

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES  
ESCUELA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**Análisis preliminar de los servicios ecosistémicos de la cuenca media del río  
Pastaza, Ecuador**

**Monografía previa a la obtención del título de Licenciado  
en Ciencias Biológicas**

**JORGE ROBERTO RIVAS RON**

**Quito, 2015**



## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que la Monografía de Licenciatura en Ciencias Biológicas, del Sr. Jorge Rivas Ron ha sido concluida de conformidad con las normas establecidas; por lo tanto, puede ser presentada para la calificación correspondiente.

Dra. Verónica Crespo-Pérez

Directora de la monografía

Quito, 20 de marzo del 2015

## TABLA DE CONTENIDOS

1.	RESUMEN .....	1
2.	ABSTRACT .....	3
3.	INTRODUCCIÓN .....	5
4.	DESARROLLO TEÓRICO .....	7
4.1	LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS.....	7
4.2	LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL PASTAZA.....	12
4.2.1	LA CUENCA ALTA DEL PASTAZA.....	17
4.2.2	LA CUENCA MEDIA DEL PASTAZA .....	19
4.2.3	LA CUENCA BAJA DEL PASTAZA.....	22
4.3	LA BIODIVERSIDAD Y LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN LA CUENCA DEL PASTAZA .....	23
4.4	SERVICIO DE REGULACIÓN HÍDRICA EN LA CUENCA DEL PASTAZA .....	34
4.4.1	Mantenimiento de la calidad del agua .....	35
4.4.2	Disminución de la tasa de escorrentía superficial.....	36
4.4.3	Reducción de la erosión y la sedimentación .....	37
4.4.4	Reducción del impacto de inundaciones y deslaves .....	37
4.4.5	Mejoramiento de la disponibilidad de agua en la época seca .....	38
4.5	LOS USUARIOS DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS .....	39
4.5.1	USUARIOS DE LA BIODIVERSIDAD .....	39
4.5.2	USUARIOS DE LOS RECURSOS HÍDRICOS .....	49
5.	CONCLUSIONES .....	56
6.	RECOMENDACIONES .....	59
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61
8.	FIGURA .....	66
Figura 1.	Mapa de cobertura vegetal de la cuenca del Pastaza, 2012.....	67
9.	TABLAS .....	68
Tabla 1	Superficie total de la cuenca del Pastaza por provincias.....	69
Tabla 2	Superficie de Áreas protegidas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas por provincias en la cuenca media del Pastaza .....	70
Tabla 3	Áreas con contrato con Socio Bosque en la cuenca media del Pastaza.....	71
Tabla 4	Indicadores sociales básicos de la cuenca media del Pastaza .....	72
Tabla 5	Fuentes de agua para consumo humano, caudal (l/s), microcuenca y parroquia que abastecen, en el cantón Baños.....	73
10.	ANEXOS .....	74
Anexo 1	Lista de invertebrados acuáticos de la zona media y baja de la Cuenca del Pastaza.....	75

## 1. RESUMEN

El río Pastaza se forma por la confluencia de los ríos Chambo y Patate en Ecuador. La cuenca media del río Pastaza, comprende los cantones Baños de Agua Santa (provincia Tungurahua), Mera y Pastaza (provincia Pastaza) y Palora (provincia Morona Santiago). La zona se caracteriza por su riqueza en recursos naturales y servicios ecosistémicos.

La principal presión para los sectores más vulnerables de la cuenca consiste en altos niveles de contaminación de los ríos que afectan la calidad del agua para riego y usos humanos, la extracción de madera, la tala del bosque para cultivos, en especial de frutales y la construcción de embalses y proyectos hidroeléctricos.

La presente Monografía es un intento de sistematizar y reflexionar de manera preliminar sobre los servicios ecosistémicos en la cuenca del Pastaza, en especial en su zona media. Este trabajo está basado en varios proyectos e iniciativas desarrollados por varios actores en esta cuenca hidrográfica, en especial por las oficinas de WWF en Ecuador.

Primeramente, se hace una caracterización biofísica y socio-ambiental de la cuenca y de los usuarios principales de los servicios ecosistémicos. Se identifican los principales usuarios del agua y de la biodiversidad – municipios, empresas hidroeléctricas, turísticas e industrias.

Se proponen recomendaciones para la protección de las cabeceras de los ríos y quebradas, así como acciones de conservación y manejo o para restaurar la vegetación natural en la zona.

Con esta Monografía, se intenta demostrar la importancia del concepto de servicios ecosistémicos para la gestión del territorio tanto para el beneficio de los ecosistemas y sus especies, como para el bienestar humano. Se concluye que es necesario incorporar la dimensión social a los análisis técnicos para lograr que las comunidades locales se apropien de los resultados, involucrar a los tomadores de decisiones desde el principio del proceso para asegurar apropiación del mismo.

Palabras claves: Cuenca hidrográfica, Llanganates, Pastaza, Sangay, servicios ecosistémicos.

## 2. ABSTRACT

The Pastaza River in Ecuador is formed by the conjunction of the Chambo and Patate Rivers. The Pastaza River Watershed comprises the following counties (Cantones): Baños de Agua Santa (Tungurahua Province), Mera and Pastaza (Pastaza Province), and Palora (Morona Santiago Province). The entire area is characterized by its natural resources richness and the Ecosystem services it provides.

The main pressures affecting the watershed most vulnerable areas are: (1) highly polluted rivers, which consequently affect the water used for irrigation and human consumption, (2) timber extraction, (3) deforestation associated to forest conversion into agricultural land, particularly for fruit trees, and (4) construction of dams and hydroelectric projects.

This monograph attempts to systematize and provide basis for a preliminary reflection about the ecosystem services provided by the Pastaza Watershed, especially its mid-altitude region. This document is based on the information compiled by several projects and initiatives, implemented by several of the watershed stakeholders, particularly those of the WWF in Ecuador.

At the outset, a biophysical and socio-environmental description of the watershed and its main eco-systemic beneficiaries is provided. The main users of water and biodiversity are identified, among them the municipalities, hydroelectric companies, touristic sector, and industries.

Recommendations for river and ravine headwaters protection are provided, along with suggestions for potential conservation and management actions or for natural vegetation restoration in the area.

This paper aims to demonstrate the importance of the ecosystem services concept for land management, both for the benefit of the ecosystems and their species, as well as for human wellbeing. It reflects the need to incorporate the social dimension to the technical analysis in order to achieve local communities' ownership of the results, involving the decision makers from the beginning of any process to ensure their ownership.

Key words: Ecosystem services, Llanganates, Pastaza, Sangay, Watershed.

### 3. INTRODUCCIÓN

La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EEM, 2005a) determinó que de los 24 servicios ecosistémicos evaluados en todo el mundo, aproximadamente el 60% (15 de 24), se están degradando o se usan de manera no sostenible, especialmente los servicios ecosistémicos relacionados al agua dulce, la pesca, la purificación del aire y del agua, la regulación del clima regional y local, los riesgos naturales y el control de plagas. Los costos totales de esta pérdida y degradación de estos servicios son difíciles de medir, pero los datos disponibles demuestran que dichos costos son considerables y que van en aumento. Muchos servicios de los ecosistemas se han degradado como consecuencia de acciones llevadas a cabo para aumentar el suministro de otros servicios, como los alimentos (EEM, 2005a).

En particular, la degradación y desaparición de humedales y sus servicios ecosistémicos son más rápidas que la experimentada por otros ecosistemas. De igual manera, el estado de la biodiversidad en humedales de agua dulce presenta un deterioro más rápido que el de aquellas especies presentes en otros ecosistemas. (EEM, 2005b). La desaparición y degradación de humedales reducirá su capacidad de mitigar impactos, lo que dará como resultado afectaciones al bienestar humano, especialmente para los más pobres y los grupos minoritarios.

