional Ecuador y Fundación Altrópico. Ibarra, Ecuador
- VIGIAK, O., B, L., N, L.T.H., M, J. y R, A.M. (2012). Comparison of conceptual landscape metrics to define hillslope-scale sediment delivery ratio. Geomorphology 138:74–88.

- WATER, U. (2011). FONAG – Fondo para la protección del agua. Obtenido de [http://www.un.org/waterforlifedecade/green\\_economy\\_2011/pdf/session\\_4\\_biodiversity\\_protection\\_cases\\_fonag\\_spa.pdf](http://www.un.org/waterforlifedecade/green_economy_2011/pdf/session_4_biodiversity_protection_cases_fonag_spa.pdf) YU, B., R, C. (1996). A robust estimator of the R-factor for the Universal Soil Loss Equation. American Society of Agrocultural Engineers 39(2):559-561.
- ZHANG, L., H, K., D, W.R., C, F.H.S., et al. (2004). A rational function approach for estimating mean annual evapotranspiration. Water Resources Research 40:(2).

## **NORMAS Y ACUERDOS MINISTERIALES CONSULTADAS POR PAÍS:**

### **Colombia**

Ley 1753. Bogotá: D.O. 49.538. 2015  
 Constitución Política Colombiana.  
 Decreto 141. Colombia. 2011  
 Decreto Ejecutivo 1815. ECAUDOR. 2009  
 Decreto Ley 216. Colombia. 2003  
 Decreto Ley 900. Colombia. 1997  
 Ley 629.2000.  
 Ley 139. 1994  
 Ley 1450. 2011.  
 Ley 165. 1994  
 Ley 1753 DE 2015, 9 de junio de 2015. D.O. 49.538.  
 Ley 99. 1993  
 Ley 1151. 2007

### **Ecuador**

Acuerdo Ministerial 095. 2013.  
 Acuerdo Ministerial 115. 2009.  
 Acuerdo Ministerial 169. 2008.  
 Acuerdo Ministerial 128.  
 Acuerdo Ministerial 131. 2014  
 Acuerdo Ministerial 33. 2013  
 Constitución de la República del Ecuador.  
 Ley de Gestión Ambiental  
 Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre.  
 Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua.  
 Ordenanzas Municipales. Municipalidad de Piñas. 2008  
 Ordenanzas Municipales. Municipalidad del Chaco.  
 Ordenanza Municipal N°10. Ecuador. 2004  
 Texto Unificado de Legislación Secundaria TULAS Libro VI  
 Proyecto de Código Orgánico del Ambiente Oficio No. CEPBRN-SR-AN -2015-034, Asamblea Nacional, 16 Julio 2015.

### **Perú**

Ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos. 2014  
 Ley General de Medio Ambiente. Perú. 2005  
 Tratados e instrumentos de política internacional  
 Convenio sobre Diversidad Biológica en 1992



## Páginas webs consultadas:

- Dirección Nacional de Estadísticas de Colombia. [www.dane.gov.co](http://www.dane.gov.co), Departamento Administrativo Nacional de Colombia, Nariño 2015
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) [www.fao.org/geonetwork](http://www.fao.org/geonetwork)
- Centro Internacional de Referencia e Información en Suelos (ISRIC) [www.isric.org](http://www.isric.org)
- Sistema de indicadores sociales de Ecuador [www.siise.gob.ec](http://www.siise.gob.ec)
- Global climate data [www.worldclim.org](http://www.worldclim.org)
- Secretaría de Gestión de Riesgos del Ecuador o la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres de Colombia (<http://www.gestionderiesgos.gob.ec/cambios-climaticos/> y <http://portal.gestiondelriesgo.gov.co>)
- <http://www.fondosdeagua.org/es/fondo-del-agua-para-la-conservacion-de-la-cuenca-del-rio-paute-fonapa-azuay-ecuador-2008,2015>
- La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. <http://www.iucn.org/>
- [http://www.un.org/waterforlifedecade/green\\_economy\\_2011/pdf/session\\_4\\_biodiversity\\_protection\\_cases\\_fonag\\_spa.pdf](http://www.un.org/waterforlifedecade/green_economy_2011/pdf/session_4_biodiversity_protection_cases_fonag_spa.pdf), 2015)
- Programa de pago de servicios ambientales en Áreas Naturales Protegidas, <http://www.conanp.gob.mx/acciones/programa.php>



## Anexos metodológicos

### MODELOS DE PROVISIÓN DE SERVICIOS ECOSISTEMICOS InVEST

#### Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs

Para la identificación de los SE, existen distintos métodos y modelos que dependen en gran medida para su uso del alcance geográfico del estudio y los datos disponibles. En este estudio diagnóstico, se consideró que, el modelo más adecuado para estimar la provisión de algunos SE y su análisis era el InVEST (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs; Tallis and Ricketts, 2009). Este modelo corre directamente desde el menú de inicio de los distintos sistemas operativos existentes y permite cuantificar y mapear distintos SE. Una ventaja de estos modelos es que permiten estimar cantidad y valor de los SE actuales y, si se dispusiera de información suficiente, en escenarios futuros son espacialmente explícitos, es decir, que usan mapas como fuente de información y proporcionan mapas como uno de los varios tipos de resultados; ofrecen resultados en términos biofísicos (pérdida potencial de suelo por cuenca o tipo de cobertura/uso del suelo) y/o términos

económicos (costos asociados a drenaje de sedimentos en represas hidroeléctricas) y se ajustan a distintas escalas de análisis espacial.

