

# Proyecto “Creación de Capacidades para la Valoración Socioeconómica de los humedales altoandinos”

Una valoración económica del almacenamiento de agua y carbono en los bofedales de los páramos ecuatorianos

La experiencia en Oña-Nabón-Saraguro-Yacuambi y el Frente Suroccidental de Tungurahua

Miguel Castro  
Unidad de Economía - EcoCiencia

Agosto 2011

Instituciones Ejecutoras



EcoCiencia es una entidad ecuatoriana, privada y sin fines de lucro, cuya misión es conservar la diversidad biológica del Ecuador mediante la investigación científica, la recuperación del conocimiento tradicional y la educación ambiental, impulsando formas de vida armoniosas entre el ser humano y la naturaleza. Wetlands International es una organización global que trabaja para mantener y restaurar los humedales y sus recursos para las personas y la biodiversidad. Es una organización independiente sin fines de lucro, global, con el apoyo una membresía gubernamental y de ONG de todo el mundo.

Este documento ha sido realizado en el Marco del proyecto: "Creación de Capacidades para la Valoración Socioeconómica de Humedales Altoandinos", ejecutado por EcoCiencia, con el apoyo de Wetlands International y su Proyecto Humedales y Medios de Vida, financiado por el Ministerio de Asuntos Exteriores del Reino de los Países Bajos (DGIS), en alianza con la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), el Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE) y la Mancomunidad de Municipios del Frente Suroccidental de Tungurahua.

**Coordinadora:** Adriana Flachier

**Economista:** Miguel Castro A.

**Equipo de trabajo:**

Marjorie Villarroel

(Componente Acuático)

Fabián Saltos

(Componente Geográfico)

Esteban Gortaire

(Componente Botánico)

María José Calderón

(Asistencia y Componente Acuático)

**Revisión y edición:**

Patricio Mena Vásconez

**Fotografía:**

© 2010 Marjorie Villarroel  
EcoCiencia

**Diseño y diagramación:**

Nadia Hidalgo

**Imprenta:**

Libro / Integraf

Mapas / Gráficas Ortega

**Sugerimos citar este**

**texto de la siguiente manera:**

Castro, M. 2011. Una valoración económica del almacenamiento de agua y carbono en los bofedales de los páramos ecuatorianos - la experiencia en Oña-Nabón-Saraguro-Yacuambi y el Frente Suroccidental de Tungurahua. EcoCiencia / Wetlands International / UTPL / MAE. Quito.

**Esta publicación está disponible en las oficinas de EcoCiencia:**

Pasaje Estocolmo E2-166 y

Av. Amazonas (Sector El Labrador)

Quito, Ecuador

info@ecociencia.org

www.ecociencia.org

T. (593-2)-2410781 / 791

**ISBN:** 978-9942-9984-4-6

**Derechos de autor:** 035711



# CONTENIDO

<b>ABREVIATURAS</b> .....	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>3</b>
<b>OBJETIVOS DEL ESTUDIO</b> .....	<b>5</b>
Objetivo general .....	5
Objetivos específicos .....	5
<b>BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS ÁREAS DE ESTUDIO</b> .....	<b>7</b>
Sitio piloto 1: : Oña-Nabón-Saraguro-Yacuambi .....	7
Aspectos biofísicos y paisajísticos .....	7
Condiciones geográficas y clima .....	9
Descripción y biodiversidad de los bofedales .....	10
Hidrografía .....	11
Sitio piloto 2: Frente Suroccidental de Tungurahua .....	12
Aspectos biofísicos y paisajísticos .....	12
Condiciones geográficas y clima .....	13
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>14</b>
Los humedales y las causas de la infravaloración de sus recursos .....	14
La valoración económica de los humedales como herramienta para promover mejores decisiones y un uso sustentable .....	15
Valor Económico Total .....	16
Valoración económica de los humedales .....	18
Marco analítico para la valoración de los humedales .....	18
<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	<b>22</b>
Servicio ambiental de provisión de agua .....	22
Servicio ambiental de almacenamiento de agua en el suelo .....	27
Servicio ambiental de almacenamiento de carbono en el suelo .....	28
<b>RESULTADOS</b> .....	<b>29</b>
Costo de oportunidad .....	29
Oferta hídrica disponible en la zona Oña-Nabón-Saraguro-Yacuambi .....	30
Frente Suroccidental de Tungurahua .....	31
Valor del Servicio Ambiental Provisión de Agua Oña-Nabón-Saraguro-Yacuambi .....	32
Frente Suroccidental de Tungurahua .....	32
Valor del Servicio Ambiental Almacenamiento de Agua en el suelo de los bofedales Oña-Nabón-Saraguro-Yacuambi .....	33
Frente Suroccidental de Tungurahua .....	34
Valor del servicio ambiental de almacenamiento de carbono en el suelo de los bofedales Oña-Nabón-Saraguro-Yacuambi .....	35
Frente Suroccidental de Tungurahua .....	36
Integración del valor de los servicios ambientales analizados .....	37
<b>DISCUSIÓN</b> .....	<b>39</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>43</b>
<b>REFERENCIAS BOBLOGRÁFICAS</b> .....	<b>45</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>49</b>
Anexo ONSY 1. Precipitación media mensual (mm), según las estaciones de Nabón y Oña .....	49
Anexo ONSY 2. Parámetros para valoración del SA de provisión de agua .....	50
Anexo ONSY 3. Parámetros para la valoración del SA de almacenamiento de agua .....	50
Anexo ONSY 4. Parámetros para valoración de SA de almacenamiento de carbono .....	51
Anexo ONSY 5. Integración de valores .....	51
Frente Suroccidental de Tungurahua .....	52
Anexo FSOT 1. Parámetros para valoración de SA de provisión de agua .....	52
Anexo FSOT 2. Parámetros para valoración de SA de almacenamiento de agua .....	52
Anexo FSOT 3. Parámetros para valoración de SA de almacenamiento de carbono .....	54
Anexo FSOT 4. Integración de valores .....	55

---

## ABREVIATURAS

**AP** • — Áreas Protegidas

**CC** • — Cambio climático

**DAP** • — Disposición al pago

**FSO** • — Frente Suroccidental

**GEI** • — Gases de Efecto Invernadero

**PSA** • — Pago/Compensación por Servicios Ambientales

**REDD** • — Reducción de Emisiones de Deforestación y  
Degradación de Bosques

**SA** • — Servicio ambiental

**SAH** • — Servicios ambientales hídricos

**VET** • — Valor Económico Total

---

# INTRODUCCIÓN

EcoCiencia, coordinadora en el Ecuador del Proyecto Páramo Andino (PPA),<sup>1</sup> en alianza con la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL) y con el apoyo del Ministerio de Ambiente del Ecuador (MAE), desarrollaron el proyecto Creación de Capacidades para la Valoración Socioeconómica de los Humedales Altoandinos en el marco de la Estrategia Regional de Humedales Altoandinos.

El proyecto, a través de una valoración económica, tiene como meta capacitar y crear conciencia en los/as tomadores/as de decisiones socioambientales, incluyendo técnicos/as y profesionales municipales, sobre las funciones y los valores de los humedales altoandinos.

Por su parte, la Estrategia Regional de Humedales Altoandinos pretende “promover la conservación y el uso sostenible de los humedales altoandinos a través de la implementación de un proceso de gestión regional de largo plazo entre los países involucrados (Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador, Perú y Costa Rica) a fin de mantener los bienes y servicios que ellos prestan, y reducir los impactos y amenazas existentes”. La estrategia nació de la necesidad de conservar los humedales altoandinos, muy importantes por los servicios que presta, ante el evidente y acelerado deterioro que están sufriendo y el escaso conocimiento sobre su funcionamiento.

Los objetivos de la estrategia relevantes al proyecto son los siguientes:

- Completar y mejorar el conocimiento científico y técnico de los humedales altoandinos y otros ecosistemas funcionalmente asociados, para apoyar su conservación y uso sostenible.
- Promover la conservación, manejo y uso sostenible de los recursos naturales y culturales de los humedales altoandinos y los bienes y servicios asociados a estos, a través de una adecuada gestión.
- Fortalecer procesos de educación y comunicación para lograr el incremento de la conciencia pública sobre la importancia y el valor de los humedales altoandinos.

La implementación de esta iniciativa cuenta con el apoyo de Wetlands International dentro del programa WLP 2009-2010.

El proyecto se inserta dentro del Objetivo 1.4 de dicho programa, cuyos resultados esperados son los siguientes:

- a. Capacitación y creación de capacidades en los responsables de la toma de decisiones ambientales sobre los humedales altoandinos, incluyendo técnicos/as y profesionales municipales, en materia de valoración socioeconómica de los humedales.
- b. Apoyo al desarrollo de estudios de valoración socioeconómica en dos sitios de humedales altoandinos.
- c. Documentación de la función de los humedales altoandinos en el suministro/regulación de agua, almacenamiento de carbono y adaptación al cambio climático; promover la consideración de los valores y funciones de los humedales dentro del sector gubernamental no ambiental y el sector privado.

1 El Proyecto Páramo Andino tiene como objetivo aportar a la conservación integral del ecosistema en Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú. Es coordinado a escala regional por Condesan y las agencias nacionales en los cuatro países son respectivamente la Universidad de Los Andes, el Instituto Alexander von Humboldt, EcoCiencia y el Instituto de Montaña.

# OBJETIVOS DEL ESTUDIO

## OBJETIVO GENERAL

Valorar los servicios ambientales de agua y almacenamiento de carbono de los bofedales de los humedales de dos sitios piloto: 1) Oña-Nabón-Saraguro-Yacuambi (provincias de Azuay, Loja y Zamora Chinchipe) y 2) Frente Suroccidental (provincia de Tungurahua).

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

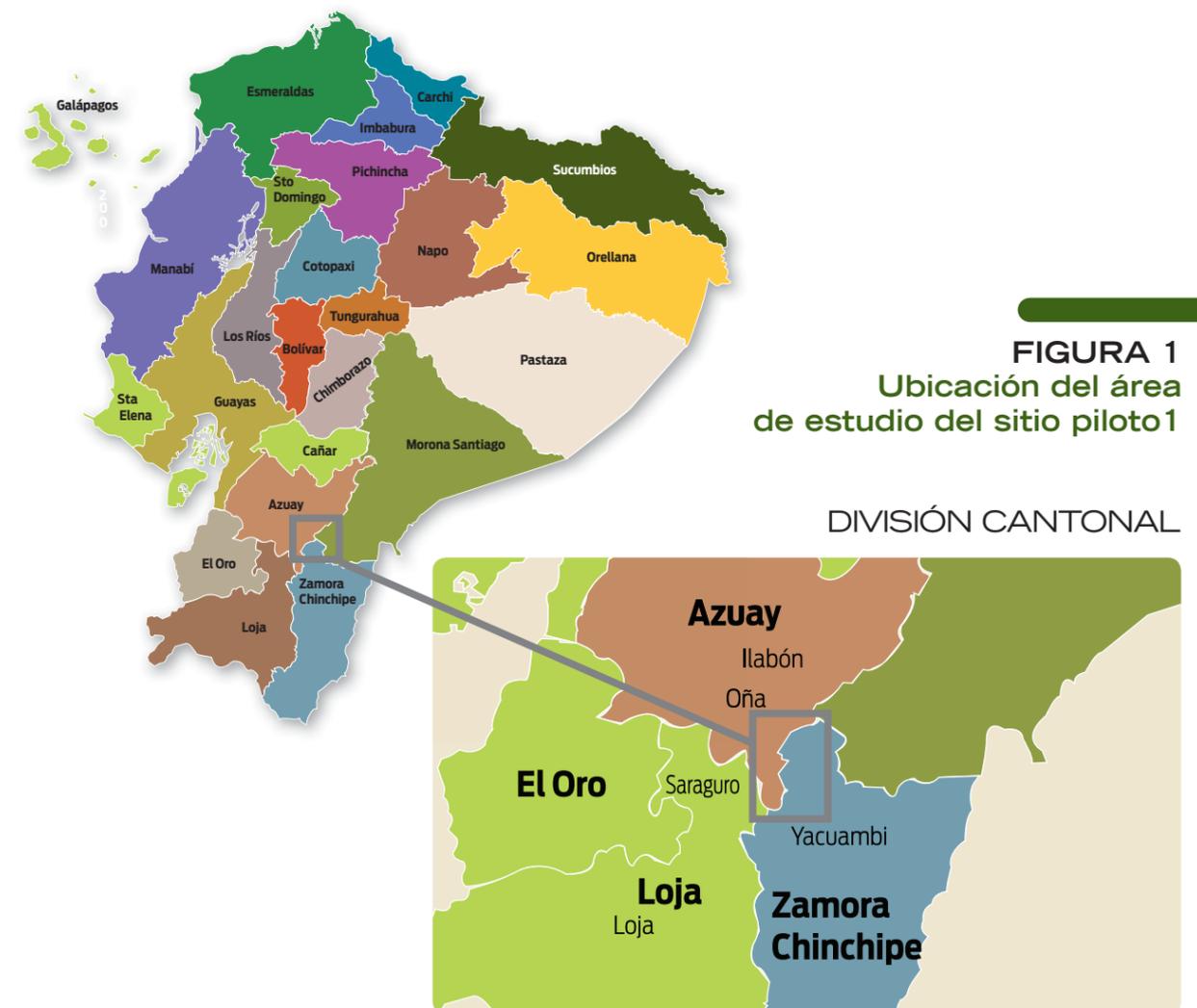
- 1• Identificar los parámetros e información clave que se requiera para la valoración económica.
- 2 • Utilizar la metodología más apropiada con el fin de realizar la valoración económica del agua y el almacenamiento de carbono en los bofedales de los sitios pilotos.

# BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS ÁREAS DE ESTUDIO

Sitio piloto 1: Oña-Nabón-Saraguro-Yacuambi

## Aspectos biofísicos y paisajísticos

**E**l área de estudio corresponde a los páramos (Luteyn 1999; Medina y Mena 2001) y humedales (Mitsch et al. 2009) altoandinos de los cantones de Nabón y Oña (provincia de Azuay), Saraguro (provincia de Loja) y Yacuambi (provincia de Zamora Chinchipe). La superficie del área estudiada es de 932 km<sup>2</sup>, de los cuales 56% pertenece al cantón Yacuambi, y 21% y 17% a los cantones de Oña y Nabón respectivamente. El resto de la superficie (casi 6%) corresponde al cantón Saraguro<sup>2</sup> (Santos, 2010a; Figura 1).



**FIGURA 1**  
Ubicación del área de estudio del sitio piloto 1

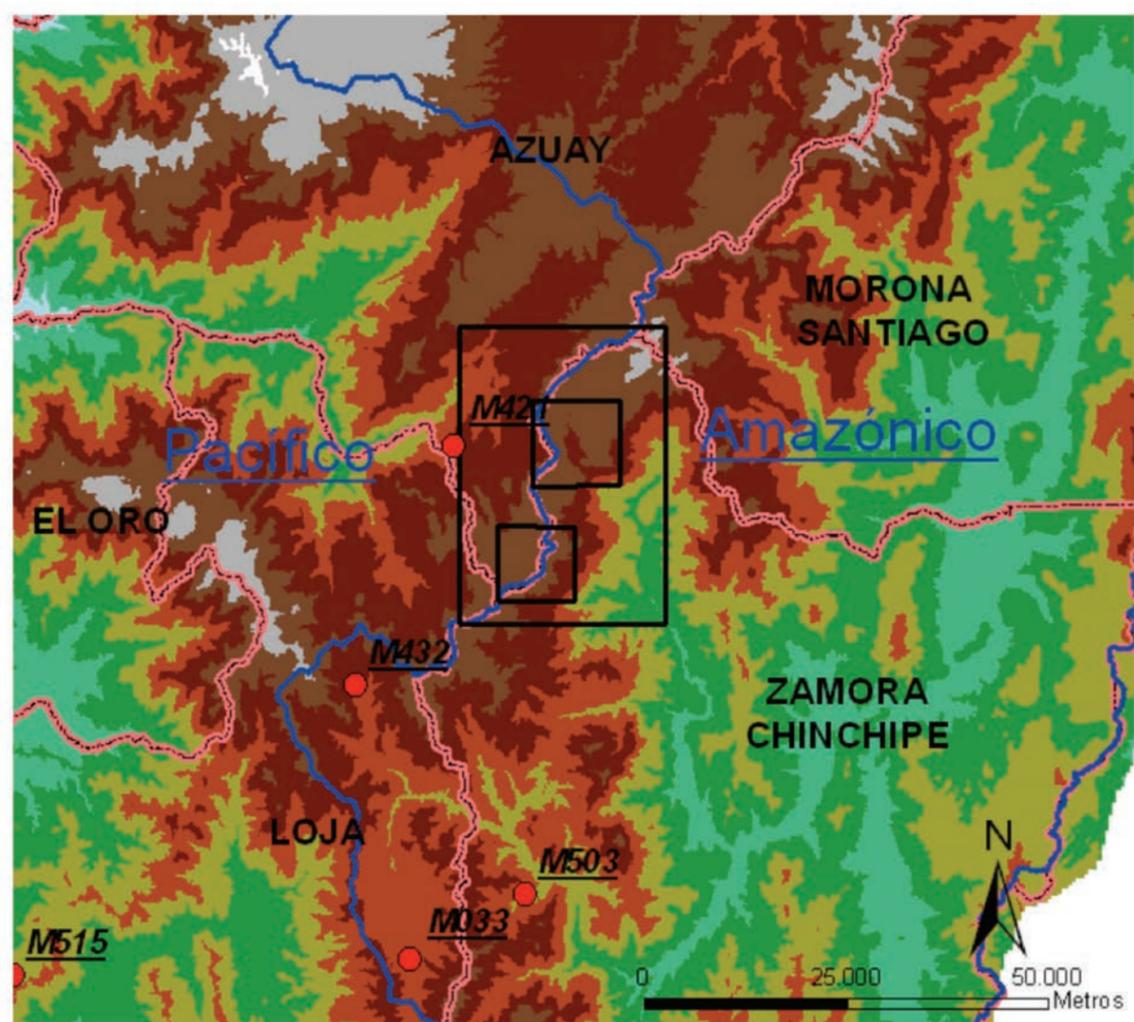
DIVISIÓN CANTONAL

<sup>2</sup> Una extensión muy pequeña en la esquina superior derecha del rectángulo (y que no entra en el análisis) corresponde al cantón Gualaquiza de la provincia de Morona Santiago.