Las represas y otras obras de infraestructura asociadas a proyectos hidroeléctricos y de riego, juegan un papel clave en la fragmentación y modificación de estos hábitats acuáticos, transformando los ecosistemas lóticos (de aguas

corrientes) en ecosistemas lénticos (de aguas estancadas) y semi-lénticos, alterando el flujo de materia y energía, y estableciendo barreras para los movimientos de las especies migratorias (EEM, 2005b).

En este sentido, la caracterización de los servicios ecosistémicos de una cuenca hidrográfica clave del Ecuador como es la cuenca del Pastaza, permite conocer su importancia para la población local y de la región en general. Esto debido a que tradicionalmente, la conservación de los ecosistemas se ha considerado como un costo para la sociedad y no como una inversión que contribuye a mejorar su calidad de vida.

La implementación de mecanismos de conservación con base en el entendimiento de las relaciones de los ecosistemas y cómo estos funcionan, puede contribuir a una mejor conservación y manejo más efectivo, iniciando así una gestión integrada del recurso agua y de la biodiversidad, que supere el modelo de uso actual y aprovechamiento (EEM, 2005b).

En esta Monografía se realiza una caracterización biofísica y socio-ambiental de la cuenca media del Pastaza, en función de dos servicios ecosistémicos claves: la protección de la biodiversidad y la regulación hídrica. Se recalca la necesidad de trabajar con una amplia variedad de actores, tanto públicos como privados. A través de la valoración de los servicios ecosistémicos podemos obtener una idea más completa que nos permite definir los costos y beneficios de las diferentes opciones de política, resaltando las mejores estrategias locales para el mejoramiento de la sostenibilidad económica y el bienestar humano.

## 4. DESARROLLO TEÓRICO

### 4.1 LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Es ampliamente conocido que la naturaleza nos brinda múltiples beneficios que incluyen nuestros alimentos y agua; materiales tales como madera, lana y algodón; y muchos de nuestros medicamentos (EEM, 2005a). Hay otros beneficios menos evidentes, pero igualmente importantes como la regulación del clima, la protección contra las inundaciones, tormentas y otras amenazas naturales. La diversidad de la vegetación natural garantiza la recarga de acuíferos y reduce la erosión del suelo y sedimentación de represas (EEM, 2005b). Asimismo, la naturaleza ofrece oportunidades de recreación, inspiración y realización espiritual. Por último, los sistemas naturales contribuyen a la mitigación y adaptación frente a cambios climáticos.

En este sentido, para entender de mejor manera la conexión entre el estado de estos ecosistemas y el bienestar humano se desarrolló el concepto de servicios ecosistémicos (Daily, 1997), el cual los define como *“los beneficios que las poblaciones humanas obtienen de los ecosistemas, entendidos como el conjunto de organismos, condiciones abióticas y sus interacciones”*.

En el año 2000, la Secretaría General de las Naciones Unidas inició la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EEM). Esta fue una tarea de varias organizaciones del sistema de Naciones Unidas, la cooperación internacional, y el sector académico orientada a evaluar las consecuencias en el bienestar humano de los cambios en los ecosistemas y determinar las bases científicas para mejorar la

conservación y el uso sostenible de los mismos, así como su contribución al bienestar humano.

La EEM define los servicios ecosistémicos de manera mucho más simple como aquellos beneficios que la gente obtiene de los ecosistemas. Los servicios ecosistémicos pueden ser agrupados en dos tipos: los servicios de aprovisionamiento y los de regulación. Los servicios de aprovisionamiento implican la producción de recursos renovables (por ejemplo, alimentos, madera, agua dulce). Los servicios de regulación son los que moldean los cambios ambientales, como por ejemplo, la regulación del clima, el control de plagas o enfermedades, la regulación de ciclos como las inundaciones, degradación de los suelos, desecación y salinización (Cardinale *et al.*, 2012). Los ecosistemas también ofrecen beneficios no materiales, como los valores estéticos y espirituales y culturales, o las oportunidades de recreación y servicios culturales (De Groot *et al.*, 2002).

En el contexto nacional, si bien no hay una definición oficial de servicios ecosistémicos, si existe una definición de servicios ambientales. Así, el artículo 263 del Libro III -del régimen forestal- del Texto Unificado de Legislación Secundaria Ambiental (TULAS) del Ministerio del Ambiente, Tomo I (R.O. del 31-03-2003) define servicios ambientales como los beneficios que *“las poblaciones humanas obtienen directa o indirectamente de las funciones de la biodiversidad, ecosistemas, especies y genes, especialmente ecosistemas y bosques nativos y de plantaciones forestales y agroforestales. Los servicios ambientales se caracterizan porque no se gastan ni transforman en el proceso, pero generan utilidad al consumidor de tales servicios; y se diferencian de los bienes, ambientales, por cuanto estos últimos son recursos*

*tangibles que son utilizados por el ser humano como insumo de la producción o en el consumo final, y que se gastan o transforman en el proceso”.*

Un segundo concepto importante que es necesario considerar, es el de funciones ecosistémicas que son concebidas como *“las características intrínsecas relacionadas a un grupo de condiciones y procesos que permiten que un ecosistema mantenga su integridad”* (EEM. 2005). Ejemplos de estas funciones son los ciclos biogeoquímicos (eg. del carbono, nitrógeno, fósforo), la tasa de descomposición o ciclos de nutrientes y energía. Para de Groot *et al.*, (2002) las funciones son de cuatro tipos: 1) funciones de regulación, relacionadas a la capacidad de los ecosistemas de regular los procesos ecológicos y de soporte de vida; 2) funciones de provisión de hábitat, relacionadas al espacio necesario para el refugio y reproducción de la vida silvestre; 3) funciones de producción, relacionadas a la capacidad de los ecosistemas para realizar fotosíntesis y convertir energía lumínica en energía química; y 4) funciones de información, relacionadas al mantenimiento de la salud humana, proporcionando oportunidades para la reflexión, enriquecimiento espiritual, el desarrollo cognitivo, la recreación y la experiencia estética (de Groot *et al.*, 2002).

En términos de su gobernanza, algunos servicios se consideran bienes públicos, de cuyo disfrute no se puede excluir a nadie. El uso de ese servicio por una persona no disminuye significativamente la disponibilidad del mismo para otros usuarios. Sin embargo, la gente puede deteriorar la capacidad del ecosistema de seguir ofreciendo dicho servicio, ya sea porque se cambia la composición y estructura del sistema o su funcionamiento, o porque se extraen materiales del

ecosistema a un ritmo superior a su capacidad de recuperación (de Groot *et al.*, 2002).

En este sentido, los factores que de forma más directa afectan la capacidad de provisión de servicios son aquellos que determinan cambios en las condiciones físicas o bióticas de los ecosistemas, como el cambio de uso de suelo o el uso de ciertos tipos de tecnología. Los factores directos dependen, a su vez, de factores indirectos como son el crecimiento poblacional o las fuerzas económicas asociadas con la globalización. Tanto los factores directos (ecológicos) como indirectos (sociales) interactúan entre sí a varias escalas afectando la capacidad de los ecosistemas para proveer ciertos servicios (EEM, 2005c).

La EEM determinó que prácticamente todos los ecosistemas de la tierra se han transformado dramáticamente a través de las acciones humanas. Más bosques han sido convertidos a tierras agrícolas en los 30 años posteriores a 1950 que en los 150 años transcurridos entre 1700 y 1850 (EEM, 2005c). Entre 1960 y 2000, la capacidad de almacenamiento de los embalses se cuadruplicó y como resultado, se estima que la cantidad de agua almacenada en grandes represas es tres a seis veces la cantidad que contienen los ríos. Casi el 35% de los manglares se han perdido en las dos últimas décadas y aproximadamente el 20% de los arrecifes de coral del mundo han sido destruidos y otro 20% han sido degradados.