A partir de InVEST se cuantificaron y modelaron 4 servicios ambientales: provisión de agua, retención de nutrientes, relación de distribución de sedimentos y stock de carbono. Esta aproximación permite comparar patrones espaciales de provisión de SE e identificar de forma sistémica áreas con mayor o menor pérdidas o ganancias de los distintos SE asociados a sistemas naturales y productivos.

Algunas limitaciones de las interpretaciones de los resultados de estos modelos se deben a la falta de información de campo que no está disponible en la bibliografía y se necesitaría un estudio más profundo y extenso de muestreo para poder ajustar parámetros de los modelos. Otra limitación inherente del modelo es que, en general, fue generado para relativizar y comparar cuencas entre sí en las que, por ejemplo, se diferencien notablemente los distintos usos o manejos del territorio de modo que se evidencien diferencias en términos de rangos relativos.



Sin duda, este tipo de aproximación metodológica permite poner en valor aspectos ambientales especialmente explícitos y permite considerar potenciales impactos futuros. A su vez, evidencia la necesidad de relevar información biofísica en campo y generar un trabajo interdisciplinario. El potencial ajuste de estos modelos permitiría una validación a campo y proyecciones futuras según distintos escenarios.

## MODELOS

### 1. Modelo InVEST de Provisión de agua

Este modelo estima la cantidad de agua generada por la cuenca analizada y permite identificar áreas de mayor y menor producción hídrica, según la cobertura de cada sector de la Cuenca, ya que brinda información sobre la cantidad de agua que fluye en cada unidad del paisaje. A su vez, permite estimar el balance hídrico de la cuenca y de cada tipo de cobertura considerada. Las capas de información utilizadas fueron:

- a) Precipitación (PMA): esta capa en formato ráster debe indicar la precipitación promedio anual para cada píxel. Se utilizó la base de datos de <http://worldclim.org/> [30 arc seconds precipitation (~1km)] y se comparó esta grilla con datos interpolados de la estación meteorológica del aeropuerto de San Luis provista por CIIFEN.
- b) Evapotranspiración de referencia (ETo): se utilizó la base de datos de FAO Geonetwork: "Global map of monthly reference evapotranspiration\_10arc minutes".
- c) Profundidad del suelo (PS): se utilizaron las bases de datos de FAO Geonetwork: "Digital soil map of the world" y "Effective soil depth".
- d) Fracción de contenido de agua disponible para la vegetación (fCADV): se utilizó la base de datos de

FAO Geonetwork: "Easiy available soil moisture" y para estimar la fracción se dividió el valor de la grilla por 1000.

e) Mapa de coberturas y usos del suelo (Cob): se utilizó la información proporcionada por el CIIFEN. Para poder correr los modelos, se unificaron las coberturas/usos del suelo de las dos cuencas en las 7 categorías más representativas.

Bosque Siempreverde: incluye el bosque montano alto y el del páramo.

Arbustal: incluye arbustal del páramo con el arbustal

Cultivo: incluye áreas de intervención

Herbazal: incluye herbazal inundable, subnival del páramo y frailejones

Urbano

Pastizal

Agua

f) Límites de la cuenca y las subcuencas según jurisdicción: Carchi (Ecuador) y Guaítara (Colombia). Datos provistos por CIIFEN.

g) Tabla de coeficientes biofísicos: para cada categoría de cobertura/uso del suelo definidas en e) se define la profundidad de raíces y coeficientes de evapotranspiración (Kc) (Tabla 18). La profundidad de raíces es la máxima alcanzada en mm por cada clase vegetada. Kc es el valor de evapotranspiración potencial de acuerdo a las características fisiológicas de la vegetación necesarias para modificar los valores de referencia (se basa en un cultivo de alfalfa). Se consideraron valores provistos por la bibliografía (Tallis and Ricketts, 2009).