Del sector total de estudio, que es el rectángulo principal, se seleccionaron específicamente dos zonas de interés por considerarse con presencia potencial de bofedales.<sup>3</sup> El primer sitio corresponde al sector de Tres Lagunas (87 km<sup>2</sup>) al sur y el segundo sitio corresponde al sector del río Shincata (113 km<sup>2</sup>) al norte (Figura 2).

El relieve es bastante heterogéneo, con una variabilidad altitudinal que va desde los 1.000 m (zona del río Tutupali) hasta los 3.782 m (zona Tres Lagunas). Los ríos describen cursos meándricos y se observan numerosos complejos de lagunas y humedales. En la zona de estudio existen diversos tipos de coberturas vegetales, entre las que se encuentran arbustales montanos, bofedales (almohadillas y *Neurolepis*), bosques (altimontanos, intermedios y de pinos), pajonales y suelos descubiertos. También existen varios cuerpos de agua (lagunas). En extensión y proporcional a la superficie, las formaciones mencionadas corresponden a la siguiente distribución (Santos, 2010a figura 2).

**FIGURA 2**  
Zonas específicas de estudio con presencia potencial de bofedales



## Condiciones geográficas y clima

Lo mismo sucedería con la estación de San Lucas M432 para la vertiente del sistema hídrico amazónico. Sin embargo, es difícil concluir sobre las condiciones climáticas del área de estudio pues gran parte se encuentra en una cumbre, que constituye una serie de planicies (Tres Lagunas, bajos del río Shincata, Gulag), con numerosas rocas y delimitada por filos (Bermejós, Gulag, Mishquiyacu) y cerros en la divisoria de aguas entre los sistemas hídricos amazónico y pacífico. Por estas condiciones, es posible que la humedad en el sector sea mucho mayor a lo mostrado por estas estaciones y que no solo habría aportes de las lluvias sino también de la neblina y la llovizna (precipitación horizontal) (Santos, 2010a).

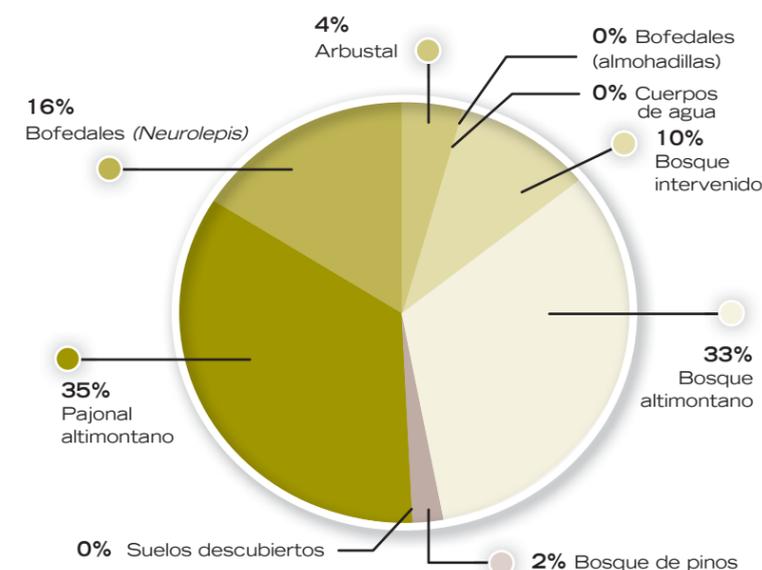
El régimen de lluvias marca que para ambas estaciones el mes de marzo es el más lluvioso, mientras que julio es el de menor precipitación en la estación de Nabón y agosto en la estación de Oña. El promedio anual de precipitaciones es de 741 mm/año para Nabón y 505 mm para la estación de Oña (MAE et al., 2009). (Para mapa detallado de las coberturas vegetales remitase al mapa adjunto).

Las coberturas vegetales dominantes (Figura 3) en el área de estudio son el pajonal, el bosque andino y el bosque pluvial con el 71%<sup>4</sup> de la superficie total del área de estudio. Por otro lado, los bofedales tienen una extensión de 218 ha y representan apenas el 0,2% en superficie. Sin embargo, su función en la regulación del ciclo hidrológico es importante en el ecosistema paramuno (Céleri, 2009).

Las presiones observadas incluyen la quema del páramo, el avance de la frontera agrícola, la minería (existen yacimientos de oro), la compactación del suelo por ganadería, la cacería, los desbanques por construcción de carreteras (vía Urdaneta-Yacuambi), la siembra de pino, entre otras (Santos, 2010a). A pesar de ello, dichas presiones todavía no han alterado los bofedales de la zona de estudio, los cuales están identificados como vegetación natural; por ello, su funcionamiento para la provisión de los servicios ambientales hídricos parece ser adecuado.

En los alrededores de la zona de estudio existen dos estaciones del INAMHI disponibles; la estación de Oña M421 podría representar las condiciones climáticas que se tendrían en la vertiente del sistema hídrico del Pacífico del área de estudio.

**FIGURA 2**  
1. Distribución de coberturas vegetales en la zona de estudio



<sup>3</sup> Para una discusión sobre el término "bofedal", no muy conocido en nuestro país, véanse Izurieta (2004), Prieto et al. (2002) y Cuesta-Camacho et al. (2007). En términos generales, el término se usa más en Bolivia, Chile y Perú. En el Ecuador han sido conocidos más como "turberas" o "almohadillales". Se considera que el término "bofedal" es técnicamente más apropiado.

## Descripción y biodiversidad de los bofedales

**E**n la zona de estudio de Tres Lagunas, en el ecosistema páramo (a más de 3.300 m) donde se realizaron los muestreos para identificar los bofedales, se encontraron 24 especies, agrupadas en 22 géneros y 14 familias, incluyendo un líquen, ocho briofitas y 15 magnoliofitas. Las familias más importantes según el número de especies fueron: Poaceae, Cyperaceae y Jungermanniaceae con: 4, 3 y 3 especies respectivamente. Según

la abundancia relativa, las familias más importantes fueron Plantaginaceae, Poaceae, Xyridaceae y Bartramiaceae con 38,4%, 18,4%, 10,5% y 6,4% respectivamente (Gortaire, 2010a).

Todas las especies de briofitas pertenecen a bofedales y son indicadoras de humedad y de calidad ambiental buena. De igual manera, los líquenes son indicadores de calidad ambiental buena. La dominancia alta de pocas especies en la zona de estudio indica que existe un ecosistema homogéneo (Gortaire, 2010a). Concretamente, los bofedales identificados fueron ubicados en los alrededores de las lagunas y clasificados según las especies dominantes y estado de sucesión, además de determinar su pertenencia al sistema de Bofedal Altimontano Paramuno en una zona de transición entre los Andes Centrales y los Andes del Norte (Beltrán et al. [2009], Josse et al. [2009], Pulgar et al. [2010], citados en Gortaire [2010a, b]).

Los bofedales de Tres Lagunas y Laguna Grande presentan características de ecosistemas maduros y secundarios, y están ubicadas en las zonas más altas de la cordillera, perteneciendo a los Bofedales Altimontanos Paramunos. La presencia de las formas de vida en bambú y almohadillas asociadas a musgos caracteriza a los bofedales de Tres Lagunas y Laguna Grande. Las formas de vida dominante son: almohadilla, errante y hierba erecta. El estado de conservación de los bofedales es bueno según la cobertura total alta de vegetación y contacto de individuos con agua. La diversidad de cada bofedal es la más baja en cuanto a la riqueza y dominancia en comparación con bofedales de localidades de Jimbura y Amaluza al sur de Loja<sup>5</sup> (Gortaire, 2010a).



## Hidrografía

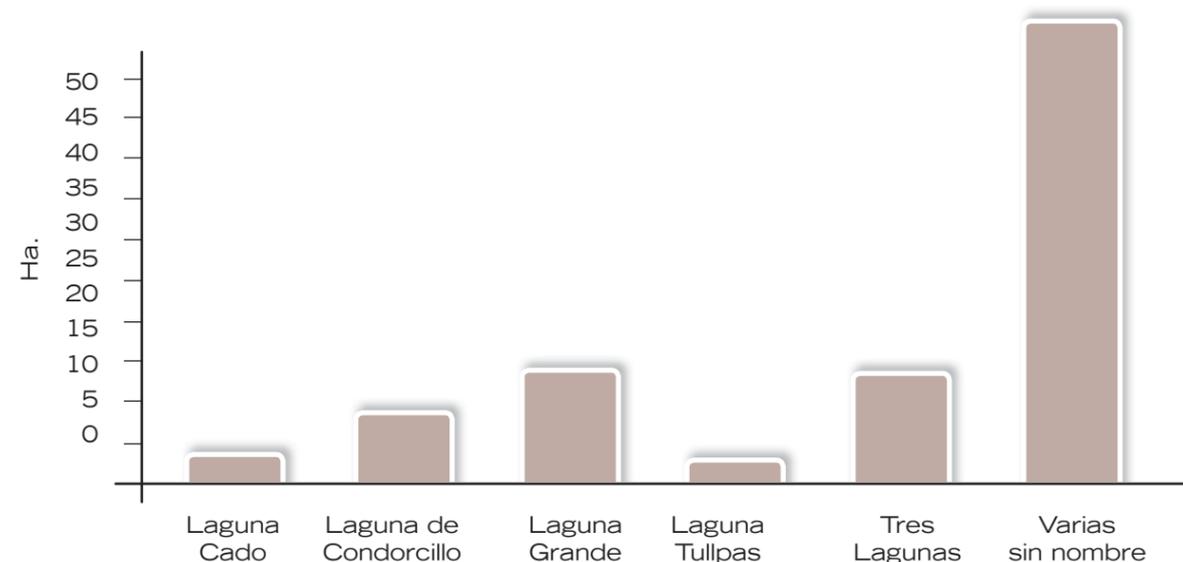
**P**or el área atraviesa una importante divisoria de aguas que divide la cordillera andina en el sistema hídrico amazónico, perteneciendo a éste la cuenca del río Santiago, y en el sistema hídrico del Pacífico, al cual pertenece la cuenca del río Jubones. Entre los ríos importantes presentes están Tutupali, Zabala, Yacunchigarri, Garcelán, Cachihuaycu, León, Negro, Ingenio, Yanahurcu, Udushapa, Oña, Betas, Shincata y Chalcay. Además, existe un importante sistema de lagunas como Tres Lagunas, Grande, Condorcillo, Tullpas y Cado; existen otras lagunas sin nombre de menor extensión (Santos, 2010a).

La extensión de los ríos de primer orden para el sector de estudio es notable, por lo cual se puede concluir que la zona cumple con una importante función en la generación de agua. Asimismo, la presencia de complejos de lagunas permite el almacenamiento en superficie (Santos, 2010a) y la existencia de los bofedales permite el

almacenamiento en la formación vegetal y en el suelo. La superficie total ocupada por las lagunas es de 86,3 ha. De esta superficie la mayor proporción está distribuida entre varias lagunas pequeñas sin nombre (Gráfico 2).

No obstante, las presiones por el avance de la frontera agrícola, la siembra de pinos, las quemas, el pisoteo de ganado y la actividad minera están degradando varias microcuencas en el sector de estudio. El área de drenajes menores del río Santiago se encuentra muy degradada. Los ríos presentes en esta microcuenca son el Tutupali y el Garcelán. Otras microcuencas en proceso de degradación son la de los ríos Yacunchingare, Cachihualcu, Casaturo, Zabala, Manzanilla y Oña, por nombrar algunos. Es importante indicar que la construcción de la vía Urdaneta - Yacuambi generará un fuerte impacto sobre el sector de las lagunas y de los bofedales, que aún conservan sus características ecológicas (Santos, 2010a).

**GRÁFICO 2**  
Superficie de las lagunas de la zona de estudio



<sup>5</sup> Jimbura y Amaluza corresponden a las zonas de estudio del anterior proyecto de Humedales AltoAndinos (Flachier et al., 2009), por lo que es pertinente la comparación.

# SITIO PILOTO 2: FRENTE SUROCCIDENTAL DE TUNGURAHUA

## Aspectos biofísicos y paisajísticos

El sector de estudio corresponde a los páramos y a los humedales altoandinos de los cantones Tisaleo, Mocha, Quero y Cevallos, parte de la Mancomunidad del Frente Suroccidental en la provincia de Tungurahua. De igual manera se encuentra dentro de la zona de estudio el cantón Guano de Chimborazo y parte de la Reserva de Producción

Faunística Chimborazo. La superficie del sector de estudio es de 602,57 km<sup>2</sup>. Del sector total de estudio, que es el rectángulo ubicado en el sur de Tungurahua, se realizaron muestreos de campo para información botánica, calidad de agua y características de bofedales en cuatro zonas de interés por existir presencia potencial de bofedales (Figura 4).



**FIGURA 4**  
Ubicación del área de estudio del sitio piloto 2

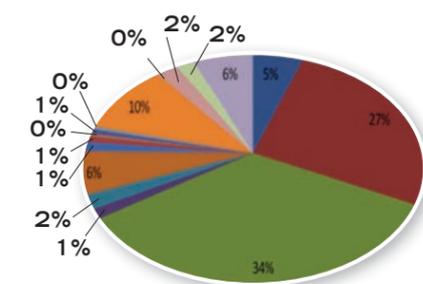
Fuente: Santos (2010b)

## Condiciones geográficas y clima

El relieve es bastante heterogéneo, con una variabilidad altitudinal que va desde los 1,689 m hasta los 6,400 (Volcán Chimborazo). En la zona de estudio existen diversos tipos de coberturas vegetales, entre las que se encuentran

arbustales, bosques altoandinos, bofedales, nieve, eriales, y zonas intervenidas. En extensión y proporcional a la superficie, las formaciones mencionadas corresponden a la siguiente distribución (Gráfico 3):

**GRÁFICO 3**  
Distribución de coberturas vegetales en la zona de estudio



- Sombras / Nubes
- Eriales suelos arenales
- Arbustales Matorrales
- Bofedales
- Bofedales
- Bosque
- Pajonal / Bosque
- Intervenido
- Nieve
- Arbustales Matorrales / Bosque
- Bofedales / Bosque
- Bofedales / Vegetación
- Geliturbada
- Pajonal

Las coberturas dominantes en el área de estudio son las zonas intervenidas (agricultura, ganadería y zonas urbanas) y los eriales, los suelos descubiertos y los arenales. Con respecto a las coberturas vegetales, las principales son: pajonal altimontano y montano paramuno, bosques altimontanos y arbustales bajos y matorrales (Santos, 2010b).

Por otro lado, los diferentes tipos de bofedal tienen una extensión de 1.971 ha y representan sólo un 3,3% en superficie. Sin embargo, su función en la regulación del ciclo hidrológico es importante en el ecosistema paramuno (Céleri, 2009). Las presiones observadas van desde la quema del páramo, el avance de la frontera agrícola, la compactación del suelo por ganadería, la cacería, los desbanques por construcción de carreteras y la siembra de pino, entre otras (Santos, 2010b). A pesar de ello, dichas presiones todavía no han alterado los bofedales de la zona de estudio, los cuales están identificados como vegetación natural; por ello, su funcionamiento para la provisión de los servicios ambientales hídricos es adecuado. (Ver plegable adjunto).

El clima de la zona corresponde en su mayoría a clima de páramo. Concretamente, en Pampas de Salasaca el clima que predomina permite apreciar las condiciones de humedad imperantes. Las temperaturas se encuentran en rangos bajos, siendo la media 10°C, el mínimo 3°C y el máximo 18°C. En el páramo de Sachaguayco, durante el día, las variaciones de temperatura en las mañanas no son muy amplias, mientras que al medio día y la tarde es de

10 a 12 °C, en la noche la temperatura disminuye de 8 a 0°C, dependiendo del enfriamiento y pérdida de calor en los diferentes meses del año y se ve afectado esencialmente por las heladas (FSO, 2009).