En este sentido, la restauración ecológica ha sido ampliamente utilizada para revertir esta degradación ambiental causada por las actividades humanas. Sin embargo, se conoce poco sobre la eficacia de dichas acciones sobre el aumento de

la biodiversidad y la provisión de los servicios ecosistémicos. Benayas *et al.*, (2009) analizaron 89 experiencias de restauración en varios tipos de ecosistemas en el mundo y sus resultados indican que la restauración ecológica aumenta el suministro de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos en un 44 y 25%, respectivamente. Sin embargo, los valores de ambos permanecieron más bajos en comparación con el estado inicial de los ecosistemas. Además los resultados indican que las acciones de restauración se centraron en mejorar el estado de la biodiversidad pero es necesario aún trabajar en acciones para aumentar de la prestación de servicios ecosistémicos, en particular en los biomas tropicales (Benayas *et al.*, 2009).

Finalmente, es importante analizar las relaciones entre la biodiversidad, el funcionamiento de los ecosistemas y los servicios que éstos nos proveen. Hay muchas pruebas de que la biodiversidad aumenta la estabilidad de las funciones de los ecosistemas a través del tiempo. Los estudios muestran cómo la captura total de recursos y la producción de biomasa son generalmente más estables en las comunidades más diversas (Cardinale *et al.*, 2002). Adicionalmente, el impacto de la biodiversidad sobre un proceso ecosistémico, no es lineal, de tal manera que el cambio se incrementa a medida que aumenta la pérdida de biodiversidad. La mayoría de estudios experimentales sobre la forma en que la biodiversidad se relaciona con el funcionamiento de los ecosistemas indican que las pérdidas iniciales de la diversidad biológica en varios ecosistemas, tienen relativamente un bajo impacto en las funciones del ecosistema, pero el aumento de dichas pérdidas puede conducir a acelerar las tasas de cambio. Todavía no se tienen estimaciones cuantitativas del nivel de biodiversidad en el que el cambio en las funciones del

ecosistema resulta excesivo para los diferentes procesos o ecosistemas, y esta es un área prometedora para futuras investigaciones (Cardinale *et al.*, 2002).

Se sabe además que las comunidades más diversas, son más productivas, ya que contienen especies clave que tienen una gran influencia en la productividad, y las diferencias en rasgos funcionales entre organismos aumentan la captura total de recursos. La pérdida de la diversidad en varios niveles tróficos tiene el potencial de afectar las funciones de los ecosistemas con más fuerza que la pérdida de la diversidad dentro del mismo nivel trófico. Finalmente, existe mucha evidencia de que la pérdida de los consumidores más altos de la cadena trófica, puede generar efectos de cascada en influir en la biomasa vegetal (Cardinale *et al.*, 2002).

En las próximas secciones de esta Monografía, se hará una descripción de la cuenca media del río Pastaza, de algunos de sus servicios ecosistémicos, así como de los factores indirectos que están afectando la calidad de dichos servicios y se plantearán algunas conclusiones y recomendaciones preliminares.

## **4.2 LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL PASTAZA**

El río Pastaza es uno de los sistemas fluviales más importantes del Ecuador y de la región Andina-Amazónica (Figura 1). Empieza en los picos altos de los Andes centrales del Ecuador y termina en el Perú en donde confluye con el río Marañón, el cual eventualmente lleva a las aguas del río Pastaza hacia el río Amazonas y el Océano Atlántico (Rivas y Montoya, 2006).

La cuenca hidrográfica del río Pastaza se caracteriza por su diversidad: comprende áreas naturales y áreas agrícolas, poblaciones urbanas y comunidades indígenas, grandes reservas de biodiversidad y grandes industrias. Las realidades de la vida cotidiana varían dramáticamente a lo largo de su cauce, pero cada rincón de la cuenca Pastaza tiene algo en común: una dependencia fuerte de los servicios ecosistémicos del agua y la biodiversidad.

El río Pastaza es la tercera cuenca de drenaje del Ecuador, con una superficie de 23.469,27 km<sup>2</sup>, (SENAGUA, 2009) y un promedio anual de precipitación de 3,255 mm y un caudal promedio anual 144,4m<sup>3</sup>/s en la estación Pastaza en Baños (Moreno Ronquillo, 2008). La cuenca del Pastaza está ubicada principalmente en 5 provincias (Chimborazo, Cotopaxi, Tungurahua, Pastaza y Morona Santiago). Estas 5 provincias contabilizan el 99,73% de la superficie de la cuenca. Otras 3 provincias (Pichincha, Napo y Bolívar) son marginales en relación a la cuenca del Pastaza con apenas el 0,27% de la superficie total de la cuenca (Tabla 1) y una población aproximada de 1.256.063 habitantes que representa el 11,28 % del país (MAE, 2013b).

En términos de ecosistemas de agua dulce, vemos un cambio drástico en la cuenca, desde ríos, riachuelos y lagunas andinas en la zona de páramo, pasando por ríos turbulentos en la parte media de la cuenca, hasta ríos profundos y sosegados en la llanura amazónica (Saunders *et al.*, 2007).

La región de la cuenca alta del Pastaza (>2400 msnm) está formada por dos sub-cuencas: el río Chambo que drena gran parte de la provincia de Chimborazo y el

río Patate que drena toda la provincia de Tungurahua, y una gran área de la provincia de Cotopaxi. Estos dos ríos empiezan en los páramos de la cordillera oriental de las provincias de Chimborazo (río Chambo) y de Tungurahua (río Patate) y luego cursan por páramos y valles inter-andinos (MAE, 2013b).

Se estima que más de un millón de personas habitan en esta región cabecera, (MAE, 2013b) la cual incluye ciudades y centros industriales como Latacunga, Ambato, y Riobamba. Esta misma región también incluye algunas de las tierras agrícolas más importantes del Ecuador, en donde se cosechan cultivos como la papa, zanahoria, brócoli, y maíz para el consumo humano, y flores ornamentales para exportación.

Tanto la vida ciudadana como la agricultura dependen de los ríos de esta zona, los cuales proveen la fuente principal del agua para el uso doméstico y para el riego de los cultivos. A la vez, los ríos ayudan a diluir las aguas servidas de las actividades domésticas e industriales, y la escorrentía de las tierras agrícolas. Adicionalmente, en esta zona se encuentra el páramo que es un ecosistema alto andino único que se caracteriza por su alto nivel de endemismo de flora y fauna (Hofstede, 1999; Mena y Hofstede, 2006).

Los páramos tienen mucha importancia para los recursos hídricos del Ecuador, debido a que la capa orgánica profunda de sus suelos filtra el agua de precipitación, la almacena y la libera lentamente (Buytaert, 2006). Es por eso que el páramo es considerado un ecosistema regulador del agua. Cuando este sufre

perturbaciones graves por malas prácticas antropogénicas, los suelos y la vegetación del páramo pierden esta capacidad regulatoria.

La unión de los ríos Chambo y Patate marca el inicio del río principal de la cuenca del Pastaza. La cuenca media del río Pastaza (1000 – 2400 msnm) se define básicamente desde ésta unión hasta el pie de monte andino, donde el río empieza a abrir su cauce en forma de trenza y se convierte en un río más sinuoso (MAE, 2013b). En esta zona, el cauce principal del Pastaza pasa por una serie de saltos y cañones mientras baja rápidamente las pendientes fuertes de la vertiente oriental de los Andes. Las cascadas y el profundo cañón de Pastaza han creado una belleza escénica que atrae personas de varias partes del Ecuador y del mundo, impulsando una industria de turismo basado en sus paisajes y ecosistemas que sirve como una de las fuentes de ingresos principales para la gente (Ministerio de Turismo 2011).