**Tabla 18** Atributos biofísicos para el modelo de provisión hídrica.

Código	Cobertura	Profundidad de raíces (mm)	Coefficiente Kc
1	Bosque siempreverde	7300	1
2	Arbustal del páramo	5000	0.4
3	Cultivo	2000	0.65
4	Herbazal (Frailejones)	2500	1
5	Urbano	0	0.3
6	Pastizal	2500	0.65
7	Agua	0	1

**Parámetro de estacionalidad Z:** valor entre 1 y 30 que representa la estacionalidad de la precipitación en la cuenca. Para cuencas donde los eventos de lluvia se distribuyen a lo largo del año, los valores son más bajos. Para cuencas tropicales este factor toma el valor 12 (Zhang et al., 2004).

## 2. Modelo InVEST de Retención de Nutrientes

Este modelo estima la cantidad de nutrientes retenido y exportado por la cuenca analizada y permite representar la heterogeneidad de los factores claves en la producción hídrica como el tipo de suelo, la precipitación y el tipo de cobertura. Las capas de información utilizadas fueron:

- a) Modelo digital de elevación (MDE): se utilizó información provista por el CIIFEN.
- b) Precipitación (MAP): descripta previamente.
- c) Evapotranspiración de Referencia (ETo): descripta previamente.
- d) Profundidad del suelo (PS): descripta previamente.
- e) Fracción de contenido de agua disponible para la vegetación (fCADV): descripta previamente.
- f) Mapa de coberturas y usos del suelo (Cob): descripta previamente.
- g) Límites de la cuenca y las subcuencas: descriptos previamente.
- h) Tabla de coeficientes biofísicos: para las categorías de cobertura y uso del suelo, presentadas previamente, se incluyen además de los valores de la tabla 1, la carga de nutrientes a la cuenca (load) y valores de filtrado (eff) (Tabla 19). Se usaron valores de carga nitrógeno (n) (Kg x ha/año) como nutriente de referencia según la bibliografía (Tallis and Ricketts, 2009). Para los valores de filtrado se consideró la eficiencia (%) de los tipos de cobertura y uso del suelo para la retención de nutrientes según bibliografía (Tallis and Ricketts, 2009).



- i) Umbral de purificación para la cuenca se considera el valor anual crítico de carga de nitrógeno (n) en Kg/año permitido para un punto de interés. Se consideró el valor propuesto por la bibliografía (Tallis and Ricketts, 2009).

Parámetro de estacionalidad Z: descripto previamente.

Parámetro de umbral de acumulación de flujo: es el valor de la acumulación del flujo (número de celdas agua arriba que debe fluir una partícula antes de ser considerada parte de la corriente). En ausencia de represas se considera el valor por default 1000.

**Tabla 19** Atributos biofísicos para el modelo de retención de nutrientes.

Código	Cobertura	Carga n (Kg/ha/año)	Eficiencia n (%)
1	Bosque siempreverde	1.8	1
2	Arbustal del páramo	3.1	0.7
3	Cultivo	12.5	0.3
4	Herbazal (Frailejones)	3.1	0.7
5	Urbano	7	0
6	Pastizal	3.1	0.5
7	Agua	0.001	0.5

### 3. Modelo de Retención de Sedimentos/Control de la erosión

Los suelos de la cuenca tienen pendientes pronunciadas por lo cual están muy expuestos a la erosión cuando se convierte el bosque en áreas para el cultivo o el manejo del ganado. Este modelo calcula el promedio anual de pérdida de suelo por parcela, es decir, la capacidad de una parcela de tierra para retener sedimento usando datos de geomorfología, clima, vegetación y prácticas de manejo. Las capas de información que se utilizaron fueron:

- a) Modelo digital de elevación (DEM): descripta previamente.
- b) Índice de erosibilidad por lluvia (R): este índice depende de la intensidad y duración de las lluvias de la cuenca analizada que estima para cada cobertura, la pérdida potencial por erosión [MJ mm/ha h año]. Se calculó ésta capa a partir de la PMA según la bibliografía (Yu and Rosewell, 1996).
- c) Índice de erodibilidad del suelo (K): este índice estima la susceptibilidad de las partículas de suelo de ser transportadas por la lluvia [ton ha h/ha MJ mm]. Se calculó esta capa a partir de la clasificación de tipos de suelo generada por FAO (Geonetwork: "Digital soil map of the world") según la bibliografía (Renard et al., 1997).
- d) Mapa de coberturas y usos del suelo (Cob): descripta previamente.
- g) Límites de la cuenca y las subcuencas: descriptos previamente.



h) Tabla de coeficientes biofísicos: para las categorías de cobertura y uso del suelo, presentadas previamente, se consideraron factores derivados de la ecuación universal de pérdida de suelo (USLE por sus siglas en inglés), que consideran el manejo (c) y las prácticas (p) en las distintas coberturas según las curvas de nivel (Tabla 21). Se usaron factores de c y p según la bibliografía (Tallis and Ricketts, 2009).

Parámetro de umbral de acumulación de flujo: descripto anteriormente.