# MARCO TEÓRICO

## Los humedales y las causas de la infravaloración de sus recursos

Los humedales (Mitsch et al., 2009) son recursos plurifuncionales que suministran productos importantes (agua, leña, plantas silvestres, etc.) que son comercializados o no, y cumplen funciones para usos de subsistencia. También desempeñan un número elevado de funciones ecológicas que sustentan la actividad económica; estas no son comercializadas o monetizadas, ya que el apoyo a la actividad productiva es indirecto. Por esta razón, dichas funciones ecológicas no suelen ser valoradas. La dificultad para el reconocimiento de los valores de los humedales radica en que algunos servicios ambientales, recursos biológicos y valores recreativos poseen las cualidades de lo que se denomina un bien público o un bien común (CPR por sus siglas en inglés); como tales, suelen ser percibidos como gratuitos (Barbier et al., 1997; de Groot et al., 2007)

Más allá de esta problemática, la dificultad radica también en que algunos usos de los humedales compiten entre sí (por ejemplo: se destina un manglar para camaróneras o se lo conserva como tal para tener un soporte frente a inundaciones). Así, existen conflictos e incompatibilidades intrínsecos entre muchos usos de los humedales, inclusive cuando se mantienen en un estado relativamente natural. A lo anterior se añade otra dificultad: los conflictos de intereses de diferentes actores e interesados en los bienes y servicios de los humedales, los que se encuentran con frecuencia en escalas geográficas distintas (Barbier et al., 1997; Turner

et al., 2000; Hein et al., 2006)

Otro motivo para la infravaloración de los humedales es el régimen de propiedad que rige el acceso a éste y su utilización; por ejemplo, si son de libre acceso sin normas (formales o informales) que regulen su explotación, se tiende a la sobreexplotación del recurso con valores de uso bajos, y en detrimento de los otros bienes y servicios que el humedal provee. A lo anterior también se añade la débil definición de la propiedad en ciertos humedales, ya que con frecuencia los sistemas de humedales no tienen límites naturales claros y éstos no suelen coincidir con los límites administrativos; esto lleva a que no puedan delimitarse fácilmente las responsabilidades de los organismos gubernamentales (Barbier et al., 1997; de Groot et al., 2007).

La distribución desigual de costos y beneficios influye también en la baja valoración de los humedales: normalmente los beneficiarios de un servicio ambiental del humedal no son quienes cargan con el costo de su conservación. Esto se manifiesta cuando se piensa en la conversión de una zona de humedal con el fin de generar producción y empleo, ya que dicha conversión permitiría crecimiento económico regional y local, y con ello se generarían puestos de trabajo para la gente de la zona del humedal. No obstante, las funciones ecológicas del humedal y sus bienes y servicios de libre acceso se perderían. Por ello, la conservación impone costos locales para la gente de la zona cercana al humedal, la que ve limitado su crecimiento económico y el acceso a empleo,

a cambio de los beneficios generados para gente que a veces incluso se encuentra en otras escalas geográficas y no sobrelleva estos costos de manera directa (Barbier et al., 1997; de Groot et al., 2007).

Las externalidades se refieren a que los mercados no reflejan a través del precio todos los costos o beneficios sociales de un cambio en la disponibilidad de un bien o servicio. Esta falla del mercado, con los incentivos impropios, también contri-

buye a distorsionar la valoración de un humedal. Por ejemplo, a través de un esquema de incentivos agrícolas se puede propiciar la expansión ganadera a tierras de humedales para mayor producción de la gente local, pero el incentivo creado motiva la conversión y destrucción del humedal; los precios de los productos ganaderos que se darán no incorporarán todos los costos (externalidades) de la destrucción del sistema natural (de Groot et al., 2007).

## La valoración económica de los humedales como herramienta para promover mejores decisiones y un uso sustentable

Para adoptar mejores decisiones en relación con el uso y la gestión de los servicios de los ecosistemas de humedales, debe evaluarse su importancia para la sociedad humana. Habida cuenta de los múltiples servicios y valores de los diferentes humedales, muchos interesados directos (y diferentes) participen en el uso de los humedales, lo cual provoca conflictos de intereses y la sobreexplotación de algunos servicios a expensas de otros (de Groot et al., 2007).

Cabe recalcar que los servicios ambientales (o servicios ecosistémicos) son los beneficios que obtenemos los seres humanos de los ecosis-

temas (MA, 2005). Las sociedades, las empresas y los individuos se proveen de dichos servicios; sea a través de materia primas, flujos hídricos para consumo humano o industria, hasta aquellos servicios más indirectos como la regulación climática, regulación hídrica, limpieza de contaminantes (UNEP, 2008).

Al existir varios defectos estructurales en la contabilidad económica y en los procesos de adopción de decisiones que se traducen en análisis incompletos de costos y beneficios de intervenciones en los sistemas de humedales, estos ecosistemas se encuentran aún infravalorados y sobreexplotados. Sin embargo, cada

vez existe mayor conciencia de que el uso sostenible y multifuncional de los humedales no sólo es más apropiado desde el punto de vista ecológico sino también que es más beneficioso económicamente, tanto para las comunidades locales como para la sociedad en su conjunto (de Groot et al., 2007; Balmford et al., 2002).

Para asegurar una adopción de decisiones más equilibrada, es crucial que se reconozca todo el valor de los humedales, incluyendo aquellos va-

lores no comerciales. Para ello, la valoración económica permite medir los beneficios de los servicios ambientales brindados por los humedales con la finalidad de facilitar y mejorar si gestión y uso racional (Barbier et al., 1997). La valoración económica debe ser vista como uno de los elementos claves en el proceso de toma de decisiones sobre un humedal, conjuntamente con las consideraciones ambientales, políticas, culturales y sociales (Stolk et al., 2006).

## Valor Económico Total

**E**l marco para diferenciar y clasificar los valores de los humedales lo constituye el concepto de Valor Económico Total (VET), que es el agregado de todos los valores que se generan de la interacción de las preferencias de los individuos con los diversos servicios provistos por un bien (Bateman et al., 2003). En general, el valor económico de incrementar (o preservar) una cantidad de un bien o servicio se define como cuánto están los individuos dispuestos a renunciar de otros recursos para obtener este incremento o *status quo* (Turner et al., 2000)

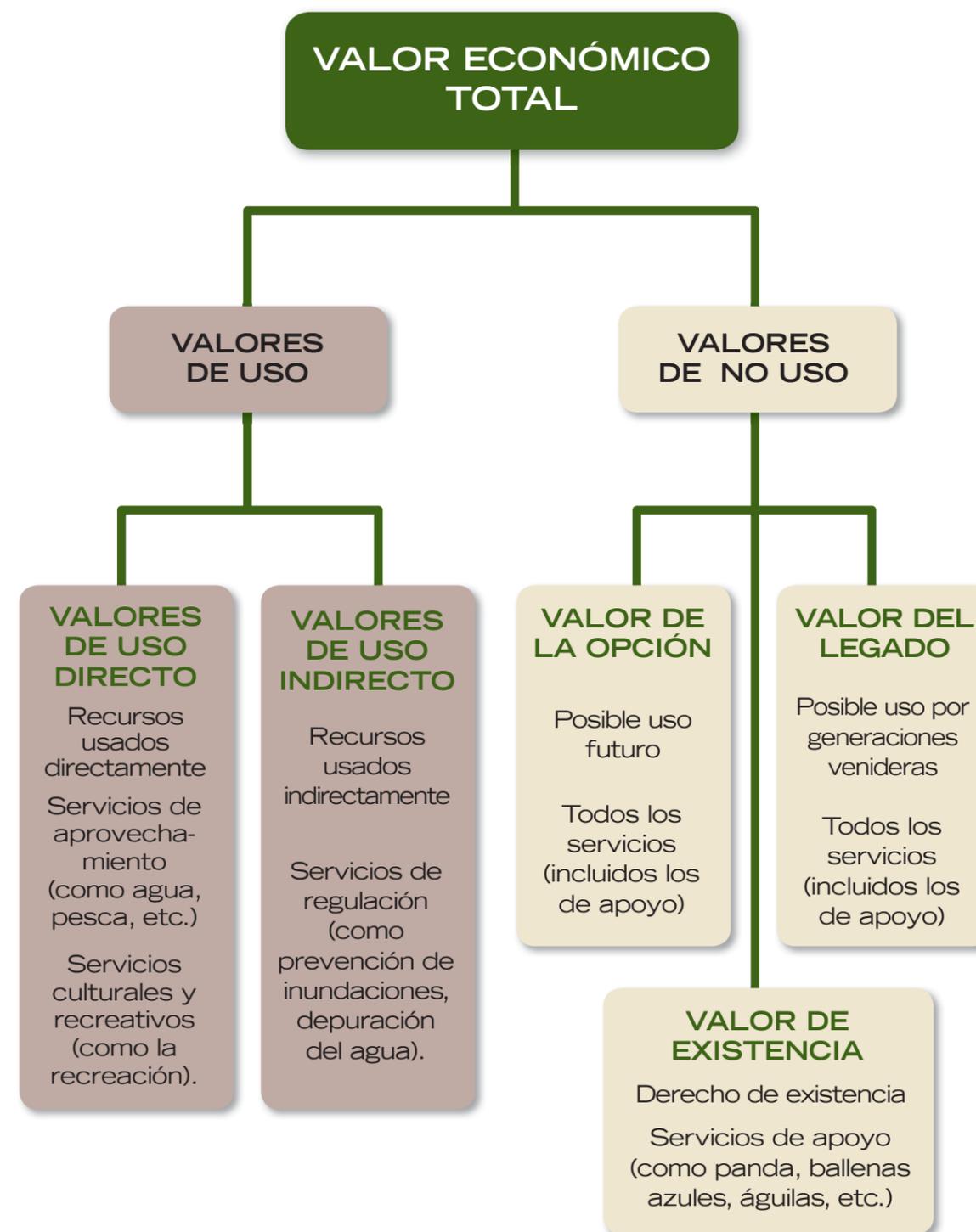
Así, el VET se compone de valores de uso y no uso: los primeros suponen una interacción del ser humano con el recurso, o sea, un uso real del medio ambiente; es en éstos donde se ha concentrado mayoritariamente el análisis económico. Los segundos son aquellos valores actuales y venideros (potenciales) relacionados con un recurso ambiental que descansan únicamente en su existencia continua y no tienen que ver con su utilización (Pearce y Turner, 1995; Bateman et al., 2003; Barbier et al., 1997)

A su vez, los valores de uso se dividen en directos e indirectos. Los valores de uso directos se obtienen

principalmente de bienes que se pueden extraer, consumir o disfrutar directamente; por ello se les conocer también con el nombre de extractivos, consuntivos o estructurales (de Groot et al., 2007). Estos bienes pueden ser comerciales –y por ello el valor que generan puede estar basado en precios de mercado– o no comerciales, pero que generan un beneficio para su usuario así no exista un precio monetario presente para acceder a éste (Bateman et al., 2003; Barbier et al., 1997).

Los valores de uso indirecto son aquellos no extractivos, o conocidos como funcionales, los cuales se obtienen principalmente de los servicios que genera el ambiente, es decir, de las funciones ecológicas reguladoras. Estos valores se derivan del sustento o protección que dan a actividades económicas, tanto de producción como de consumo, o a poblaciones. No obstante –como esta contribución no se comercializa ni se remunera (y sólo se relaciona indirectamente con las actividades económicas)– estos valores de uso indirecto son difíciles de cuantificar y no suelen estar presentes en las decisiones de manejo/gestión de un recurso (Barbier et al., 1997; de Groot et al., 2007).

FIGURA 5  
Valor Económico Total y sus componentes



Fuente: modificado de de Groot et al. (2007)

## Valoración económica de los humedales

### Marco analítico para la valoración de los humedales

Dentro del valor de uso se encuentra el valor de opción, el cual nace cuando un individuo decide valorar un recurso para un uso futuro para sí mismo. O sea, el individuo mantiene la opción de aprovechar el recurso en una fecha posterior. Por otro lado, los valores de no uso se obtienen de los beneficios que puede proporcionar el medio ambiente sin que se utilice de ninguna manera, ya sea directa o indirectamente (de Groot et al., 2007).

Dentro de los valores de no uso consta el valor de existencia o valor

intrínseco, es decir, el valor que tiene la naturaleza por derecho propio; se manifiesta a través de las preferencias del ser humano que valora en nombre de otras especies. Finalmente, está el valor de legado, el cual se obtiene del deseo de transmitir valores a las generaciones futuras. Sin embargo, el valor de legado puede ser considerado un valor tanto de uso como de no uso, ya que implica la posibilidad de uso del recurso en el futuro por otras generaciones (de Groot et al., 2007; Bateman et al., 2003).

Para realizar la valoración económica de un humedal se requiere definir el problema específico, las metas y los objetivos sobre cuya base se determina el enfoque de evaluación que se asumirá. En el caso del presente estudio, el objetivo general es determinar el valor económico del servicio ambiental hídrico y de almacenamiento de carbono de los bofedales de las localidades Oña-Saraguro-Yacuambi en Loja y Zamora y en el Frente Suroccidental de Tungurahua. Por lo tanto, la valoración pertenece a la categoría de la valoración parcial del uso de los humedales, ya que de la totalidad de los valores que componen el VET se ha decidido centrarse en estos dos.

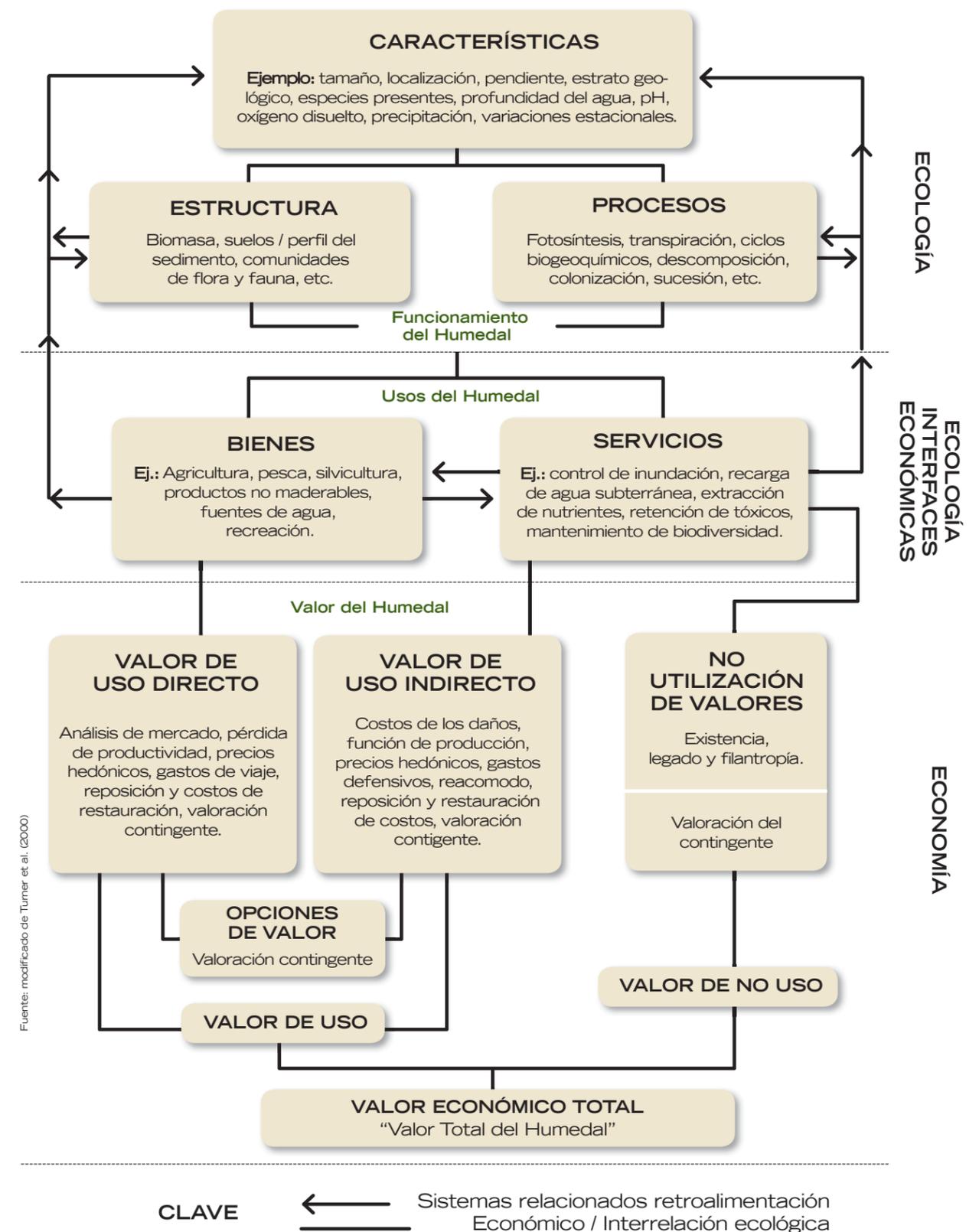
La valoración parcial se desarrolla bajo el tipo de análisis costo-beneficio, o sea, busca monetizar los beneficios obtenidos por los bienes y servicios del humedal para poder compararlos entre sí (Barbier et al., 1997). Con ello, el siguiente paso es determinar las funciones fundamentales de los humedales objeto de evaluación, donde el fin de la valoración económica es valorar dichas

funciones o servicios ambientales.