Además, el país aprovecha la pendiente natural del paisaje y el caudal del río Pastaza para generar electricidad. En esta región están ubicados dos proyectos hidroeléctricos grandes: Agoyán y San Francisco. El paisaje de la cuenca media cubre áreas con una riqueza extraordinaria de plantas y animales, incluyendo muchas especies endémicas (Bajaña, y Viteri, 2002). Dos áreas protegidas, el Parque Nacional Llanganates y el Parque Nacional Sangay, ayudan a proteger los bosques de esta zona y gran parte de las sub-cuencas.

La cuenca media es una zona de transición entre los ambientes andinos y los ambientes amazónicos de la cuenca Pastaza. En esta cuenca media, los principales ecosistemas que se encuentran son los bosques de ceja andina y los bosques

nublados que interceptan la precipitación y neblina que viene de la región amazónica (Bajaña, y Viteri, 2002). Esto favorece la gran biodiversidad y endemismo de estos ecosistemas, y la vez contribuye a la recarga y reciclaje de agua en estas abruptas pendientes, y al mantenimiento de los ríos que fluyen rápidos por éstos corredores andinos.

Esta transición se refleja en el paisaje y en la flora y fauna. Los bosques en este rango altitudinal son altamente diversos y su dinámica depende de las inundaciones estacionales de los riachuelos y ríos que los atraviesan (Jost, 2004). Los ríos de esta zona representan una mezcla de sistemas provenientes de los picos de los Andes, típicamente de aguas blancas, y sistemas que inician en el mismo pie de monte y frecuentemente son de aguas claras (Encalada, 2009). En referencia a la biota acuática, esta es la región a la cual varias especies de peces de zonas bajas, por ejemplo bagres y bocachicos, realizan migraciones reproductivas durante el año (Rivadeneira *et al.*, 2010). En esta zona se encuentran algunas ciudades con alto crecimiento poblacional, por ejemplo el Puyo, rodeados por un mosaico de bosques naturales primarios e intactos, y bosques intervenidos o fragmentados. En esta región es bastante común ver a la gente aprovechando de los ríos como fuente de recreación por medio de la pesca deportiva, visitas a balnearios, o viajes en bote y deportes acuáticos

La cuenca baja del río Pastaza (<1000 msnm) drena hacia una región de bosques húmedos tropicales e inundados, en donde los principales habitantes son comunidades nativas amazónicas. Esta región empieza en el Ecuador y cubre todo el lado peruano de la cuenca Pastaza. El único acceso a estas tierras y a los

pueblos indígenas que albergan es por río o por vía aérea, dado que no existen carreteras ni otras infraestructuras.

La diversidad de especies acuáticas, particularmente peces, se concentra en esta parte de la cuenca, donde el paisaje ofrece un rango de hábitats acuáticos: ríos grandes de aguas blancas, quebradas y riachuelos de aguas negras o aguas claras, humedales y lagunas. Los ciclos de vida de muchas especies de peces dependen de los cambios estacionales de caudal como indicadores de periodos de migración. La vida de las comunidades indígenas se desarrolla alrededor de los recursos hídricos y de su diversa fauna acuática. La pesca representa una gran fuente de ingresos económicos y el pescado forma la base de su dieta (Rivadeneira, *et al.*, 2010).

A continuación se hará una caracterización socio ambiental de estas partes alta, media y baja de la cuenca del Pastaza.

#### **4.2.1 LA CUENCA ALTA DEL PASTAZA**

La región de la cuenca alta del Pastaza (>2400 msnm) está conformada por parte de 3 provincias de la sierra central: Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo. En esta parte alta de la cuenca el páramo tiene mucha importancia como un ecosistema único. Varios estudios sugieren que este ecosistema es sumamente importante para la retención y almacenamiento de agua (Buytaert *et al.*, 2006; Buytaert *et al.*, 2007; Encalada, 2009). La capa orgánica gruesa que tienen los suelos del páramo permite que el agua se filtre, se mantenga en el suelo y sea liberada lentamente hacia los riachuelos. Cuando los suelos de los páramos sufren perturbaciones graves, debido

a prácticas humanas como ganadería extensiva, quema del páramo, o agricultura intensiva, estos pierden su capa orgánica, y por tanto su capacidad de regulación del agua. Adicionalmente, un uso del suelo intensivo causa erosión y graves procesos de sedimentación en los ríos (Saunders *et al.*, 2007).

En esta zona se observan dos estaciones lluviosas, de febrero a mayo y de octubre a noviembre, con una primera estación seca muy marcada entre junio y septiembre, y con una segunda menos acentuada de diciembre a enero. Los totales pluviométricos fluctúan entre los 700 mm y 1500 mm generalmente. En las hoyas interandinas los valores anuales se ubican en el orden de los 500 mm. Por otra parte, en las regiones situadas sobre los 3.500 m de altitud, se observan frecuentes neblinas y las lluvias son generalmente de larga duración y débil intensidad (MAE, 2013a).

La mayoría de lagunas y lagos de los páramos son de origen glacial y pocos de origen volcánico. Se destacan el sistema de lagunas de Ozogoché en la Provincia de Chimborazo y también algunos sistemas lacustres en el páramo de Pisayambo y en los Llanganates. A pesar de la abundancia de estos ecosistemas lénticos, la fauna y flora ha sido muy poco estudiada (Castro, 2010; Mena y Hofstede, 2006). Por otro lado, los ríos y riachuelos que nacen en los páramos de ésta cuenca recorren áreas protegidas, pero también tierras cultivadas y áreas urbanas. Por lo tanto, el estado, integridad y salud de estos ríos varía ampliamente.

Por un lado tenemos ríos prístinos que se caracterizan por tener aguas rápidas, cristalinas, con temperaturas frías (6- 10°C) y generalmente con

conductividades bajas. Por otro lado, tenemos ríos gravemente afectados por diversas presiones antropogénicas como contaminación orgánica, efluentes de fábricas, escorrentía de tierras agrícolas y ganaderas, entre otros (Saunders *et al.*, 2007). El estudio de Saunders *et al.* (2007) del estado y tendencias de la calidad del agua de la cuenca alta del Pastaza revela además, una contaminación grave de la zona, con concentraciones altas de metales pesados (especialmente arsénico y cromo), sobretodo en los ríos Patate y Chambo. Adicionalmente, Saunders *et al.* (2007) presenta buena información sobre invertebrados acuáticos en la zona alta, tanto de secciones prístinas de los ríos como de regiones alteradas. Otros organismos acuáticos como algas y macrofitas han sido poco estudiados y potencialmente podrían ser buenos indicadores de la calidad de las aguas y de la variación del flujo de corriente.

En cuanto a las poblaciones humanas, esta zona alta de la cuenca se caracteriza por su alto nivel de pobreza, alta densidad poblacional y vulnerabilidad ante riesgos tectónicos, volcánicos y deslizamientos. Las provincias de Chimborazo, Cotopaxi y Tungurahua, son importantes abastecedoras de alimentos a nivel nacional.

#### **4.2.2 LA CUENCA MEDIA DEL PASTAZA**

En la zona media de la cuenca ubicada en parte de las provincias de Tungurahua y Pastaza, los ríos tienen caudales considerables y recorren zonas agrícolas y asentamientos humanos grandes, por lo cual sus aguas están muy contaminadas. Sin embargo, ésta contaminación química se diluye rápidamente

debido a la cantidad de agua que alimenta al río Pastaza desde sus tributarios (Saunders *et al.*, 2007). A pesar de la dilución química de la contaminación, el río Pastaza viene cargado de sedimentos de tierras erosionadas de los flancos orientales donde ha habido mucha deforestación y se practica agricultura intensiva. En esta zona media de la cuenca se tiene buena información sobre los invertebrados acuáticos y peces (Anderson *et al.*, 2008). Sin embargo, no se tiene información sobre otros grupos biológicos de estos ecosistemas acuáticos.