Parámetros de calibración  $IC_0$  y  $k_b$ : determinan la relación entre la conectividad hidrológica entre distintas coberturas de la cuenca ( $k_b$ ) y la relación de pérdida de sedimentos ( $IC_0$ ). Se consideraron los valores sugeridos según bibliografía,  $IC_0=0.5$  y  $k_b=2$  (Vigiak et al., 2012).

Valor máximo de la relación de distribución de sedimento del modelo que es función de la textura del suelo. Según Vigiak et al. (2012) este valor es 0.8.

**Tabla 20** Atributos biofísicos para el modelo de distribución de sedimentos.

Código	Cobertura	Factor de manejo (c)	Factor de pérdida (p)
1	Bosque siempreverde	0.003	0.002
2	Arbustal del páramo	0.005	0.003
3	Cultivo	0.02	0.012
4	Herbazal (Frailejones)	0.005	0.003
5	Urbano	0	0
6	Pastizal	0.01	0.005
7	Agua	0	0

#### **4. Modelo INVEST de Almacenamiento de Carbono**

Este modelo estima la cantidad de carbono almacenado en las distintas coberturas como suma del almacenamiento en distintos compartimentos como biomasa aérea, biomasa radical, suelo y materia orgánica. Permite identificar áreas con mayor y menor reservorio de carbono según la cobertura. Las capas de información utilizadas fueron:

a) Mapa de coberturas y usos del suelo (Cob): descripta previamente.

b) Tabla del contenido de carbono en los distintos compartimentos (biomasa aérea, biomasa radical, suelo y materia orgánica) para cada cobertura. Se consideraron valores estimados según la bibliografía (Tallis and Ricketts, 2009).

**Tabla 21** Almacenamiento de carbono en los compartimentos considerados en el modelo de stock de carbono (MgC/ha).

Código	Cobertura	Biomasa aérea	Raíces	Suelo	Materia orgánica
1	Bosque siempreverde	90	70	35	12
2	Arbustal del páramo	30	30	25	13
3	Cultivo	25	12	15	4
4	Herbazal (Frailejones)	25	35	30	10
5	Urbano	5	5	15	2
6	Pastizal	15	35	30	4
7	Agua	0	0	0	0

### Cálculo de Valor Total de la provisión de Servicios Ecosistémicos

Se promedió el valor de cada servicio ecosistémico (Figuras 13 a 16, Tabla 22) para cada cobertura de la cuenca y se ponderó este valor entre 0 y 1 de modo tal que los valores más bajos de provisión serían cercanos a cero y los más alto a uno (Tabla 23).

Se sumó el valor de los 4 servicios y se relativizaron respecto del valor máximo -para poder tener una lectura relativa de la provisión total entre coberturas- (Tabla 23) que permitió sintetizar la información en un único mapa (Figura 17).

80



**Tabla 22** Valor promedio de cada Servicios Ecosistémicos analizado para las coberturas presentes en la cuenca.

Cobertura	Balance hídrico	Control de la Erosión	Pérdida de Nutrientes	Almacenamiento de Carbono (Mg/ha)
Bosque siempreverde	0.62	0.01	0.12	208
Arbustal del páramo	0.37	0.015	0.21	79
Cultivo	0.33	0.025	0.8	45
Herbazal (Frailejones)	0.59	0.018	0.15	81
Urbano	0.02	0.03	0.01	21
Pastizal	0.26	0.02	0.3	68
Agua	0.1	0.01	0.01	0

**Tabla 23** Valor relativo de cada Servicios Ecosistémicos analizado para las coberturas presentes en la cuenca.

Cobertura	Balance hídrico	Control de la Erosión	Pérdida de Nutrientes	Almacenamiento de Carbono (Mg/ha)	Provisión Total de Servicios Ecosistémicos
Bosque	1.00	0.40	0.15	1.00	3.45
Arbustal del páramo	0.60	0.60	0.26	0.38	2.11
Cultivos	0.53	1.00	1.00	0.22	0.75
Herbazal	0.95	0.72	0.19	0.39	2.43
Urbano	0.03	1.20	0.01	0.10	0.92
Pastizal	0.42	0.80	0.38	0.33	1.57
Agua	0.16	0.40	0.01	0.00	1.75

La provisión total de SE se calculó como:  $SE_{Tot} = BH + (1-PS) + (1-RN)+C$

Donde BH es el balance hídrico, PS es la Pérdida de Sedimentos, RN la Retención de Nutrientes y C el Stock de Carbono total. Se tomó como cobertura de máxima provisión para relativizar el resto de las coberturas a bosques siempreverdes (ver Figura 17) que fueron los que presentaron mayores valores de provisión en todos los modelos (Tabla 22).





***SE ENCUENTRAN DISPONIBLES EN VERSIÓN ELECTRÓNICA.***

en el siguiente enlace: <http://www.oas.org/en/sedi/dsd/publications-mediacycenter.asp>