De esta manera, los humedales, según la ecología, poseen características, estructura y procesos que los describen (Gráfico 6). Primero, las características son una combinación de aquellas cualidades genéricas y específicas del sitio como las especies presentes, las propiedades del sustrato, la hidrología, el tamaño y la forma (Turner et al., 2000; Barbier et al., 1997).

Los componentes estructurales de un humedal se pueden definir como las redes bióticas y abióticas a las cuales pertenecen las características, tales como el tipo de vegetación y el suelo. Los procesos del humedal comprenden las dinámicas de transformación de materia y energía. Las interacciones entre la hidrología, la geomorfología, la saturación de suelos y la vegetación determinan las características generales y la significancia de los procesos que ocurren en un humedal. Estos procesos permiten el desarrollo y mantenimiento de la estructura del humedal, que es esencial para la provisión continua de bienes y servicios (Turner et al., 2000).

GRÁFICO 6:  
Conexiones entre las funciones, usos y valores de los humedales



Las funciones o servicios ambientales son el resultado de las interacciones entre las características, la estructura y los procesos presentados en el Gráfico 6. Estas incluyen acciones como el control de inundaciones, la regulación hídrica, la retención de nutrientes, la asimilación de residuos, etc. Las características, estructura y procesos del humedal describen en términos ecológicos el funcionamiento del ecosistema. No obstante, se requiere comprender este funcionamiento bajo terminología y categorías económicas que permitan dicha valoración, la cual, como se mencionaba, depende de las preferencias humanas, es decir, de lo que la gente percibe como el impacto de los humedales en su bienestar (Turner et al., 2000).

Para esto es necesario comprender la ecología y el funcionamiento de los humedales como generadores de usos (Gráfico 6), bienes y servicios, los cuales poseen una demanda por parte de los individuos. Los bienes del humedal son aquellos que constituyen reservas de recursos con un uso consuntivo (como agricultura,

pesca, madera, etc.) y los servicios son aquellas funciones o servicios ambientales, algunos de los que no implican necesariamente un contacto con el humedal (como la regulación climática). Así mismo, los ecosistemas en su conjunto tienen ciertas propiedades, como la diversidad biológica y la singularidad cultural o patrimonial, que poseen un valor económico porque impulsan ciertos usos o porque se valoran en sí mismos (Turner et al., 2000; Barbier et al., 1997).

Con este empate entre las funciones ecológicas y la valoración económica se procede a identificar el tipo de valor (de uso, directo, indirecto, no uso, etc.) relacionado con cada bien, servicio o propiedad, para convertir las características del humedal en valores económicos. Esto se realizó con base en la Tabla 2, en la cual se clasificaron los bienes, los servicios y las propiedades de los bofedales. Así, con base en los valores económicos componentes del VET, se jerarquizaron las funciones ecosistémicas, considerando su importancia tanto para los usuarios locales, como para los usuarios geográficamente más distantes.

Finalmente, es necesario analizar que los servicios ecosistémicos son generados en varias escalas ecológicas, y por lo tanto, son aprovechados por diversos grupos de usuarios organizados en diversas escalas geográficas e institucionales. Lo anterior es esencial para entender como diversos actores (beneficiarios) valoran de manera distinta los servicios ambientales según la escala espacial en la que actúen (Hein et al., 2006).

Por lo tanto, un tipo de beneficiarios son aquellas poblaciones rurales locales que aprovechan el servicio ambiental hídrico de rendimiento hídrico (provisión), el mantenimiento de la calidad de agua y la regulación del ciclo hidrológico provistos por los bofedales de cada localidad (Céleri, 2009). Cabe recalcar que las poblaciones de la parte baja de la cuenca también son beneficiarias de este servicio ambiental hídrico (SAH). Inclusive ciertos SAHs como el de regulación se acumulan en una escala mayor en la parte baja (Hein et al., 2006).



**TABLA 1:**  
Uso de las funciones ecosistémicas de las bofedales

Valores Económicos	Directos	Indirectos	De no uso
<b>Bienes</b>			
Fauna (ciervo enano, tapir de montaña, oso de anteojos, trucha [introducida], puma, etc.)	*		
Flora silvestre medicinal (chuquiragua, sunfo, valeriana, etc.)	**		
Abastecimiento de agua	***		
Turba	*		
<b>Servicios</b>			
Almacenamiento de carbono		***	
Recreación/turismo		*	
Regulación hidrológica/prevención de inundaciones		***	
Calidad del agua		**	
<b>Propiedades</b>			
Diversidad biológica	**	**	**

Leyenda: \* bajos, \*\* intermedios, \*\*\* altos

Por otro lado, el servicio ambiental de almacenamiento de carbono tiene múltiples beneficiarios a nivel global. Los beneficiarios de dicho servicios pueden ser representados por entidades nacionales (como el Programa SocioPáramo) o proyectos que buscan la protección de dichos servicios con la finalidad de promover su inclusión en mecanismos de mitigación del Cambio Climático. Entonces, dichos beneficiarios

del servicio son actores en un nivel mucho más global y que no necesariamente habitan o tienen conexión directa con los bofedales de las áreas de estudio (Hein et al., 2006). Analizar los distintos beneficiarios de los servicios ambientales generados en los bofedales permite comprender las competencias por los usos que se puedan generar entre un grupo de beneficiarios y otro (de Groot et al., 2007).

# MARCO METODOLÓGICO

## Servicio ambiental de provisión de agua

Para la valoración del servicio ambiental de provisión de agua, este estudio se basa en la metodología de Barrantes y Vega (2001), que valora el servicio ambiental del agua con un enfoque de sostenibilidad en términos de calidad, cantidad y perpetuidad, al considerar el valor de productividad de la cobertura en función de la captación de agua y de la calidad del agua que produce. Al ser los bofedales una clase de humedal que acumula materia orgánica en distintos estados de degradación anaeróbica y estar ubicadas en lugares donde la precipitación es alta y la evaporación baja, tienen un papel importante en la regulación del ciclo hídrico y en el almacenamiento de carbono (Díaz et al., 2005).

La sostenibilidad de la producción de servicios ambientales dependerá de la conservación de las existencias de activos naturales en términos de cantidad y calidad. Si se reconoce que existen actividades económicas que compiten contra la conservación del páramo, entonces el enfoque del costo de oportunidad del uso de la tierra podría utilizarse para el cálculo del valor económico del servicio ambiental de agua que se genera a partir de la presencia de bofedales (Barrantes y Vega, 2001).

El principio básico de la valoración, y de esta metodología, es que las funciones ambientales pueden ser medidas en una unidad común que es el dinero. La metodología de Costo de Oportunidad se clasifica dentro de los métodos de evaluación

monetaria con un enfoque de no demanda ("pricing techniques"), o sea, de estimación de precios, en base a observaciones de precios de mercado. Aunque los métodos con enfoque de no demanda proveen información útil para la valoración ya que reflejan los costos de proteger o proveer el servicio ambiental, desde el punto de vista teórico económico, son considerados no tan rigurosos como los métodos de valoración de preferencias de los individuos (Bateman et al., 2003).

Sin embargo, si se considera que existe poca información entre los actores locales sobre el valor del servicio ambiental hídrico, el Método del Valor de Productividad Hídrica basado en el Costo de Oportunidad puede resultar más efectivo que la valoración basada en preguntas de disposición al pago (DAP) (Muñoz-Piña et al., 2008). El enfoque de costo de oportunidad de la conservación se basa en valorar la rentabilidad de la mejor alternativa productiva desde el punto de vista económico, es decir, los beneficios que se dejan de percibir cuando se usa un recurso escaso con el propósito de conservarlo a través de mantener la cobertura natural del suelo.

Por ejemplo, un propietario de páramo (y que es el manejador en su propiedad de este ecosistema) en la parte alta de una cuenca recibe una cantidad de beneficios (monetarios o en especie) por la conversión a pastizal para ganadería de su propiedad. No obstante, al realizar dicha decisión, incurre en diversos costos

(externalidades), tales como afectación a servicios hídricos, pérdida de biodiversidad y emisiones de carbono. Por lo tanto, la conservación de dichos servicios ambientales origina costos al propietario (Engel et al., 2008).

El método del Valor de Productividad Hídrica permite valorar económicamente los bofedales en función de los flujos anuales de servicios ambientales hídricos, lo cual está determinado por la calidad del ecosistema y su tamaño. A mayor tamaño y mejor conservación, mayor es la producción de flujo del servicio hídrico (Barrantes y Vega, 2001).

La productividad del bofedal para el servicio hídrico está basada en la cantidad de agua captada anualmente, y su valor económico está asociado con la actividad económica que compite con el uso del suelo natural de bofedal, que es la ganadería. Esta es una actividad extensiva que se extiende hasta la zona de las lagunas; por el pisoteo de los animales se altera la vegetación natural y disminuye su capacidad de aportar con el servicio hídrico. La estimación del valor de la productividad hídrica se basa en la siguiente fórmula:

$$VP = \sum_{i=1}^n \frac{\alpha_i \beta_i A b_i}{O d_i}$$

Donde:

VP = Valor de productividad hídrica del bofedal secundario (\$/m<sup>3</sup>)

β<sub>i</sub> = Costo de oportunidad de la ganadería (\$/ha/año)

Ab<sub>i</sub> = Área bajo cobertura de bofedal secundario en la zona de Estudio (ha)

Od = Volumen de agua disponible captada por los bofedales (m<sup>3</sup>/año)

α<sub>i</sub> = Índice de Protección Hidrológica

Para conocer el volumen de agua disponible captado por cada bofedal secundario se utiliza el balance hídrico de la superficie que ocupa dicha cobertura. Se necesita información cuantitativa referente a los componentes del ciclo hidrológico con el fin de conocer la oferta total en el área de estudio. Es decir, se parte de la cuantificación volumétrica de agua llovida y la evapotranspiración, lo que nos permite conocer la oferta disponible que se descompondrá en volumen de agua de escorrentía superficial y volumen de recarga acuífera (Barrantes y Vega, 2001).

Parte del agua proveniente del ciclo hidrológico se utiliza para el mantenimiento de los mismos ecosistemas, por lo que se deposita en hojas, troncos, tallos y cuerpos de individuos (Barrantes y Vega, 2001). Otra porción regresa a la atmósfera, otra penetra al subsuelo para recarga de acuíferos; lo restante se dispone en ríos, riachuelos y lagos, dando posibilidades para ser utilizado por el ser humano en sus diversas actividades y finalmente drena hacia el océano. Al controlar el recurso hídrico se aumenta el volumen del recurso, aumentando a la vez las existencias

del activo y, por lo tanto, el incremento del potencial económico y la capitalización financiera por mantener mayor volumen controlado.

La oferta total de agua está dada por la precipitación en la zona de estudio, específicamente sobre la cobertura de bofedal secundario. Para calcular la oferta total se utiliza la siguiente fórmula:

$$OT = \sum_{i=1}^n 0,001P_i * A_i$$

Donde:

- OT = Oferta total hídrica en el área de importancia (m<sup>3</sup>/año)
- Pi = Precipitación en el bofedal i (mm/año)
- n = Número de bofedales
- Ai = Área del bofedal i (m<sup>2</sup>)

De esta oferta total, un porcentaje regresa a la atmósfera a través del proceso de evapotranspiración, quedando potencialmente disponible solo una parte de ella para el abastecimiento de las distintas actividades económicas y poblacionales (Odum, 1986 en Barrantes y Vega, 2001). Dicha estimación de la Oferta disponible, entonces, está dada por la siguiente ecuación:

$$Od = \sum_{i=1}^n (OT)_i - 0,001ET_i * A_i$$

Donde:

- Od = Oferta hídrica disponible en el área de importancia (m<sup>3</sup>/año)
- ETi = Evapotranspiración en el área de importancia (mm/año)
- Ai = Área del bofedal i (m<sup>2</sup>)

Para el cálculo de la Evapotranspiración (EVT), primero se requiere realizar el cálculo de Evapotranspiración potencial (EVTp) el cual es en base a la fórmula de Holdridge en Barrantes y Vega (2001):

$$EVT_p = 58,93 * T$$

Donde:

T = temperatura

Con la EVTp se puede calcular teóricamente la Evapotranspiración real (ETPr), basada en la relación existente entre EVTp y la precipitación (P). La razón entre estas dos variables se expresa como el coeficiente RE:

$$RE = \frac{EVT_p}{P}$$

La relación entre la EVTp y la EVTr se puede expresar como el coeficiente F:

$$F = \frac{EVT_r}{EVT_p}$$

Entonces, según Rodríguez (1983), se conoce que la relación entre F y RE está dada por:

- F = 1,12-0,44(RE) para valores de RE entre 0,45 y 1,5
  - F = 1,12-0,44(RE) para valores de RE entre 0,0625 y 0,45
- con la EVTr se procede a realizar el cálculo de la Oferta Hídrica Disponible (Od).

Para el cálculo del Costo de Oportunidad, la actividad seleccionada es la ganadería vacuna, que es la actividad más rentable para los pobladores locales e compete con el uso de suelo de páramo (Robles, 2008). El costo de oportunidad se refiere a la rentabilidad a la cual se renuncia para mantener el uso del suelo como bofedal o páramo. O sea, se busca estimar el beneficio económico que produce determinada actividad económica manifestada en dicho uso del suelo. Dado que existe limitada información de la localidad sobre la rentabilidad de la actividad ganadera en el páramo, se tomó los costos de oportunidad promedio de cuatro localidades de páramo en Ecuador: Zuleta, Mojanda, Carchi y Jimbura (Barragán, 2008a).

Entonces, se cálculo el ingreso

neto por ganadería, en el que se incluyeron todos los costos considerando también la mano de obra familiar. Adicionalmente, en el análisis de costo de oportunidad se incluyó el autoconsumo al ingreso por trabajo familiar, ya que este es equivalente a un ahorro por no comprar los productos (Barragán, 2008b).

Para el cálculo del costo de oportunidad del autoconsumo, se tomaron las cantidades de productos (leche, carne) destinadas al consumo familiar y se multiplicaron por el precio promedio al que se venden en la comuna dichos productos, obteniendo así el ingreso bruto. Posteriormente se restaron los costos de producción efectivos, y se consiguió el ingreso neto por autoconsumo. Los vacíos de información fueron cubiertos con aproximaciones basadas en Barragán (2008a).

$$CO = \frac{\sum_{i=1}^n (Yt)_x - Ct_x + \sum_{i=1}^n (Ya)_x - C\rho_x}{A}$$

Donde:

- Yn = Ingreso neto total por ganadería.
- Ytx = Ingreso total por la venta del producto i.
- Ctx = Costos efectivos de producción de i para la venta.
- Yax = Ahorro por autoconsumo del producto i.
- Cρx = Costos de producción de i para autoconsumo.
- A = Superficie de pastoreo de la ganadería

## Servicio ambiental de almacenamiento de agua en el suelo

El servicio ambiental de almacenamiento de agua en el suelo de los bofedales en páramos actúa como un gran reservorio natural que regula los flujos del ciclo hidrológico reduciendo las consecuencias negativas de las variaciones (Céleri, 2009; Buytaert et al., 2006; Biao et al., 2010). Por dicho motivo, la máxima capacidad de regulación y retención de agua brindada por los bofedales puede compararse con la capacidad total de un reservorio o

represa. Este valor puede ser calculado considerando los costos unitarios de construcción de una represa (Biao et al., 2010). Por lo tanto, el método utilizado para la valoración de este servicio ambiental hídrico de almacenamiento de agua es el del daño evitado o del "precio sombra" del proyecto que puede sustituir el servicio ambiental (de Groot et al., 2007; Bate-man et al., 2003).

Entonces, el valor de almacenamiento de agua consiste en:

$$V_{(almacenamiento\ agua)} = \partial * A(10.000) * \rho * (0,01) * C_{(unit\ represa)}$$

Donde:

- V = Es el valor en dólares (\$) del servicio ambiental hídrico de almacenamiento de agua
- ∂ = Es el porcentaje de almacenamiento de agua en el suelo de los bofedales
- A = Es la superficie de bofedales medida en ha dentro la zona de estudio
- ρ = Es el nivel freático del suelo medido en cm para la zona de bofedales
- C = Es el costo unitario en (\$/m<sup>3</sup>) para una represa

## Servicio ambiental de almacenamiento de carbono en el suelo

Finalmente, para la valoración del servicio ambiental de almacenamiento de carbono se utilizaron los datos recogidos en campo de muestras de la turba y bofedales. La superficie de la muestra y el contenido se extrapolan a toneladas por hectárea, la medida estándar de reporte de almacenamiento o captura de carbono. Para la valoración económica se utiliza también el método del costo del daño evitado

a nivel global por la mitigación del cambio climático.