En esta parte de la cuenca es característica la presencia de proyectos hidroeléctricos que contribuyen a la alteración de los ciclos hidrológicos. La Central Hidroeléctrica Agoyán con una capacidad de 170 MW se encuentra actualmente en operación en el límite entre las provincias de Tungurahua y Pastaza. La Central Hidroeléctrica San Francisco a pocos kilómetros de Agoyán cuenta con una capacidad de 230 MW y una inversión de 250 millones USD. Este proyecto es la principal obra de infraestructura sobre la cuenca del Pastaza.

Encalada, (2009) analizó la integridad ecológica de siete ríos de la cuenca del Río Pastaza. Encontró que algunos de estos ríos tienen alta integridad ecológica (Atillo, Cebadas y Palora) mientras otros tienen problemas en la calidad y/o cantidad del agua y por lo tanto en su integridad ecológica (Cutuchi, Ambato, Chambo y Pastaza en Agoyán).

A la altura de la hidroeléctrica de Agoyán, los muestreos indican baja integridad ecológica de este río tanto aguas arriba de la represa como aguas abajo. La carga de sedimentos fue mucho más alta en el tramo río arriba de la represa que

río abajo, lo que sugiere que la represa está acumulando gravemente los sedimentos que se transportan a través del río. Los aportes de sedimentos de cuencas Andinas a la Amazonía son muy importantes para mantener los flujos de los ciclos globales de biogeoquímica (Saunders *et al.*, 2007) y las represas como Agoyán tienen un alto impacto al impedir este flujo natural.

De igual manera, los hábitats fluviales río abajo de la represa han sido gravemente modificados, y varios factores han influido en este deterioro. Por ejemplo, las obras permanentes de ingeniería civil en la represa, las actividades de limpieza de sedimentos a través de desfuegos frecuentes, el aumento de sedimentos por las erupciones del volcán Tungurahua y, por supuesto, la falta de caudal durante casi todo el año. Solo en situación de excedentes los caudales son liberados (Encalada, 2009). La vegetación de la ribera de los tramos de río inmediatamente arriba y debajo de la represa está en un estado relativamente bueno, debido a la topografía abrupta del cañón del Pastaza. Sin embargo, hay alta acumulación de basura en las orillas y riberas del río que eventualmente llega al cauce y es arrastrada hasta la presa.

Una vez que esta contaminación orgánica, química y de desechos sólidos se acumula en el embalse de Agoyán, algunos procesos ecosistémicos propios de sistemas lénticos empiezan a regular la ecología del embalse (fijación de metales pesados y otros químicos en los sedimentos acumulados, descomposición aeróbica y anaeróbica de materia orgánica, con su correspondiente liberación de nutrientes, CO<sub>2</sub>, y en algunos casos de metano). Cuando el embalse es limpiado por la acumulación de sedimentos, todos estos productos del procesamiento heterotrófico

que se da en el fondo del embalse son liberados súbitamente, lo que produce una descarga con altos contenidos de contaminantes para los ecosistemas río abajo (Encalada, 2009). Esta descarga fluye kilómetros río abajo, liberando estos contaminantes y perjudicando la integridad ecológica del río.

Adicionalmente, las actividades agrícolas que se desarrollan en la cuenca media del Pastaza, especialmente la producción de frutas como la naranjilla y babaco, se realizan con altos niveles de pesticidas y agroquímicos y ponen en peligro la salud de productores, consumidores, y aumentan la contaminación del agua en la cuenca (Saunders *et al.*, 2007).

#### **4.2.3 LA CUENCA BAJA DEL PASTAZA**

La zona baja de la cuenca del Pastaza atraviesa dos provincias amazónicas, Pastaza y Morona Santiago. Estas provincias tienen una densidad poblacional baja, aproximadamente 72% de la población de Morona Santiago y el 80% de la población de Pastaza viven en áreas rurales y se dedican principalmente a la agricultura de subsistencia y ganadería. Los productos obtenidos en la zona casi no se procesan y para su comercialización dependen de intermediarios (MAE, 2013b).

Para las comunidades nativas en la parte baja de la cuenca cerca del límite con Perú, los ríos forman un componente esencial en su actividad diaria, y tienen un rol más importante que para las poblaciones de la parte alta y media de la cuenca. Por ejemplo, ante la ausencia de carreteras, los ríos se convierten en las vías de transporte y comunicación entre comunidades. Además, la pesca en estos ríos es

otro componente importante de la dieta de estas comunidades (Rivadeneira *et al.*, 2010).

### **4.3 LA BIODIVERSIDAD Y LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN LA CUENCA DEL PASTAZA**

Como se ha mencionado anteriormente, la complejidad de ecosistemas a lo largo de la cuenca del Pastaza en Ecuador, desde su nacimiento en las zonas alto andinas hasta su ingreso al Perú en la Amazonía, implica también un conjunto diverso y complejo de interrelaciones entre las especies, así como de una multiplicidad de actores sociales, sistemas agroproductivos, servicios ecosistémicos, etc., por lo que un tratamiento de todo este escenario socio-ambiental requeriría de un análisis extenso y complejo. En este sentido, se ha decidido concentrar el análisis en esta Monografía en la cuenca media del Pastaza. Este sector de la cuenca guarda ciertas características ecosistémicas y sociales similares, que permiten hacer un análisis más detallado y del cual se puedan obtener conclusiones y recomendaciones útiles para los tomadores de decisiones de la cuenca.

A continuación, se realizará una descripción de los ecosistemas y la biodiversidad de la cuenca media del Pastaza, los recursos hídricos asociados, las acciones de diversos actores para el uso y la protección de esta biodiversidad y sus servicios ecosistémicos, las presiones y amenazas a estos recursos y los distintos usuarios de los servicios ecosistémicos.

En la cuenca media del Pastaza, la interacción de los vientos y las nubes cargadas de humedad que vienen de la Amazonía y la topografía del valle del Pastaza propician un ecosistema rico en microclimas, lo que ha dado lugar a la evolución de especies de plantas únicas para este valle (Jost, 2004). Se han identificado 195 especies de plantas endémicas de la cuenca del Pastaza, 184 propias del área entre Baños y Puyo, de las cuales 91 son de orquídeas (Bajaña y Viteri, 2002). Al ser esta zona media de la cuenca del Pastaza una zona de transición entre la cuenca alta y la baja, la topografía presenta desde zonas muy agrestes con pronunciadas pendientes (75°) al nororiente, hasta zonas de pendientes muy bajas (0°-10°) hacia el suroriente, lo que determina mayores oportunidades de nichos y una mayor diversidad de hábitats y especies tanto aquellas típicas de la amazonía como aquellas de la zona de ceja andina.

Entre los 900 y los 1.700 msnm es posible encontrar formaciones vegetales propias de la alta Amazonía y de la Sierra Ecuatoriana (Fonseca y Carrera, 2002). Esta franja altitudinal corresponde a los bosques siempreverde piemontanos y bosques siempreverdes montano bajos de la Cordillera Real Sierra (Sierra, 1999). Entre las especies arbóreas encontradas a lo largo de este gradiente altitudinal es posible encontrar *Ochroma pyramidale* (Bombacaceae), *Piptocoma discolor* (Asteraceae), *Cedrela odorata* (Meliaceae), *Cecropia andina* (Cecropiaceae), *Cordia alliodora* (Boraginaceae), *Pourouma guianensis* (Cecropiaceae), *P. cecropifolia* (Cecropiaceae), *Iriarteia deltoidea* (Arecaceae), *Astrocaryum chambira* (Arecaceae), *Phytelephas macrocarpa* (Arecaceae), *Cinchona officinalis* (Rubiaceae), *Sloanea fragans* (Elaeocarpaceae) y *Virola sebifera* (Myristicaceae) (MAE, 2013a).

Un estudio realizado en el sector de Machay (zona de amortiguamiento del Parque Nacional Llanganates) los componentes florísticos más importantes son (Vargas *et al.*, 2000): *Zapoteca aculeata*, *Senna ruiziana* y *Erythrina edulis* (Fabaceae), *Weinmannia sorbifolia* (Melastomataceae), *Clusia multiflora* y *C. lineata* (Clusiaceae), *Barnadesia parviflora* (Asteraceae), *Macroparpae sodiroana* (Gentianaceae), *Heliocarpus americanus* (Tiliaceae), *Acalypha diversiflora* y *Tetrathylacium macrophyllum* (Euphorbiaceae), *Trema micrantha* (Tiliaceae), *Banara guianensis* (Flacourtiaceae), *Mollinedia ovata* y *Siparuna aspera* (Monimiaceae), *Hedyosmum racemosum* (Chloranthaceae), *Palicourea amethystina* (Rubiaceae), *Piper crassinervium* (Piperaceae), *Ureba baccifera* (Urticaceae), *Sphaeropteris quindiuensis* (Pteridophyta), *Chamedorea linearis* (Arecaceae) y *Critoniopsis sp* (Asteraceae).

Un muestreo cuantitativo en el sector de Machay demostró que el bosque es muy diverso. Un hallazgo importante, es el árbol *Zapoteca aculeata* (Fabaceae), una especie rara y endémica de la provincia de Tungurahua, considerada como extinta hasta hace pocos años. Solamente en el sector de Machay se identificaron 45 familias de plantas (sin contar helechos), siendo la más diversa la familia Rubiaceae con 9 especies (Vargas *et al.*, 2000).

La composición vegetal de los remanentes boscosos varía debido al gradiente altitudinal y al grado de intervención. Entre las familias más representativas de la flora encontramos: Euphorbiceae, Mimosaceae, Lauraceae, Melastomataceae, Piperaceae, Arecaceae, Cyatheaceae, entre otras. De las especies arbóreas, entre las más dominantes están: *Caryodaphnmopsis sp.*, *Persea sp.*, *Miconia sp.*,

*Hyeronima sp.*, *Croton sp.*, las cuales están densamente cubiertas por una gran variedad de orquídeas, musgos, bromelias, y helechos (MAE, 2013a).

La composición florística en esta zona es muy diversa en cuanto a especies andinas y amazónicas; la estructura del bosque es homogénea y densa, con un dosel generalmente cerrado a más de 30 m de altura. Las epífitas son abundantes a igual que los árboles pequeños y arbustos en el sotobosque (Sierra, 1999).

La topografía de la selva alta en las estribaciones orientales es generalmente corrugada, con colinas y pequeñas cordilleras hasta valles aluviales. Estos cambios de pendiente y aspecto influyen sobre una variación en precipitación y vientos en distancias cortas (la presencia o no de la llamada "sombra de lluvia"), condiciones físicas que crean un mosaico de microhábitats que proveen ambientes adecuados para una mayor diversidad de especies.

En sitios relativamente planos y cercanos a las carreteras y comunidades, como las parroquias de Río Verde y Río Negro (Cantón Baños), los bosques soportan la presión humana debido a la explotación selectiva maderera y la destrucción del bosque para la creación de potreros y áreas de cultivos (como naranjilla y otros frutales). Muchos bosques naturales han sido perturbados debido a los procesos de apertura de carreteras, colonización humana, explotación maderera y agrícola. En algunos casos, estas áreas han sido abandonadas luego de una sobreutilización. Aquí comienzan procesos de sucesión de la vegetación, iniciando con especies heliofitas de rápido crecimiento que colonizan el área. Su presencia a la vez modifica los suelos y provee sombra y protección para el establecimiento de

otras especies en el mediano y largo plazo. Sin embargo, puede haber diferentes especies mejor adaptadas a los bordes o al centro, lo que da por resultado variaciones de la composición de especies en estas zonas (López-Barrera, 2004).

Entre las especies vegetales registradas en la zona están: *Ochroma pyramidale*, *Piptocoma discolor*, *Cedrela odorata*, *Cecropia andina*, *Cordia alliodora*, *Pourouma guianensis*, *P. cecropifolia*, *Iriartea deltoidea*, *Astrocaryum chambira*, *Phytelephas macrocarpa*, *Cinchona officinalis*, *Sloanea fragans* y *Virola sebifera* (Sierra, 1999). Se han identificado 195 especies de plantas endémicas exclusivas de la cuenca del Pastaza en el Ecuador, 184 ocurren sólo entre Baños y Puyo. De estas 184 especies, 91 son orquídeas y 48 de las 91 especies endémicas encontradas son nuevas para la ciencia y alrededor de 39 especies son estrictamente exclusivas para la zona (Jost, 2004).

Un caso muy interesante es el del género *Teagueia* (Orchidaceae, subtribu Pleurothallidinae), ya que en el año 2000 tenía únicamente seis especies, todas epífitas. Desde esta fecha Jost y colaboradores descubrieron 26 nuevas especies de este género, todas terrestres, en cuatro pequeñas montañas cercanas entre sí en la cuenca alta del río Pastaza. Todas estas especies comparten características distintas que no tienen las seis especies anteriormente descritas, sugiriendo que las 26 han evolucionado localmente desde un ancestro común en el pasado reciente. Cada una de estas pequeñas montañas tiene entre 7 a 15 especies simpátricas de estas nuevas especies de *Teagueia*. Hay pocas especies comunes entre estos cerros, a pesar de que su separación es de no más que 10-18 km (Jost, 2004).

En cuanto a la fauna, el área que corresponde a la cuenca media del Pastaza corresponde al piso zoogeográfico subtropical oriental. En esta zona se han registrado al menos 101 especies de mamíferos (Fonseca y Carrera 2002), siendo casi la totalidad del número de especies de mamíferos que se esperarían encontrar en las estribaciones de los Andes Orientales, lo que convierte a esta zona en una de las más diversas del Ecuador. Destacan 55 especies de murciélagos, 11 especies menos que el total registrados para todo el Parque Nacional Yasuní, considerada como la región más diversa de mamíferos en el Ecuador. De las 101 especies de mamíferos registradas, 21 poseen algún grado de amenaza o no existen datos suficientes para caracterizar su estado de conservación (Tirira, 2001). Entre las especies más representativas y carismáticas se encuentran: *Tapirus pinchaque* (danta andina), *Tremarctos ornatus* (oso de anteojos), *Panthera onca* (jaguar) y *Mazama rufina* (cervicabra). La mayoría de mamíferos de gran tamaño han sido observados en los límites de los parques nacionales, especialmente del Sangay. Existen fuertes indicios de un desplazamiento hacia zonas más bajas en épocas de verano (meses de septiembre y octubre). Especies asociadas a cuerpos de aguas tales como: *Lontra longicaudis* (nutria), *Galictis vittata* (perro de agua) y *Chironectes minimus* (raposa de agua); usan permanentemente al Río Pastaza y sus tributarios como hábitat (Fonseca y Carrera 2002).

R. Rageot y L. Albuja (1994) publicaron un trabajo sobre los mamíferos de un sector de la Alta Amazonía Ecuatoriana: cantón Mera, Provincia de Pastaza. En un área de apenas 8 Km<sup>2</sup>, encontraron 92 especies de mamíferos, pertenecientes a 9 órdenes, con un 44% de quirópteros. Entre las especies registradas constan *Vampyressa melissa* y *Artibeus concolor*.