Este costo consiste en el valor del beneficio social global que origina mitigar el cambio climático, pues el hacerlo evita probables daños a futuro asociados a mayores riesgos naturales climáticos. Este valor ha sido determinado en la literatura en base a modelos de equilibrio que capturan este costo social del carbono. (Jenkins et al., 2010). Entonces, tenemos:

$$V_{\text{carbono}} = \text{Contenido C en bofedales} \frac{(\text{ton CO}_2)}{\text{ha}} * \text{costo social del C} \left( \frac{\$}{\text{ton CO}_2} \right)$$

Concretamente para determinar la primera parte de la ecuación nos basamos en los resultados de campo sobre densidad del suelo y en los de

laboratorio sobre contenido de carbono orgánico total a una profundidad determinada (Lee et al., 2009

$$\text{Contenido C suelo bofedales} \left( \frac{(\text{ton CO}_2)}{\text{ha}} \right) = (\rho * h * C * 100) * \frac{44}{12}$$

Donde:

- $\rho$  = Es la densidad del suelo medido en (g/cm<sup>3</sup>)
  - $h$  = Es la profundidad a la cual se tomó la muestra (cm)
  - $c$  = Es el porcentaje en peso de carbono orgánico en el suelo
- La relación 44/12 proviene de la relación de estequiometría de pesos moleculares con la finalidad de conocer cuánto CO<sub>2</sub> puede originarse por la descomposición del carbono orgánico. El factor 100 es el resultante de la compensación de las unidades: cm, m y ha.

# RESULTADOS

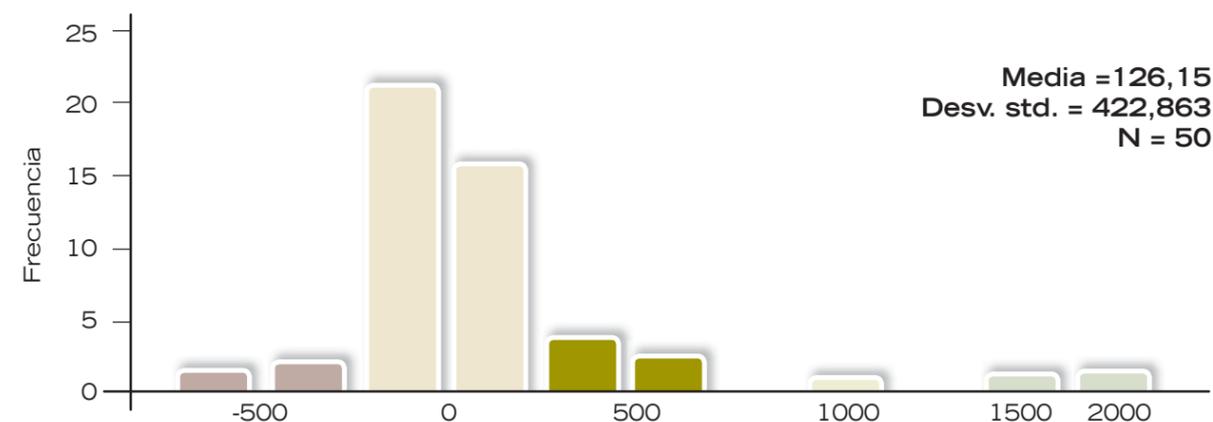
## Costo de oportunidad

El costo de oportunidad promedio de las fincas que tienen pastoreo de ganado vacuno en las cuatro zonas de páramo de referencia en el Ecuador es de USD 126,15 al año por hectárea. Este valor proviene de aquellas fincas que pastorean su ganado vacuno en el páramo, y entre estos existe una distribución de amplia variabilidad (desviación estándar = 422,8) que se debe a las condiciones variantes de posesión de animales, de acceso a insumos y tecnología, y de si la ganadería es principalmente para autoconsumo o también se destina a la venta (Gráfico 3).

A pesar de esta variabilidad, se puede considerar que el costo de oportunidad promedio es representativo al estar enfocado correcta-

mente en las fincas que enfrentan el tradeoff entre mantener el uso del suelo de páramo conservado (ecosistema donde se encuentran los bofedales secundarios) o dedicarlo a terrenos para pastoreo. También, la distribución de los datos considerados tiende a ser normal (Gráfico 3). La existencia de valores negativos en el costo de oportunidad indica que la actividad de ganadería para estas fincas no es rentable evaluada a los precios de venta promedio del mercado local. Sin embargo, la ganadería es vital en estos hogares pues aunque no ocurren transacciones monetarias que muestren este flujo negativo, la función de autoabastecimiento, autoconsumo y ahorro es de alta importancia para los mismos.

**GRÁFICO 5:**  
Histograma del costo de oportunidad de las fincas que pastorean ganado vacuno en cuatro localidades de páramo en Ecuador



# OFERTA HÍDRICA DISPONIBLE EN LA ZONA

## Oña-Nabón-Saraguro-Yacuambi

Para el cálculo de la oferta hídrica disponible, primero se calculó la Oferta Hídrica Total con base en los datos de precipitación de las estaciones del INAHMI existentes. Hay dos estaciones cerca a la zona de estudio: la de Oña M421 (ubicada a 2.320 m) y la de San Lucas M432 (ubicada a 2.525 m). Puesto que la estación más cercana a la zona de estudio es la de Oña, se utilizaron dichos datos para el cálculo de la precipitación promedio anual (Santos, 2010a) (Anexo ONSY 1).

La precipitación anual promedio en la estación de Oña es de 505,1 mm al año para el periodo histórico 1963-2005. El mes más lluvioso es marzo (77,4 mm) y el más seco Agosto (20,8 mm) (MAE et al., 2009). Al multiplicar este valor por el área de los bofedales (los dos tipos el de almohadillas y *Neurolepis*), que es de 218 ha en total, se obtuvo la Oferta Hídrica Total: 1,1 millones de metros cúbicos de agua anuales.

Puesto que no existe el dato de la evapotranspiración real medido en la estación de Oña, se lo calculó con base en la precipitación y la temperatura de la zona considerada en el Plan de Manejo (MAE et al. 2009). Para ello, es necesario conocer primero la evapotranspiración potencial, la cual se estima en base a Holdridge (1978), citado en Barrantes y Vega (2001).

Donde,  
 $EVT_p$  = Evapotranspiración potencial (mm/año)  
T = Temperatura  
58,93 = Constante de  $EVT_p$

Puesto que la temperatura promedio en la zona de páramo es de 7°C (MAE et al., 2009), la evapotranspiración potencial es de 412,51 mm al año. Para obtener con este dato la evapotranspiración real, se debe dividir la precipitación para  $EVT_p$  y obtener el coeficiente denominado RE, el cual se utiliza para determinar el valor F que marca el porcentaje de la evapotranspiración potencial que se convierte en real (Barrantes y Vega 2001).

Se obtuvo un valor de RE de 0,82, con el que se puede conocer el valor F de 0,7 y tener la evapotranspiración a utilizar de 313,77 mm/año. Entonces, este dato se multiplica por el área de los bofedales y se resta de la oferta total para conocer la oferta hídrica disponible: 417.000 metros cúbicos de agua anuales.

El anterior dato significa que del total de precipitación en la zona cerca al 62% no se convertirá en rendimiento hídrico pues retorna a la atmósfera. No obstante, la fórmula de cálculo para ET tiene limitantes pues es teórica y no se basó en observaciones empíricas de campo. Por ello, se puede recurrir a las observaciones de la literatura sobre la hidrología de páramos donde, en base a varios estudios de campo, se considera que del total de precipitación en el páramo el 67% se transforma en rendimiento hídrico (Buytaert et al., 2006). Por lo tanto, la oferta hídrica disponible es de 338,4 mm/año lo que equivale a 737,7 miles de metros cúbicos de agua anuales.

## Frente Suroccidental de Tungurahua

Para este sitio, el cálculo de la Oferta Hídrica utilizó la información disponible de la Estación del INAHMI Querochaca. De los datos de la Estación se tomó la precipitación media anual más baja que es de 800 mm/año, con la finalidad de evitar sobreestimaciones (FSO, 2009). Multiplicando el valor de la ppt media por el área de los bofedales (los distintos tipos descritos en el mapa como altimontanos paramunos) que es de 1971 ha en total, se obtuvo la Oferta hídrica total que es de 15,7 millones de metros cúbicos de agua anuales.

Puesto que para este sector tampoco existe el dato de la evapotranspiración real medido en la Estación, se calculó este en base a la Precipitación y a la Temperatura de la zona considerada en el Plan de Manejo de los páramos del FSO (2009). Como se indicó para el sitio anterior, es necesario conocer primero la evapotranspiración potencial, la cual se estima en base a Holdridge (1978) citado en Barrantes y Vega (2001), cuya fórmula ya fue expuesta anteriormente.

Puesto que la temperatura promedio en la zona de páramo es de 8 °C (FSO, 2009), la evapotranspiración potencial es de 471,44 mm al año. Al igual que en el sitio anterior, la evapotranspiración real se obtuvo dividiendo la precipitación para  $EVT_p$  y, así se obtuvo el coeficiente RE, como indicado para el sitio de Oña-Nabón-Saraguro-Yacuambi.

En este caso, el valor RE que se obtuvo de 0,58, con el que se puede calcular el valor F de 0,86 y tener la evapotrans-

piración a utilizar de 405,77 mm/año. Al multiplicar este dato por el área de los bofedales y restando de la oferta total, obtenemos una oferta hídrica disponible de 7,9 millones de metros cúbicos de agua anuales.

Es decir que del total de precipitación en la zona, cerca del 51% no se convertirá en rendimiento hídrico, pues retorna a la atmósfera. Sin embargo, al igual que en el sitio anterior, hay que considerar los limitantes de la fórmula al ser teórica, lo que hace necesario hacer observaciones en campo. Aquí también se ha utilizado la información secundaria sobre hidrología de páramos, por las limitaciones de la fórmula, que indica que del total de precipitación en el páramo, el 67% se transforma en rendimiento hídrico (Buytaert et al., 2006). Por lo tanto, la oferta hídrica disponible en el Frente Suroccidental de Tungurahua es de 533,3 mm/año, lo que equivale a 10,5 miles de metros cúbicos de agua anuales.



## VALOR DEL SERVICIO AMBIENTAL PROVISIÓN DE AGUA

Oña-Nabón-Saraguro-Yacuambi

Conociendo el Costo de Oportunidad, el área de los bofedales y la oferta hídrica disponible se calcula el valor del Servicio Ambiental de Provisión de Agua (Anexo ONSY 2):

$$VP = \frac{0,79 * 126,15 \frac{\$}{ha * año} * 218 ha}{737.749,06 \frac{m^3}{año}} = 0,03\$/m^3$$

Para el valor del índice de Protección Hidrológica se tomó el promedio de los índices de los páramos herbáceos de cuatro microcuencas abastecedoras de agua para la ciudad de Loja (NCI et al., 2007). El valor económico por productividad hídrica total de los bofedales es de USD 21.725,12 por año, el valor por hectárea es de 99,7 USD/ha/año. Esto equivale a un valor de 0,03 dólares por metro cúbico.

## Frente Suroccidental de Tungurahua

En el caso del Frente Suroccidental de Tungurahua tenemos:

$$VP = \frac{0,79 * 126,15 \frac{\$}{ha * año} * 1971 ha}{10.564.560,00 \frac{m^3}{año}} = 0,02\$/m^3$$

El valor económico por productividad hídrica total de los bofedales de la zona de estudio es de USD 196.423,01 por año, el valor por hectárea es de 99,7 USD/ha/año. Esto equivale a un valor de 0,02 dólares por metro cúbico (Anexo FSOT 1).

## VALOR DEL SERVICIO AMBIENTAL ALMACENAMIENTO DE AGUA EN EL SUELO DE LOS BOFEDALES

Oña-Nabón-Saraguro-Yacuambi

El valor de almacenamiento de agua de los bofedales en la zona de estudio es:

$$V_{almacenamiento\ agua} = 0,8607 * 218 ha \left(10.000 \frac{m^2}{ha}\right) * 20 cm \left(0,01 \frac{m}{cm}\right) * 1,86 \frac{\$}{m^3} = \$ 696.921,1$$

El valor del parámetro es en promedio de 86,07% para las muestras recogidas en campo del suelo de bofedales (Villarreal, 2010a). Esto significa que del volumen total de los bofedales, cerca al 86% es agua almacenada cuando se encuentra en saturación total. La superficie de la zona de los bofedales en la zona de estudio es 218 ha y la profundidad del nivel freático es de 20 cm (Santos, 2010a; Villarreal, 2010a).

Para los costos unitarios de la represa, tomamos la información del

costo planificado para la construcción de la represa Chiquirco en la provincia de Tungurahua. Dicho costo es de \$5,2 millones para una capacidad de almacenamiento de 2,8 millones de m<sup>3</sup> de agua (Consejo Provincial Tungurahua, 2010). Por lo tanto, el costo unitario de la represa es de 1,86 \$/ m<sup>3</sup>. Con estos datos el valor del servicio ambiental hídrico de almacenamiento de agua en los bofedales es de USD 696,9 miles; lo cual representa un valor de 3.196,8 \$/ha (Anexo ONSY 3).

## Frente Suroccidental de Tungurahua

En el páramo del Frente Suroccidental de Tungurahua, el valor del parámetro es de 88,83%, en promedio para las muestras analizadas (Villarroel, 2010b). O sea que del volumen total de los bofedales, cerca al 88% es agua almacenada cuando se encuentra en saturación total, un valor similar al encontrado para el sitio anterior. Aquí la superficie de la zona de los bofedales es mayor al sitio anterior, con 1971 ha, y la profundidad del nivel freático también es de 20 cm (Santos, 2010b; Villarroel, 2010b).

Para los costos unitarios de la represa, igualmente se tomó la información del costo planificado para la construcción de la represa Chiquirco (1,86 \$/ m<sup>3</sup>). Por lo tanto, en Tungurahua el valor del servicio ambiental hídrico de almacenamien-

$$V_{\text{almacenamiento agua}} = 0,6080 * 1971 \text{ ha} \left( 10.000 \frac{\text{m}^2}{\text{ha}} \right) * 20 \text{ cm} \left( 0,01 \frac{\text{m}}{\text{cm}} \right) * 1,86 \frac{\$}{\text{m}^3} = \$ 4'451.264,2$$

En el caso del servicio ambiental de almacenamiento de agua, los bofedales de zonas intervenidas en Tungurahua pierden, en promedio, un 20,8% de su capacidad de retención de agua al compararlas con el promedio de las muestras de bofedal natural (Villarroel 2010b). Lo ante-

rior nos da un valor del servicio ambiental hídrico de almacenamiento de agua en los bofedales es de USD 4,4 millones; lo cual representa un valor de 2.258,4 \$/ha. En términos económicos, la pérdida de valor es de 31% entre un bofedal natural e intervenido (Anexo FSOT 2).

to de agua en los bofedales es de USD 6,5 millones; lo cual representa un valor de 3.299,2 \$/ha. A diferencia de los humedales de Oña-Nabón-Saraguro-Yacuambi, aquí se incluyó información de muestras para zonas intervenidas que se consideran fueron bofedales naturales (Villarroel, 2010b). Basados en estos datos, podemos elucidar hipótesis sobre la pérdida del servicio de almacenamiento de agua y su valor si las 1971 ha de bofedales fueran sometidas a procesos varios de intervención (agricultura, ganadería, infraestructura, variaciones climáticas) resultando en un estado similar al de los sitios intervenidos muestreados. Entonces, el proceso de valoración sigue la misma metodología pero con los siguientes resultados:

## VALOR DEL SERVICIO AMBIENTAL DE ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN EL SUELO DE LOS BOFEDALES

Oña-Nabón-Saraguro-Yacuambi

El valor de almacenamiento de carbono de los bofedales en la zona de Oña-Nabón-Saraguro-Yacuambi es:

$$\text{Contenido C suelo bofedales} \left( \frac{\text{ton CO}_2}{\text{ha}} \right) = \left( 0,916 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} * 10 \text{ cm} * 26,5\% * 100 \right) * \frac{44}{12}$$

$$V_{\text{carbono}} = 889,37 \left( \frac{\text{ton CO}_2}{\text{ha}} \right) * 15 \left( \frac{\$}{\text{ton CO}_2} \right) = 13.340,62 \frac{\$}{\text{ha}}$$

El valor de la densidad del suelo  $\rho$  es en promedio de 0,916 g/cm<sup>3</sup> para las muestras recogidas en campo del suelo de bofedales (Villarroel, 2010a). La profundidad a la cual se tomó la muestra para análisis de contenido de carbono (h) es 10 cm (Villarroel, 2010a). El contenido de carbono es de 26,5% en promedio para las muestras, y la media del costo social del carbono acorde a la revisión de

estudios que estiman los beneficios de la mitigación del Cambio Climático (IPCC, 2007 citado por Jenkins et al., 2010) es de 15 \$/tCO<sub>2</sub>.

Con estos datos, el valor del servicio ambiental de almacenamiento de carbono en el suelo de los bofedales es de 13.340,62 \$/ha; lo cual representa un valor total de USD 2,9 millones para toda la superficie de bofedales (Anexo ONSY 4).

## Frente Suroccidental de Tungurahua

**E**n este sitio, el valor de almacenamiento de carbono de los bofedales es:

$$\text{Contenido C suelo bofedales} \left( \frac{\text{ton CO}_2}{\text{ha}} \right) = \left( 1,052 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} * 10 \text{ cm} * 13,5\% * 100 \right) * \frac{44}{12}$$

$$\text{V carbono} = 519,15 \left( \frac{\text{ton CO}_2}{\text{ha}} \right) * 15 \left( \frac{\$}{\text{ton CO}_2} \right) = 7.787,26 \frac{\$}{\text{ha}}$$

Aquí, el valor de la densidad del suelo  $\rho$  es en promedio de 1,052 g/cm<sup>3</sup>. La profundidad a la es la misma que para el sitio anterior (10 cm). Por lo tanto, el contenido de carbono es de 13,5% en promedio para las muestras (Villaruel, 2010b). La media del costo social del carbono utilizada en este sitio es la misma que la de Oña-Nabón-Saraguro-Yacuambi (15 \$/tCO<sub>2</sub>) (IPCC, 2007 citado por Jenkins et al., 2010).

De esa manera, el valor del servicio ambiental almacenamiento de carbono en el suelo de los bofedales es de 7.787,26 \$/ha; lo cual representa un valor total de USD 15,3

millones para toda la superficie de bofedales. También se levantó información de muestras para aquellas zonas intervenidas que se consideran fueron bofedales naturales (Villaruel, 2010b).

Basados en estos datos, podemos elucidar hipótesis sobre la pérdida del servicio de almacenamiento de carbono y su valor, si las 191 ha de bofedales fueran sometidas a procesos varios de intervención (agricultura, ganadería, infraestructura, variaciones climáticas), resultando en un estado similar al de los sitios intervenidos muestreados. Entonces, el resultado de la valoración es:

$$\text{Contenido C suelo bofedales} \left( \frac{\text{ton CO}_2}{\text{ha}} \right) = \left( 1,052 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} * 10 \text{ cm} * 13,5\% * 100 \right) * \frac{44}{12}$$

$$\text{V carbono} = 128,21 \left( \frac{\text{ton CO}_2}{\text{ha}} \right) * 15 \left( \frac{\$}{\text{ton CO}_2} \right) = 1.923,18 \frac{\$}{\text{ha}}$$

Los bofedales de zonas intervenidas en Tungurahua pierden, en promedio, un 75% de su almacenamiento de carbono al compararlas con el promedio de las muestras de bofedal natural. Lo anterior nos da un valor del servicio ambiental hídrico de

almacenamiento de carbono en los bofedales es de USD 3,8 millones; lo cual representa un valor de 1.923,2 \$/ha. En términos económicos, la pérdida de valor es de 75% entre un bofedal natural y uno intervenido (Anexo FSOT 3).

## Integración del valor de los servicios ambientales analizados

**L**os bofedales cumplen distintas funciones ecológicas, por lo cual generan diversos servicios ambientales que aportan al bienestar de las poblaciones locales de la zona de estudio, así como a otros usuarios en escala más regional e inclusive en escala global. Como se argumentó en el Marco Teórico, diversos valores forman el Concepto de Valor Económico Total de determinado ecosistema. En el presente estudio se escogió centrarse en los valores de tres servicios ambientales específicos: provisión de agua, almacenamiento de agua en turba y almacenamiento de carbono en turba.

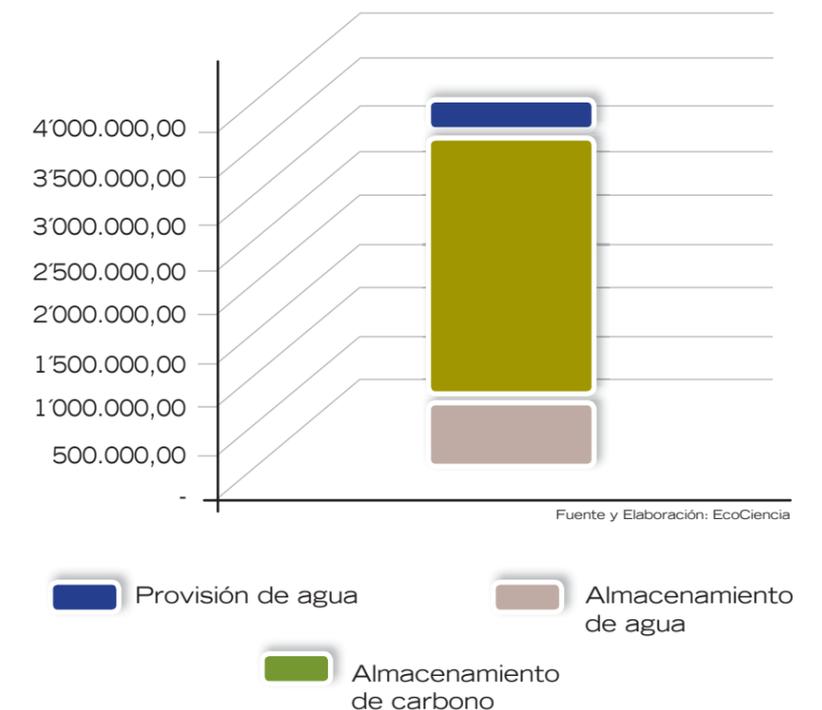
Para el servicio ambiental de provisión de agua, que con este se busca medir la cantidad de recurso hídrico que permite el ecosistema esté disponible, dicha función es considerada como un valor de uso directo, pues el agua disponible es utilizada en diversas actividades como lo son consumo, riego, abrevaderos, entre otras. Los servicios ambientales de almacenamiento de agua y de carbono, por otro lado, son considerados como valores de uso indirecto ya que no son directamente extraídos o consumidos, sino que se derivan del sustento o protección que dan a actividades económicas tanto de producción como de consumo, o a poblaciones.

Por ello, el almacenamiento de agua en el suelo de los bofedales contribuye a la regulación hídrica, permitiendo contar con flujos hídricos buenos durante la época seca, y también evita excesivos caudales picos en periodos intensos de precipitación (Buytaert et al., 2006). Estos beneficios no son de la naturaleza de un bien de consumo directo sino funciones de regulación. También es una función de regulación el almacenamiento de carbono el cual evita la liberación de mayor cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera y la in-

tensificación del Cambio Climático.

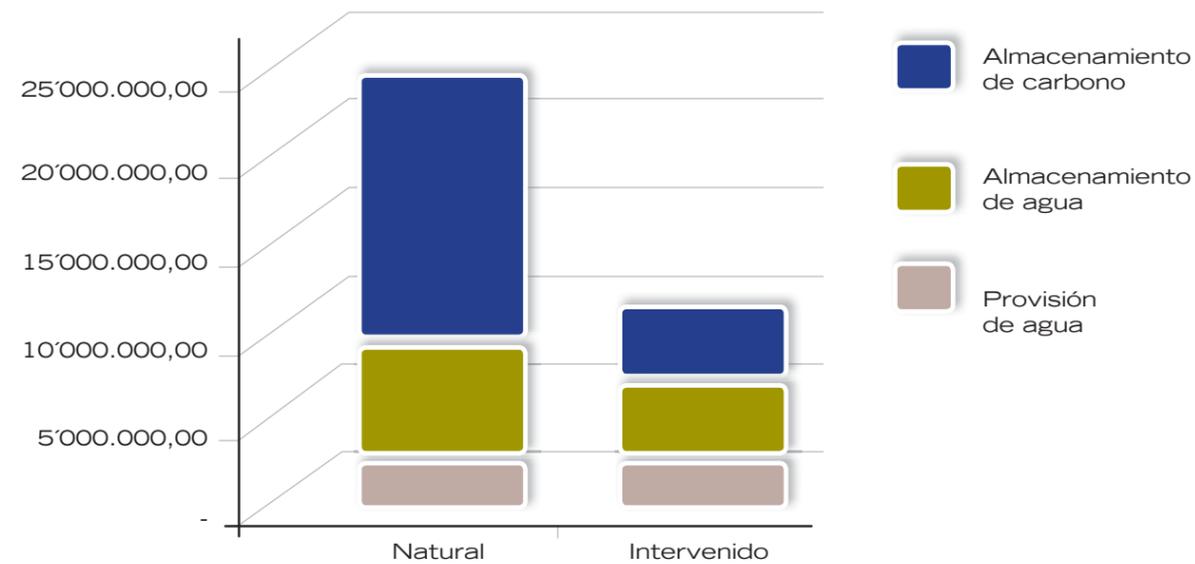
Entonces, la adición total (para toda la superficie de bofedales de las zonas de estudio) de los valores de uso directo e indirecto de los 3 servicios ambientales considerados, nos da un Valor Económico de USD 3,9 millones para los bofedales de las localidades de Oña-Nabón-Saraguro-Yacuambi, y de USD 24,7 millones para los bofedales del frente Suroccidental de Tungurahua. La composición de estos valores se muestra a continuación en los gráficos 4 y 5 (mayor detalle en los Anexos ONSY5 y FSOT4).

**GRÁFICO 6:**  
Valores de los Servicios Ambientales de los Bofedales de Oña-Nabón-Saraguro-Yacuambi (en dólares)



## DISCUSIÓN

**GRÁFICO 7:**  
Valores de los servicios ambientales de los bofedales del Frente Suroccidental de Tungurahua y su posible alteración (en dólares)



Dado que el servicio de provisión de agua estaba expresado como un flujo anual (\$/ha/año), fue necesario expresarlo como un valor total a perpetuidad. Para ello se utilizó el concepto económico de Valor Actual Neto (para una perpetuidad)<sup>10</sup> el que se obtiene dividiendo el ingreso anual para la tasa de descuento intertemporal. En este caso, para la tasa de descuento intertemporal se tomó como referencia la tasa de interés pasiva promedio de los últimos 5 años (2005-2010) que es de 6,73% (Banco Central, 2010).

Cabe aclarar que la presente valoración busca resaltar en términos económicos la importancia de los humedales altoandinos, concretamente los bofedales, en la provisión de servicios ambientales que aportan al bienestar de las poblaciones locales, regionales e incluso a nivel global. Por ello, no se puede interpretar

estos resultados en términos de bienes privados económicos y de comparar los servicios ambientales entre sí y buscar el de mayor importancia. Por el contrario, entre los tres existen interacciones que los hacen dependientes y que los fortalecen. Por ejemplo, la alta acumulación de materia orgánica (carbono) facilita la retención hídrica (almacenamiento) en los páramos y bofedales (Céleri, 2009).

Para calcular la posible pérdida de SAs y su valor, en el caso de intervención en los bofedales de Tungurahua, podemos asumir que las 1971 ha de bofedales son intervenidas y presentan características similares de aquellas degradadas. Entonces, la pérdida total de valor económico de los SAs puede ascender a USD 13,6 millones, disminuyendo de los USD 24,7 millones a USD 11,1 millones (Gráfico 5).

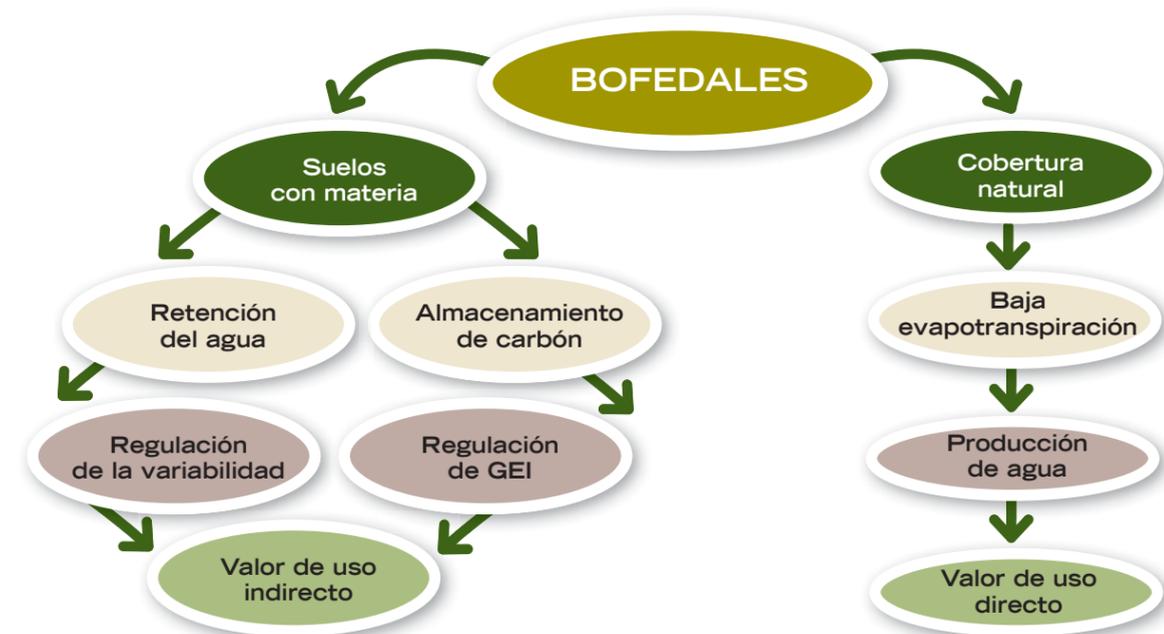
Los páramos son vitales para el servicio ambiental hídrico, tanto en lo referente a volumen anual producido como en la regulación de caudales, dado que existe una precipitación continua y niebla permanente en ellos a lo largo del año que produce una baja evapotranspiración y una alta humedad que se traducen en una saturación permanente de los suelos. La calidad de agua proveniente de los páramos es muy buena ya que contiene una baja cantidad de sedimentos, lo cual facilita el tratamiento de potabilización para agua de consumo humano (Céleri, 2009).

De esta manera, pueden definirse los servicios ambientales de provisión de agua y almacenamiento de agua y carbono a través de las características y elementos de los bofedales que permiten se configuren

dichos SAs o como flujos (provisión de agua) o como características de los humedales (almacenamiento de agua y carbono) (Farley y Constanza, 2010) (Ver Gráfico 6). Puesto que la cobertura natural del ecosistema páramo (en el cual se encuentran los bofedales) produce una baja evapotranspiración y una alta humedad que se traducen en una saturación permanente de los suelos, entonces la existencia de ésta facilita altos rendimientos hídricos que se traducen en provisión de agua.

Es decir, del total de precipitación en el páramo el 67% se transforma en rendimiento hídrico (Buytaert et al., 2006). El rendimiento hídrico del bofedal, manifestado en la provisión de agua, representa un valor de uso directo por parte de la población que la utiliza para consumo humano, riego o abrevadero.

**GRÁFICO 8:**  
Caracterización de los SAs de provisión de agua, almacenamiento de agua y carbono de los bofedales



<sup>10</sup> JCon la fórmula VAN a perpetuidad = flujo anual cte/[1+1/r], r es la t interés pasiva

Los suelos de los bofedales, clasificados como histosoles, se caracterizan por contener elevados contenidos de materia orgánica. Dichos contenidos de materia orgánica permiten que estos suelos tengan una alta retención de agua la cual conforma el servicio ambiental de regulación hídrica (Céleri, 2009). Es decir, la regulación de variabilidad de caudales permite que las fuertes lluvias no se conviertan en excesos de agua inmediatamente. Por el contrario, el suelo permite almacenar esta cantidad de agua y proveerla en la época seca. Este servicio ambiental tiene un valor de uso indirecto ya que provee el beneficio indirecto de regular caudales, y almacenar agua y convertirla en provisión en la época seca (Stolk et al., 2006).

Los suelos con alta materia orgánica también configuran el servicio ambiental de almacenamiento de carbono. Dada las características de la turba y bofedales de almacenar carbono y evitar su descomposición, entonces se evita la emisión de CO<sub>2</sub> a la atmósfera el cual constituye el principal GEI. El evitar la emisión de CO<sub>2</sub> contribuye a la regulación de gases y a evitar el agravamiento del cambio climático (IPCC, 2007). El servicio ambiental de almacenamiento de carbono también constituye un valor de uso indirecto a través de la regulación de gases y su influencia en el sistema que determina la estabilidad climática.

Con fundamentos en la comprensión biofísica y ambiental de cómo se generan o se estructuran los SAs, se escogieron las metodologías de valoración respectivas. En este sentido, para la provisión de agua se escogió el método del costo de oportunidad al ser la cobertura uno de los elementos claves en determinar una baja evapotranspiración y buenos rendimientos hídricos. Por otro lado, los métodos del costo del daño evitado fueron utilizados para los servicios indirectos dado que su función de regulación generalmente no es apreciada hasta que se pierde.

En el caso del servicio ambiental provisión de agua, los resultados ob-

tenidos son flujos anuales de servicios ambientales hídricos expresados en términos monetarios. Lo anterior se debe a que este servicio ambiental puede ser conceptualizado como un recurso (o flujo) generado por un stock (ecosistema) (Farley y Constanza, 2010). Entonces, su valoración indica aportes anuales de de 99,7 USD/ha/año o de USD 21.725,12 por año para todos los bofedales de la zona de Oña, Saraguro y Yacuambi.

Por otro lado, los SAs de almacenamiento de agua y carbono no constituyen flujos como tales; sino características específicas de un ecosistema (en este caso los bofedales) que permiten exista determinada función (Farley y Constanza, 2010). Entonces, la valoración de estos servicios arroja un resultado económico (manifestados monetariamente) que no son aportes anuales sino el valor total del servicio. El valor del servicio almacenamiento de agua es USD 696,9 miles y el de carbono es USD 2,9 millones.

Con la finalidad de poder integrar estos distintos valores, se procedió a calcular el valor total de los flujos anuales del servicio ambiental provisión de agua. Para ello fue necesario calcular el valor presente de la perpetuidad que generan los flujos de este servicio. O sea, sumar en valor de dinero del presente la proyección al infinito de los flujos económicos que se generan de este servicio. Aún con las limitantes que puede implicar esto, como la elección de la tasa de descuento intertemporal (Bateman et al., 2003); y el considerar que los flujos de provisión de agua se mantienen en el tiempo; la finalidad era poder considerar valores totales e integrarlos con los valores totales de los otros servicios ambientales que no constituyen flujos.