Según una investigación desarrollada en 2002 se registraron 242 especies de aves pertenecientes a 42 familias (Loaiza y Morales 2002). Cinco son especies endémicas compartidas con Colombia y Perú: *Galbula pastazae* (catalogada como vulnerable dentro de la Lista Roja de la UICN), *Campylopterus villaviscensio*, *Dysithamnus occidentalis*, *Chloropipo unicolor* y *Cyclarhis nigristrois*. Las familias más representativas son: Tyrannidae con 32 especies, Trochilidae con 30 y Thraupidae con 29. Esta zona alberga a cinco especies de aves de rango restringido, compartidas con Colombia y Perú, correspondiente al 2,1% del total de especies, así como cinco especies restringidas al Área de Endemismo de los Andes Orientales de Ecuador y Perú.

Además, entre las aves figuran los gallitos de la peña que son abundantes y que se los puede ver tanto en el bosque como en los cursos de agua. Otras aves representativas son las pavas (*Ortalis guttata*, *Chamaepetes goudotti* y *Mitu salvini*), perdices (*Tinamus tao* y *Crypturellus undulatus*), patos (*Merganetta armata*), patos cuervos (*Phalacrocorax olivaceus*), carpinteros (*Celeus elegans*, *Melanerpes cruentatus*, *Campephilus* spp.), momota (*Momotus momota*), trogones y guajalitos (*Trogon collaris* y *Pharomachrus auriceps*), colibríes (*Phaetornis* spp., *Urosticte benjamini*, *Heliodoxa leadbeateri*, *Urochroa bougueri* y *Agelaiocercus kingi*, tangaras, golondrinas mosqueros, chochines y mirlos.

Los anfibios están representados por varias especies de ranas, tales como *Hyla sarayacuensis*, *Hyla bifurca*, *Hyla geographica* e *Hyla granosa*, y al menos 17 especies del género *Pristimantis* (Reyes-Puig et al., 2013). Entre los representantes

de los reptiles figuran las chontas (*Clelia clelia*), las víboras (*Bothrops spp.*), las lagartijas (*Potamites cochrae* y *Enyalioides cofanorum*), que pueden ser encontradas dentro de las brácteas de palmas que se hallan en el suelo, en proceso de descomposición.

En las lagunas habitan peces como sardinas (*Astyanax bimaculatus*) y la guaija (*Lebiasina elongata*). En unos pocos ríos eventualmente es posible encontrar las preñadillas (*Astroblepus*), el bagrecito (*Trichomycterus*) y los barbudos de los géneros *Pimelodella* y *Rhamdia*. En los límites bajos de este piso la diversidad de peces aumenta, allí se pueden encontrar además de las especies anteriores las sardinitas, carachamas, raspabalsas, bocachicos, gupis y en los esteros con aguas tranquilas encontramos a *Synbranchus marmoratus* comúnmente llamados culebrillas (Rivadeneira *et al.*, 2008).

Con relación a los organismos acuáticos y que además podrían ser indicadores de la calidad de los ríos de esta cuenca, se encuentran algas, macrofitas, macroinvertebrados acuáticos y peces. En la cuenca del Río Pastaza no se ha hecho ningún estudio sobre algas y macrofitas. Sin embargo, si hay estudios sobre la diversidad de invertebrados acuáticos (Encalada, 2009; Saunders *et al.*, 2007). De las familias y géneros encontrados hay algunos que podrían ser utilizados como indicadores de los cambios en la calidad del agua y del flujo de corriente por su buena respuesta a las condiciones hidráulicas (Anexo 1).

A pesar de estos estudios de la diversidad de especies de invertebrados acuáticos a lo largo de la cuenca del Pastaza, se sabe muy poco sobre la

autoecología (rasgos de vida y comportamiento) de las diferentes especies y de la respuesta de poblaciones o de comunidades a reducciones del caudal a causa de extracciones de agua para uso antropogénico. Así mismo, se carece de información de diferentes procesos ecosistémicos (descomposición o producción primaria) en estos ríos y cuál sería su respuesta en relación al cambio de caudal.

Como hemos visto, la cuenca media del Pastaza contiene una importante muestra de biodiversidad representativa de especies del piedemonte de la cordillera oriental y que consta tanto de especies andinas como amazónicas. Adicionalmente existen especies endémicas para la zona, en especial de orquídeas.

En cuanto a los esfuerzos de protección de la biodiversidad y los servicios ambientales asociados, las áreas protegidas han sido una parte muy importante de los programas de conservación. Varias evaluaciones recientes (EEM, 2005c) han demostrado que en escalas mundial y regional, la existencia de tales áreas protegidas, aunque esencial, no ha sido suficiente para la conservación de toda la gama de la biodiversidad. Por tanto, las áreas protegidas deben ser mejor diseñadas y gestionadas para hacer frente a problemas como la falta de representatividad, los impactos de los asentamientos humanos dentro de las áreas protegidas, la recolección ilegal de plantas y animales, el turismo insostenible, los impactos de la introducción de especies exóticas invasoras y la vulnerabilidad al cambio global (EEM, 2005c).

En el contexto nacional, hay que destacar la presencia de dos importantes áreas protegidas del SNAP: los Parques Nacionales Sangay y Llanganates (Tabla 2) como parte de los esfuerzos nacionales de conservación en la cuenca del Pastaza,

El Parque Nacional Sangay brinda importantes servicios ambientales para el desarrollo del país ya que es una de las áreas protegidas con mayor porcentaje de páramo en el Ecuador, un ecosistema que ha sido identificado como el de mayor capacidad para la generación de agua y la fijación de carbono en el suelo (Hofstede, 1998; Mena y Hofstede, 2006).

Otra importante área en la cuenca del Pastaza, es el Parque Nacional Llanganates que se asienta en cuatro provincias: Tungurahua, Cotopaxi, Pastaza y Napo e incluye alturas entre los 1200 hasta 4.638 metros. En la provincia de Tungurahua el PN Llanganates cubre una superficie de 91.735 ha (el 41,49% del Parque) en las jurisdicciones de los cantones Baños, Patate y Píllaro.

Una pequeña parte de la superficie del PN Sangay, corresponde a la provincia de Tungurahua, en el cantón Baños; el territorio de la provincia que pertenece al PN Sangay corresponde a las estribaciones orientales del volcán Tungurahua con una superficie de 3402.35 ha que significa 0.6 % de la superficie total del parque. En la provincia de Pastaza el PN Llanganates cubre una superficie de 14.484 ha (el 6,35% del Parque).

Una importante parte de la superficie del PN Sangay, corresponde a la provincia de Morona Santiago, en el cantón Palora; el territorio de la provincia que

pertenece al PN Sangay corresponde una superficie de 72.832,78 ha que significa 14,97% de la superficie total del parque.

En la zona media de la cuenca del Pastaza se encuentra el Corredor ecológico entre los Parques Nacionales Llanganates y Sangay, área identificada como una de las 65 áreas de más alta prioridad para la conservación dentro del Complejo Ecorregional de los Andes del Norte, por el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF, 2002).

En marzo del 2001, la Fundación Natura identificó un área de corredor entre las poblaciones de Baños y Puyo (áreas de influencia de los dos Parques Nacionales). Para ello, se llevaron a cabo estudios biológicos, los mismos que ayudaron a generar un modelo espacial usando un Sistema de Información Geográfica. El área del corredor se encuentra ubicada entre las poblaciones de Río Verde y Shell y abarca una superficie de 41.517 ha que va desde los 958 msnm hasta los 3.802 msnm, es decir desde bosques piemontanos hasta páramos (Bajaña y Viteri, 2002).

Otros esfuerzos de conservación en la cuenca media del Pastaza, incluyen las áreas inscritas en el Programa Socio Bosque. En esta zona Socio Bosque tiene 6.814,68 ha de bosques bajo contratos de conservación con 112 socios individuales y 700,98 ha con un socio colectivo (PSB, 2014) (Tabla 3). Adicionalmente, en esta parte de la cuenca existen importantes esfuerzos privados de conservación. La ONG local Ecominga cuenta con una red de reservas privadas en la zona, orientadas a la conservación de áreas de bosque entre los Parques Nacionales

Llanganates y Sangay, en especial en los cantones Baños de Agua Santa y Mera. La Fundación Ecominga tiene en la cuenca media del Pastaza 4.472 ha en 7 reservas privadas en la zona.