De la integración de valores podemos observar que en términos económicos, el mayor aporte lo constituye el servicio de almacenamiento de carbono. Este resultado no puede interpretarse bajo una lógica simple económica de stock y flujo, en el sentido de concentrarse tan sólo en incrementar y acumular el valor de

este servicio sin considerar su funcionamiento e interrelaciones con los otros (Farley y Constanza, 2010; Norgaard, 2010). Por el contrario, existe interrelación entre estos SAs; por ejemplo, la mayor presencia de materia orgánica (carbono) favorece la retención y almacenamiento de agua (Buytaert et al., 2006).

Inclusive, es necesario considerar que el ejercicio de valor fue enfocado en el valor para los diferentes usuarios e interesados de los SAs. De esta manera, el valor local del servicio de provisión de agua puede tener un mayor peso en las poblaciones locales, mientras que el servicio de almacenamiento de agua y su consecuente regulación tiene mayor peso para las poblaciones regionales (ciudades y otros usuarios del agua en la parte baja). Por último, el servicio de almacenamiento de carbono tiene beneficiarios a escala global (Hein et al., 2006).

A lo anterior se añade que la distribución desigual de costos y beneficios de la conservación de los bofedales de la zona influye en la baja valoración de los mismos, dado que, normalmente, los beneficiarios del servicio ambiental (como los son todas las poblaciones aguas abajo) del humedal no son quienes soportan el costo de su conservación que son los pobladores con ganadería en el páramo y las entidades que manejan el Bosque Protector de los Ríos León, Shincata, y San Felipe de Oña.

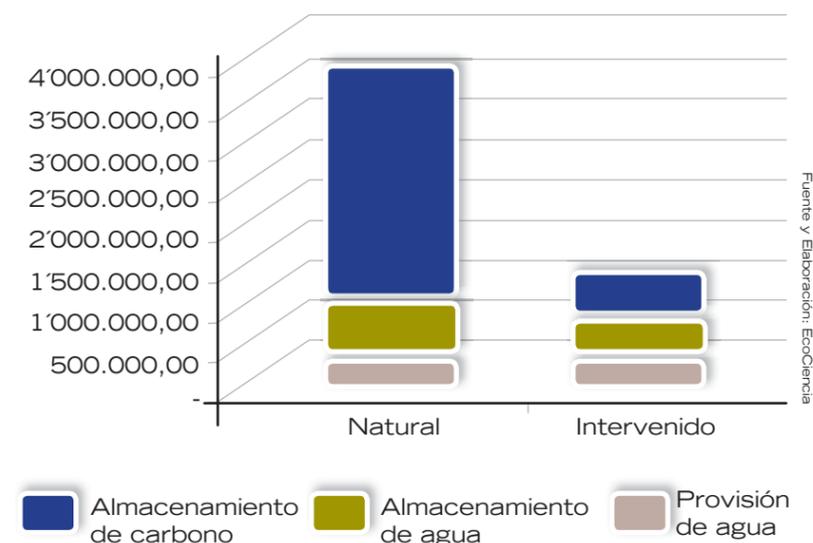
Entonces, surgen otras interrogantes y proyecciones de investigación a futuro. Bajo actuales prioridades a nivel global de fortalecer aquellos sumideros de carbono, ¿es posible manejar estos ecosistemas con énfasis mayor en determinado servicio (por ejemplo carbono)?; ¿qué implica aquellos si el beneficio mayor a escala local y regional es el agua (provisión y almacenamiento)? Más allá, se requiere un mejor conocimiento de los tradeoffs específicos entre el impacto de aquellas actividades económicas locales (agricultura y ganadería) y el funcionamiento de éstos SAs.

Basados en los datos levantados sobre los SAs de almacenamiento de

agua y carbono en el segundo sector de estudio del Proyecto, los páramos del Frente Suroccidental en la Provincia de Tungurahua, podemos elucidar hipótesis sobre la pérdida de los SAs y su valor cuando los bofedales son sometidos a procesos varios de intervención (agricultura, ganadería, infraestructura, variaciones climáticas) (Castro, 2010a, b).

En el caso del servicio ambiental de almacenamiento de agua, los bofedales de zonas intervenidas en Tungurahua pierden, en promedio, un 25,3% de su capacidad de retención de agua (Villaruel 2010b). Para el servicio ambiental de almacenamiento de carbono la pérdida, en promedio, es de 86% (Castro, 2010a, b). De esta manera, si asumimos que las 218 ha de bofedales de Oña-Nabón-Saraguro-Yacuambi son intervenidas y presentan características similares de aquellas degradadas en Tungurahua, la pérdida total de valor económico de los SAs puede ascender a USD 2,7 millones, disminuyendo de los USD 3,9 millones a USD 1,2 millones (Gráfico 6).

**GRÁFICO 9:**  
Posible pérdida de los valores de SAs de bofedales en Oña, Saraguro y Yacuambi (en dólares)



**E**n lo que se refiere al Frente Suroccidental de Tungurahua, la información sobre la pérdida de SAs y de los beneficios o valor que aportan a los diferentes usuarios locales, regionales y globales nos indica que si continua la degradación e intervención en los bofedales existe una pérdida potencial del 55% de su valor de USD 24,7 millones a USD 11,1 millones.

Esta información preliminar nos indica sobre la pérdida de SAs y de los beneficios o valor que aportan a los diferentes usuarios locales, regionales y globales. No obstante, se debe profundizar el conocimiento sobre cómo los diferentes tipos y niveles de intervención (agricultura, ganadería, variación climática) afectan a los SAs y su funcionamiento en escalas mayores como los son las cuencas hídricas. Lo anterior con la finalidad de conocer si prácticas alternativas permiten mantener actividades económicas y opciones de beneficio para los pobladores locales al tiempo que no se genera una fuerte afectación a SAs, o incluso si permiten restaurar áreas intervenidas. Por ejemplo, en los agroecosistemas y zonas degradadas, la adopción de medidas de conservación puede generar beneficios directos a los agricultores y también puede traer beneficios hidrológicos a las zonas bajas (Céleri, 2009).

La importancia de los bofedales secundarios de las zonas de estudio es su abastecimiento de agua y regulación del ciclo en el nacimiento mismo las microcuencas. Por esto, abastecen de agua tanto para riego y consumo (junto a los otros ríos y quebradas que nacen en la zona) a las poblaciones. Sin embargo, la provisión de este servicio hídrico está siendo afectada por el avance de la frontera agrícola, siembra de pinos, quemadas, pisoteo de ganado, minería, entre otras intervenciones (Santos, 2010a, b).

A pesar de que los índices de agua no muestran todavía una mala calidad del agua (Calderón, 2010a, b), el avance de las diferentes presiones, en especial la minería y apertura de vías afectando a los humedales, pueden ocasionar que a futuro el deterioro de la calidad de agua sí sea significativo. En Oña-Nabón-Saraguro-Yacuambi, con la consolida-

ción del Bosque Protector de los Ríos León, Shincata y Oña, se espera pueda mejorar dicha situación y mitigar las presiones en la zona de las lagunas y humedales de importancia hídrica para el abastecimiento.

Nuevamente, el problema práctico (y reconocido en la teoría) es quien es el beneficiario de dicho servicio y quien soporta el costo de su conservación, sobre todo cuando este tiene características de bien público (Barbier et al., 1997). Para el servicio hídrico de los bofedales, los beneficiarios son varios: regantes, consumidores domésticos rurales y urbanos. Por otro lado, quienes soportan el costo de su conservación son las áreas protegidas (Bosque Protector de los Ríos León, Shincata y Oña, y la Reserva Chimborazo) que tienen que asignar recursos para el control, vigilancia y su protección, así como los pobladores locales que renuncian a la rentabilidad de la ganadería para conservar la cobertura natural que provee el servicio de manera adecuada.

Por ello, uno de los retos es pensar en esquemas de manejo y gobernanza que permitan cuidar los servicios ambientales en el marco de gestión integrada de recursos hídricos. Una de las opciones propuestas es utilizando los esquemas de pagos por servicios ambientales (PSA) (Engel et al., 2008). No obstante, el proceder (únicamente) con la lógica económica de los tradiciones PSA, limitamos la necesidad de otros esfuerzos, institucionalidad, investigación y formas de manejo para hacer frente al reto de conservar los SAs (Norgaard, 2010).

Entonces, en lugar de forzar a que los SAs se adapten a modelos de mercado exclusivamente, se debe buscar que la institucionalidad se adapte a la realidad y características físicas de dichos SAs (Farley y Constanza, 2010). En esta línea, las experiencias en el manejo de los páramos de las Mancomunidades del Río Jubones, en la zona de Oña-Nabón-Saraguro-Yacuambi, y del Frente Suroccidental de Tungurahua, son ejemplos positivos que pueden articular esfuerzos conjuntos para el manejo y conservación de los humedales, desde una perspectiva de gestión integrada de cuencas hídricas.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

**L**os humedales son recursos plurifuncionales que suministran productos importantes que suelen ser o no comercializados o cumplen funciones para usos de subsistencia. Además, desempeñan un número elevado de funciones ecológicas que sustentan la actividad económica, las cuales no son comercializadas o monetizadas ya que el apoyo es indirecto. Por esta razón, dichos servicios ambientales no suelen ser valorados e incluidos en las decisiones de uso y manejo de estos ecosistemas. La dificultad para el reconocimiento de los valores de los humedales radica en que algunos servicios ambientales, recursos biológicos y valores recreativos poseen cualidades de lo que se denomina un bien público y como tal suelen ser percibidos como gratuitos.

En la zona de estudio, la presencia de humedales como bofedales y lagunas tiene una alta importancia en el ciclo hidrológico del páramo a través de la provisión y regulación hídrica. En estos humedales se estima que un cambio del uso del suelo tendrá un alto impacto tanto en la calidad de agua como en la regulación. Por lo tanto, con la finalidad de adoptar mejores decisiones en relación con el uso y manejo de los servicios de los ecosistemas de los bofedales debe evaluarse su importancia para la sociedad humana.

Por ello, la valoración económica busca medir los beneficios de los servicios ambientales brindados por los humedales con la finalidad de promover la adopción de decisiones más equilibradas que faciliten y mejoren el uso racional y el manejo/gestión de los humedales.

Para Oña-Nabón-Saraguro-Yacuam-

bi, el valor económico del servicio ambiental de provisión de agua de las 218 ha de bofedales de la zona de estudio, es de USD 21.725,12 por año, lo cual en Valor Actual Neto a perpetuidad da un valor de USD 344,5 miles. El valor del servicio de almacenamiento de agua en los bofedales es de USD 696,9 miles; lo cual representa un valor de 3.196,8 \$/ha. El valor del servicio ambiental de almacenamiento de carbono en el suelo

**En la zona de estudio, la presencia de humedales como bofedales y lagunas tiene una alta importancia en el ciclo hidrológico del páramo a través de la provisión y regulación hídrica.**

de los bofedales es de 13.340,62 \$/ha; lo cual representa un valor total de USD 2,9 millones para toda la superficie de bofedales. La integración total de los tres SAs nos indica que la superficie de 218 ha de bofedales generan un valor total de USD 3,9 millones.

Para el Frente Suroccidental de Tungurahua, el valor económico del servicio ambiental de provisión de agua de las 1971 ha de bofedales de la zona de

estudio es de USD 196,4 miles por año, lo cual en Valor Actual Neto a perpetuidad da un valor de USD 2,9 millones.

De la integración de valores podemos observar que en términos económicos, el mayor aporte lo constituye el servicio de almacenamiento de carbono.



no. Este resultado no puede interpretarse bajo una lógica simple económica de stock y flujo, en el sentido de concentrarse tan sólo en incrementar y acumular el valor de este servicio sin considerar su funcionamiento e interrelaciones con los otros (Farley y Constanza, 2010; Norgaard, 2010). Por el contrario, existe interrelación entre estos SAs; por ejemplo, la mayor presencia de materia orgánica (carbono) favorece la retención y almacenamiento de agua (Buytaert et al., 2006).

Inclusive, es necesario considerar que el ejercicio fue enfocado en el valor para los diferentes usuarios y stakeholders de los SAs. De esta manera, el valor local del servicio de provisión de agua puede tener un mayor peso en las poblaciones locales, mientras que el servicio de almacenamiento de agua y su consecuente regulación tiene mayor peso para las poblaciones regionales (ciudades y otros usuarios del agua en la parte baja). Por último, el servicio de almacenamiento de carbono tiene beneficiarios a escala global (Hein et al., 2006).

Como recomendación, se debe profundizar el conocimiento sobre cómo los diferentes tipos y niveles de intervención (agricultura, ganadería, variación climática) afectan a los SAs y su funcionamiento en escalas mayores como los son las cuencas hídricas. Lo anterior con la finalidad de conocer si prácticas alternativas permiten mantener actividades económicas y opciones de beneficio para los pobladores locales, al tiempo que no se genera una fuerte afectación a SAs, o incluso si permiten restaurar áreas intervenidas. En agroecosistemas y zonas degradadas, la adopción de medidas de conservación podría generar beneficios directos a los agricultores y también puede traer beneficios hidrológicos a las zonas bajas.

Más allá, uno de los retos es pensar qué esquemas de manejo y gobernanza permiten cuidar los servicios ambientales en el marco de gestión integrada de recursos hídricos y si realmente las mancomunidades están realizando esfuerzos para el manejo y conservación de los humedales desde una perspectiva de gestión integrada.

## Referencias bibliográficas

- Balmford, A., A. Bruner, P. Cooper, R. Costanza, S. Farber, R.E. Green, M. Jenkins, P. Jefferies, V. Jessamy, J. Madden, K. Munro, N. Myers, S. Naeem, J. Paavola, M. Rayment, S. Rosendo, J. Roughgarden, K. Trumper y R.K. Turner. 2002. Economic reasons for conserving wild nature. *Science* 297: 950-953.
- Banco Central. 2010. Evolución del Crédito y Tasas de interés. <http://www.bce.fin.ec/frame.php?CNT=ARB0000929>
- Barbier, E., M. Acreman y D. Knowler. 1997. Valoración Económica de los Humedales, guía para decisores y planificadores. Oficina de la Convención Ramsar. Gland.
- Barragán, C. 2008a. Documento Final Línea Base de las Encuestas Socioeconómicas para el Proyecto Páramo Andino PPA. EcoCiencia.
- Barragán, C. 2008b. Base de Datos de las Encuestas Socioeconómicas del Proyecto Páramo Andino PPA. EcoCiencia. Documento Interno.
- Barrantes, G. y M. Vega. 2001. Evaluación del Servicio Ambiental Hídrico en la Cuenca del Río Savegre con fines de Ordenamiento Territorial. Desarrollo Sostenible de la Cuenca hidrográfica del Río Savegre. Costa Rica.
- Bateman, I., A. Lovett y J. Brainard. 2003. Applied environmental economics: a GIS approach to cost/benefit analysis. Cambridge University Press. Cambridge.
- Buytaert, W., R. Céleri, B. De Bièvre, R. Hofstede, F. Cisneros, G. Wyseure y J. Deckers. 2006. Human impact on the hydrology of the Andean páramos. *Earth Science Reviews* 79: 53-72.
- Biao, Z., L. Wenhua, X. Gaudi y X. Yu. 2010. Water conservation of forest ecosystems in Beijing and its value. *Ecological Economics* 69: 1416-1426.
- Calderón, M. 2010a. Estudio de calidad del agua de formación de los humedales de Oña-Nabón-Saraguro-Yacuambi. Proyecto Creación de Capacidades para la Valoración Socioeconómica de Humedales AltoAndinos. Wetlands International / EcoCiencia. Documento sin publicar.
- Calderón, M. 2010b. Estudio de calidad del agua de formación de los humedales del Frente Sur Occidental de Tungurahua. Proyecto Creación de Capacidades para la Valoración Socioeconómica de Humedales AltoAndinos. Wetlands International / EcoCiencia. Documento sin publicar.
- Castro, M. 2010a. Valoración económica del almacenamiento de agua y carbono en los bofedales de Oña-Nabón-Saraguro-Yacuambi. Proyecto Creación de Capacidades para la Valoración Socioeconómica de Humedales AltoAndinos. Wetlands International. EcoCiencia. Documento sin publicar.
- Castro, M. 2010b. Valoración económica del almacenamiento de agua y carbono en los bofedales del Frente Sur Occidental de Tungurahua. Proyecto Creación de Capacidades para la Valoración Socioeconómica de Humedales AltoAndinos. Wetlands International. EcoCiencia. Documento sin publicar.
- Céleri, R. 2009. Estado del conocimiento técnico sobre los servicios ambientales hidrológicos generados en los

Andes. Servicios ambientales para la conservación de los recursos hídricos: lecciones desde los Andes. Síntesis Regional CONDESAN.

- Consejo Provincial Tungurahua. 2010. Presidente de la República suscribe contrato de crédito para la construcción de la Presa Chiquiurco. [http://www.tungurahua.gov.ec/images/stories/SUSCRIBE\\_CONTRATO\\_CHIQUIURCO668.pdf](http://www.tungurahua.gov.ec/images/stories/SUSCRIBE_CONTRATO_CHIQUIURCO668.pdf)

- Cuesta-Camacho F., M. Peralvo, A. Ganzenmüller, M. Sáenz, J. Novoa, G. Riofrío y K. Beltrán. 2007. Identificación de vacíos y áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad terrestre en el Ecuador continental. Páginas 15-36. En: Campos F., Peralvo M., Cuesta-Camacho F. & S. Luna (Eds.). 2007. Análisis de vacíos y áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad en el Ecuador continental. Instituto Nazca de Investigaciones Marinas, EcoCiencia, Ministerio del Ambiente, The Nature Conservancy, Conservación Internacional, Proyecto GEF: Ecuador Sistema de Áreas Protegidas, BirdLife Internacional y Aves & Conservación. Quito, Ecuador.

- Díaz, M., G. Zegers y J. Larraín. 2005. Antecedentes sobre la importancia de las turberas y el Pompón en la Isla Chiloé. Fundación Senda Darwin. Santiago.

- De Groot, R., M. Stuij, M. Finlayson y N. Davidson. 2007. Valoración de los Humedales. Lineamientos para valorar los beneficios derivados de los servicios de los ecosistemas de humedales. Informe Técnico Ramsar. Número 3. Número 27 de la serie de publicaciones técnicas del CDB.

- Engel, S., S. Pagiola y S. Wunder. 2008. Designing payments for environmental services in theory and practice: an overview of the issues. *Ecological Economics* 65: 663-674.

- Farley, J. y R. Constanza. 2010. Payments for ecosystem services: From local to global. *Ecological Economics* 69: 2060-2068.

- Flachier, A., M. Chinchero, P. Lima y M. Villarroel. 2009. Caracterización ecológica de las turberas y bofedales del sistema de humedales Amaluza, nudo de Sabanilla, provincia de Loja, Ecuador. Proyecto de Gestión de Humedales Altoandinos. EcoCiencia-MAE. Quito, Ecuador. 29 pp.

- FSO. 2009. Plan de Manejo Páramos de la Mancomunidad "Frente Sur Occidental". Frente Sur Occidental de Tungurahua. No publicado.

- Gortaire, E. 2010a. Caracterización florística de las Turberas y Bofedales del Sistema de Humedales de Oña-Nabón-Saraguro-Yacuambi, Provincias de Loja, Azuay y Zamora Chinchipe, Ecuador. Proyecto Creación de Capacidades para la Valoración Socioeconómica de Humedales AltoAndinos. Wetlands International. EcoCiencia. Documento sin publicar.

- Gortaire, E. 2010b. Caracterización florística de las turberas localizadas en los páramos del Frente Sur Occidental de Tungurahua, Ecuador. Proyecto Creación de Capacidades para la Valoración Socioeconómica de Humedales AltoAndinos. Wetlands. EcoCiencia. Documento sin publicar.

- Hein, L., K. van Koppen, R.S. de Groot y E.C. van Ierland. 2006. Spatial scales, stakeholders and the valuation of ecosystem services. *Ecological Economics* 57 (2): 209-228.

- IPCC. 2007. Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (Eds.)], Cambridge University Press. Cambridge y Nueva York.

- Izurieta X. 2004. Los humedales de altura: ecosistemas por explorar y proteger. En: Mena Vásquez, P. (ed.). 2004. Páramo y humedales. Serie Páramo 14.

- Jenkins W., B. Murray, R. Kramer y S. Faulkner. 2010. Valuing ecosystem services from wetlands restoration in the Mississippi Alluvial Valley. *Ecological Economics* 69: 1051-1061.

- Lee J., J. Hopmans, D. Rolston, S. Baer y J. Six. 2009. Determining soil carbon stock changes: Simple bulk density corrections fail. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 134: 251-256.

- Luteyn, J. 1999. Páramos – A checklist of plant diversity, geographical distribution and botanical literature. NYBG Press. Nueva York.

- MA (Millennium Ecosystem Assessment), 2005. *Ecosystems and Human Well-being: a Framework for Assessment*. Island Press. Washington.

- MAE, Universidad de Cuenca y Prefectura del Azuay. 2009. Plan de manejo de los Recursos Naturales de las Microcuencas Altas de los Ríos León, Shincata, y San Felipe de Oña. Ilustre Municipalidad del Cantón Nabón. Ilustre Municipalidad del Cantón Oña.

- Medina, G. y P. Mena Vásquez. 2001. Los páramos en el Ecuador. En: Mena V., P., G. Medina y R. Hofstede (Eds.). *Los Páramos del Ecuador. Particularidades, problemas y perspectivas*. Proyecto Páramo/Abya Yala. Quito.

- Mitsch, W.J., J.G. Gosselink, L. Zhang y C.J. Anderson. 2009. *Wetland Ecosystems*. Wiley. Nueva York

- Muñoz-Piña, C., A. Guevara, J. Torres y J. Braña. 2008. Paying for the hydrological services of Mexico's Forests: Analysis, negotiations and results. *Ecological Economics* 65 (4): 725-736.

- NCI, CEDERENA y EcoDecisión. 2007. Creación de un Sistema Financiero y Económico para la conservación del Agua en Loja y Zamora Chinchipe. Loja.

- Norgaard, R. 2010. Ecosystem services: from eye-opening metaphor to complexity blinder. *Ecological Economics* 69 (6): 1219-1227.

- Pearce, D. y K. Turner. 1995. *Economía de los Recursos Naturales y del Medio Ambiente*. Colegio de Economistas de Madrid. Celeste Ediciones. Madrid.

- Prieto G., H. Alzérreca, J. Laura, D. Luna y S. Laguna. 2002. Características y Distribución de los Bofedales en el Ámbito Boliviano del Sistema T.D.P.S. En: Rocha O. y C. Suárez (eds.). 2002. *Uso Pastoral en Humedales Altoandinos. Talleres de capacitación para el manejo integrado de los humedales altoandinos de Argentina, Bolivia, Chile y Perú*. Sitio Ramsar-Lago Titicaca, Huarina, 28 de octubre al 1 de noviembre de 2002. Convención Ramsar, WCS/ Bolivia. La Paz.

- Robles, M. 2008. Informe de medición y análisis de los indicadores para el sistema de monitoreo del Proyecto Páramo Andino en Ecuador en la zona de Jimbura, Loja. Proyecto Páramo Andino PPA. EcoCiencia. Quito.

- Rodríguez, A. 1983. Evolución Indirecta de los Recursos Hídricos de una Cuenca. Instituto Costarricense de electricidad. Departamento Estudios Especiales. San José.

- Santos, F. 2010a. Caracterización geográfica de las Turberas y Bofedales del Sistema de Humedales de la planicie de Tres Lagunas y bajos del río Shincata, Provincias de Loja, Azuay y Zamora Chinchipe, Ecuador. Proyecto Creación de Capacidades para la Valoración Socioeconómica de Humedales AltoAndinos. Wetlands International / EcoCiencia. Documento sin publicar.

- Santos, F. 2010b. Caracterización geográfica de las Turberas y Bofedales del Sistema de Humedales en los páramos del Frente Sur Occidental de Tungurahua, Ecuador. Proyecto Creación de Capacidades para la Valoración Socioeconómica de Humedales AltoAndinos. Wetlands International / EcoCiencia. Documento sin publicar.

- Stolk, M., P.A. Verweij, M. Stuij, C.J. Baker y W. Oosterberg. 2006. Valoración Socioeconómica de los Humedales en América Latina y el Caribe. Wetlands International. Países Bajos.

- Turner, K., van den Bergh J., Söderqvist T., Barendregt A., van der Straaten J., Maltby E. y van Ierland E. 2000. Ecological-economic analysis of wetlands: scientific integration for management and policy. Ecological Economics. 35 (1): 7-23.

- UNEP. 2008. Payments for Ecosystem Services: Getting Started. A Primer. Nairobi.

- Villarroel, M. 2010a. Almacenamiento de agua y carbono en turba en los cantones Yacuambi y Oña, sector de Tres Lagunas. Proyecto Creación de Capacidades para la Valoración Socioeconómica de Humedales AltoAndinos. Wetlands International / EcoCiencia. Documento sin publicar.

- Villarroel, M. 2010b. Almacenamiento de agua y carbono en turba en los páramos del Frente Sur Occidental de Tungurahua. Proyecto Creación de Capacidades para la Valoración Socioeconómica de Humedales AltoAndinos. Wetlands International / EcoCiencia. Documento sin publicar.

# ANEXOS

## Oña-Nabón-Saraguro-Yacuambi

### Anexo ONSY 1

**Precipitación media mensual (mm), según las estaciones de Nabón y Oña**

MES	ESTACIÓN NABÓN M-420	ESTACIÓN OÑA M-421
	PROMEDIO (mm)	PROMEDIO (m)
Enero	68,5	45,1
Febrero	89,2	68,8
Marzo	126,5	77,4
Abril	96,6	67,8
Mayo	54,1	36,4
Junio	33,8	26,1
Julio	21,2	23,9
Agosto	24,4	20,8
Septiembre	36,7	29,5
Octubre	64,3	34,8
Noviembre	64,2	30,9
Diciembre	61,5	43,6
<b>ANUAL</b>	<b>741,0</b>	<b>505,1</b>

Fuente: MAE, 2009; Elaboración: EcoCiencia

### Anexo ONSY 2

#### Parámetros para la valoración del SA de provisión de agua

PARÁMETROS	VALOR	UNIDADES
VP	0,03	\$/m <sup>3</sup>
Costo de oportunidad	126,15	\$/ha/año
Área de bofedales	218	Ha
Volumen de agua disponible	1'101.118	m <sup>3</sup> /año
Precipitación	505,10	mm/año
Índice de protección hidrológica	0,79	
Oferta hídrica	737.749,06	m <sup>3</sup> /año

### Anexo ONSY 3

#### Parámetros para la valoración del SA de almacenamiento de agua

PARÁMETROS	VALOR	UNIDADES
Almacenamiento de agua en suelo	Muestra 1	87,60 %
	Muestra 2	84,50 %
	Promedio	86,10 %
Superficie de bofedales	218	Ha
Profundidad del nivel freático	20	cm
Volumen de agua	375.265,20	m <sup>3</sup>
Capacidad de la represa Chiquiurco	2'800.000	m <sup>3</sup>
Costo total de la represa	5'200.000	\$
Costo unitario	1,86	\$/m <sup>3</sup>
Valor total del almacenamiento de agua	696.921,10	\$
Valor unitario del almacenamiento de agua	3.196,90	\$/ha

### Anexo ONSY 4

#### Parámetros para la valoración de SA de almacenamiento de carbono

PARÁMETROS	VALOR	UNIDADES
Almacenamiento de agua en suelo	Muestra 1	25,50 %
	Muestra 2	27,50 %
	Promedio	26,50 %
Superficie de bofedales	218	Ha
Profundidad de capa de materia orgánica en suelo	10	cm
Volumen del suelo de bofedales	218.000	m <sup>3</sup>
Densidad en muestra de bofedales	0,92	g/cm <sup>3</sup>
Peso en suelo de bofedales	199.688	T
Carbono orgánico en suelo de bofedales	52.877,38	T
CO <sub>2</sub> potencial a emitir	193.883,74	T
Costo social del carbono	15	\$/t CO <sub>2</sub>
Valor total del almacenamiento de carbono	2'908.256	\$
Valor unitario del almacenamiento de carbono	13.340,62	\$/ha

### Anexo ONSY 5

#### Integración de valores

SERVICIOS AMBIENTALES	POR HECTÁREA		TOTAL SUPERFICIE	
Provisión de agua	99,66	\$/ha/año	344.535,26	\$
Almacenamiento agua	3.196,89	\$/ha	696.921,09	\$
Almacenamiento carbono	13.340,62	\$/ha	2'908.256,03	\$
<b>TOTAL</b>			<b>3'949.712,38</b>	<b>\$</b>

# FRENTE SUROCCIDENTAL DE TUNGURAHUA

## Anexo FSOT 1

### Parámetros para la valoración de SA de provisión de agua

PARÁMETROS	VALOR	UNIDADES
VP	0,02	\$/m <sup>3</sup>
Costo de oportunidad	126,15	\$/ha/año
Área de bofedales	1.971	Ha
Volumen de agua disponible	15'768.000	m <sup>3</sup> /año
Precipitación	800	mm/año
Índice de protección hidrológica	0,79	
Oferta hídrica	10'564.560	m <sup>3</sup> /año

## Anexo FSOT 2

### Parámetros para la valoración de SA de almacenamiento de agua PÁRAMO NATURAL

PARÁMETROS	VALOR	UNIDADES	
Almacenamiento de agua en suelo	Muestra 1	83,60	%
	Muestra 2	83,60	%
	Muestra 3	92,00	%
	Muestra 4	89,80	%
	Muestra 5	97,40	%
	Muestra 6	86,50	%
	Promedio	88,83	%
Superficie de bofedales	1.971	Ha	
Profundidad de nivel freático	20	cm	
Volumen de agua	3'501.481,50	m <sup>3</sup>	
Capacidad de la represa Chiquiurco	2'800.000,00	m <sup>3</sup>	
Costo total de la represa	5'200.000	\$	
Costo unitario	1,86	\$/m <sup>3</sup>	
Valor total de almacenamiento de agua	6'502.751,40	\$	
Valor unitario de almacenamiento de agua	3.299,21	\$/ha	

## SECTOR DEL PÁRAMO DE IGUALATA INTERVENIDO

PARÁMETROS	VALOR	UNIDADES	
Almacenamiento de agua en suelo	Muestra 7	64,20	%
	Muestra 8	55,00	%
	Muestra 9	61,00	%
	Muestra 10	63,10	%
	Promedio	60,80	%
Superficie de bofedales	1.971	Ha	
Profundidad de nivel freático	20	cm	
Volumen de agua	2'396.834,55	m <sup>3</sup>	
Capacidad de la represa Chiquiurco	2'800.000,00	m <sup>3</sup>	
Costo total de la represa	5'200.000	\$	
Costo unitario	1,86	\$/m <sup>3</sup>	
Valor total del almacenamiento del agua	4'451.264,20	\$	
Valor unitario del almacenamiento de agua	2.258,37	\$/ha	

### Anexo FSOT 3

#### Parámetros para la valoración de SA de almacenamiento de carbono

#### PÁRAMO NATURAL

PARÁ-METROS	MUES-TRAS	PROCEN-TAJE %	DENSIDAD	VALOR g/c m <sup>3</sup>
Almacena- miento de carbono orgánico en suelo	Muestra 1	6,00	p1	0,82
	Muestra 2	6,60	p2	1,11
	Muestra 3	16,30	p3	1,08
	Muestra 4	10,80	p4	1,14
	Muestra 5	21,90	p5	1,08
	Muestra 6	19,20	p6	1,09
	Promedio	13,50	Promedio	1,05
Superficie de bofedales			1.971	Ha
Profundidad de la capa de materia orgánica en suelo			10	cm
Volumen suelo de bofedales			3'501.481,50	m <sup>3</sup>
Densidad en muestra de bofedales			1,05	g/cm <sup>3</sup>
Peso en suelo de bofedales			2'073.305,96	t
Carbono orgánico en suelo de bofedales			279.066,98	t
CO <sup>2</sup> potencial a emitir			1'023.245,60	t
Costo social de carbono			15	\$/t CO <sup>2</sup>
Valor total almacenamiento de carbono			15'348.684	\$
Valor unitario almacenamiento de carbono			7.787,26	\$/ha

#### SECTOR DEL PÁRAMO DE IGUALATA INTERVENIDO

PARÁ-METROS	MUES-TRAS	PROCEN-TAJE %	DENSIDAD	VALOR g/cm <sup>3</sup>
Almacena- miento de carbono orgánico en suelo	Muestra 7	3,10	p7	1,30
	Muestra 8	2,10	p8	0,71
	Muestra 9	5,40	p9	0,94
	Muestra 10	2,10	p10	0,75
	Promedio	3,50	Promedio	0,99
Superficie de bofedales			1.971	Ha
Profundidad de la capa de materia orgánica en suelo			10	cm
Volumen suelo de bofedales			1'971.000	m <sup>3</sup>
Densidad en muestra de bofedales			0,99	g/cm <sup>3</sup>
Peso en suelo de bofedales			1'943.227,66	t
Carbono orgánico en suelo de bofedales			68.919,81	t
CO <sup>2</sup> potencial a emitir			252.705,96	t
Costo social del carbono			15	\$/t CO <sup>2</sup>
Valor total almacenamiento de carbono			3'790.589,40	\$
Valor unitario almacenamiento de carbono			1.923,18	\$/ha

### Anexo FSOT 4

#### Integración de valores

SERVICIOS AMBIENTALES	NATURAL	INTERVENIDO
Provisión de agua	2'918.618,29 \$	2'918.618,29 \$
Almacenamiento de agua	6'502.751,36 \$	4'451.264,16 \$
Almacenamiento de carbono	15'348.684,01 \$	3'790.589,41 \$
<b>TOTAL</b>	<b>24'770.053,66 \$</b>	<b>11'160.471,86 \$</b>



EcoCiencia



ISBN 978-9942-9984-4



0 17 000 7 9 1 0 0 9 7 7