#### **4.4 SERVICIO DE REGULACIÓN HÍDRICA EN LA CUENCA DEL PASTAZA**

Las relaciones entre cobertura vegetal y agua en una cuenca hidrográfica, no pueden generalizarse, al depender de factores como el clima, el suelo, el tipo de vegetación y el tamaño de la cuenca (EEM, 2005b). Por otro lado, la ausencia de información cuantitativa sobre la relación entre la cobertura vegetal, los cambios de uso del suelo y los servicios hidrológicos, conduce a que, en muchos casos, no se conozca con certeza si los impactos hidrológicos de ciertos cambios en el uso del suelo van a ser positivos o negativos.

Un elemento clave en la provisión de calidad y cantidad de estos recursos hídricos es el Parque Nacional Sangay. Este parque protege importantes recursos hídricos: 11 cuencas, 69 subcuencas primarias, 54 secundarias y 8 terciarias, que abastecen de agua a los proyectos hidroeléctricos. El agua que se genera en los páramos del PNS también es utilizada para el consumo humano en varias poblaciones aledañas (Tambo, Alausí y Guamote) y para el riego de importantes zonas agrícolas de la Sierra central ecuatoriana. (MAE, 2013b).

No obstante, con base en la revisión de información secundaria sobre la cuenca media del Pastaza (Encalada, 2009; MAE, 2013b; Moreno Ronquillo, 2008; Rivas y Montoya, 2006; Saunders *et al.*, 2007), se presume que los bosques de

dicha área proveen varios servicios ambientales relacionados con el mantenimiento de la calidad y cantidad de agua en la cuenca, los cuales benefician tanto a los habitantes de la parte alta de la cuenca como a los habitantes de la parte media y baja.

Estos servicios ambientales hidrológicos están estrechamente ligados con el régimen hidrológico, es decir, la manera en la cual el agua es liberada de un ecosistema dado. Las propiedades biofísicas de los ecosistemas hacen que el agua que sale de sus cuencas en forma de caudales tenga una variabilidad estacional definida con una determinada calidad (Celleri, 2010).

Los servicios ambientales descritos a continuación, no excluyen otros servicios que podrían estar generando los bosques del área y que no han sido identificados en esta Monografía.

#### **4.4.1 Mantenimiento de la calidad del agua**

En los sitios cubiertos de bosque, generalmente no se desarrollan actividades que conllevan el uso de sustancias contaminantes para el agua, como agroquímicos y excremento animal o humano. Por ejemplo, los cursos de agua en áreas agrícolas, típicamente tienen niveles de nitratos diez veces mayores que los cursos de agua en sitios con cobertura forestal, lo cual es resultado parcial del uso de fertilizantes (Johnson *et al.*, 2001).

Por otro lado, el suelo del bosque filtra algunos contaminantes provenientes de sitios aledaños, lo que contribuye a mantener la calidad del agua (Kaimowitz, 2001). Generalmente, el cambio de usos productivos a vegetación protectora, se traduce en un mejoramiento de la calidad del agua en el mediano y largo plazo.

#### **4.4.2 Disminución de la tasa de escorrentía superficial**

La cobertura forestal consume agua, demorando de este modo el tiempo que tarda el suelo en saturarse. Después de la saturación del suelo, el agua fluye superficialmente hasta los cursos de agua más cercanos. Por otro lado, los suelos forestales generalmente tienen una mayor capacidad de almacenamiento que los no forestales, y su compleja estructura hace que la infiltración sea mucho más eficiente, si se compara con suelos no forestales (Johnson *et al.*, 2001).

La regulación del ciclo hidrológico se produce cuando el ecosistema almacena agua en los periodos lluviosos y la libera lentamente en los periodos secos o de estiaje. Así entonces, el ecosistema proporciona un balance natural entre caudales de época lluviosa con caudales de época seca. Por tanto, a mayor capacidad de regulación, mayores serán los caudales de verano o caudales base, y mayor será el tiempo que el cauce se mantiene con agua antes de llegar a secarse. Asimismo, los caudales de crecida estarán controlados hasta un cierto grado (Celleri, 2010).

#### **4.4.3 Reducción de la erosión y la sedimentación**

El bosque reduce la erosión del suelo y, por consiguiente, la sedimentación de los cursos de agua, canales de riego y sistemas de agua potable (Falkenmark *et al.*, 1999; Johnson *et al.*, 2001). La intercepción de agua de lluvia por el dosel, hace que llegue menos agua al suelo que en un sitio deforestado. Los árboles y la capa de hojarasca del suelo del bosque, lo protegen del impacto de las gotas de lluvia. El sistema radicular de los árboles contribuye a mantener el suelo firme y resistente a los deslizamientos, si se compara con cuencas deforestadas o altamente alteradas. Los niveles de sedimentación en los cursos de agua, en cuencas forestadas, generalmente son menores que en cuencas con usos agrícolas o urbanos. La magnitud de la diferencia depende del tipo de suelo, la topografía y el clima (Johnson *et al.*, 2001).

En general, la erosión es mínima en los sitios donde el suelo es protegido por capas de materia orgánica y vegetación. Mientras que la remoción de la capa de materia orgánica del suelo, conduce a una erosión acelerada, debido a un aumento en la exposición del suelo a la precipitación directa (Mouraille, 1996). En el caso de tierras cubiertas de pasto, la erosión varía desde mínima cuando no existe pastoreo, hasta severa cuando hay sobrepastoreo (Mouraille, 1996).

#### **4.4.4 Reducción del impacto de inundaciones y deslaves**

Al demorar la escorrentía superficial, los bosques pueden ayudar a minimizar los efectos de las inundaciones en cuencas hidrográficas pequeñas (probablemente no influyen las inundaciones a gran escala).

#### **4.4.5 Mejoramiento de la disponibilidad de agua en la época seca**

Los suelos del páramo denominados andosoles tienen una estructura porosa que facilita la infiltración y una extraordinaria capacidad de retener el agua (Celleri, 2010). El contenido de agua en el suelo saturado sobrepasa el 80% (en comparación con suelos minerales de zonas medias y bajas, que registran valores de entre 30% y 40%). Debido a esto, el régimen hidrológico y la generación de caudales están dominados por flujos sub-superficiales y mecanismos de exceso de saturación (es decir, lluvia que cae sobre suelos saturados ubicados cerca de los cauces). En suelos de páramo prácticamente no existe flujo superficial. De acuerdo a Celleri (2010) se estima que el consumo de agua del pajonal es bajo, ubicándose entre 0,8 y 1,5 mm/día. Estas propiedades de retención de agua y bajo consumo hídrico, hacen que los páramos se constituyan en verdaderos proveedores de agua (Celleri, 2010).

Por otro lado, los bosques nublados captan parte del agua presente en la neblina, haciendo que fluya hacia el suelo, proceso conocido como precipitación horizontal. Estos flujos pueden contribuir a mejorar la disponibilidad de agua en la época seca. Ocurre lo contrario en presencia de otro tipo de bosque o cobertura forestal, ya que la escorrentía está relacionada inversamente a la cobertura forestal, es decir, los bosques producen menos agua que los pastos (Muraille, 1996).

## **4.5 LOS USUARIOS DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS**

Las actividades desarrolladas por diversos actores en la cuenca, inciden de una u otra forma, en la calidad de los servicios ecosistémicos en la cuenca. Por lo que puede considerarse como un grupo de tomadores de decisiones ya que las decisiones que tomen sobre el uso de sus terrenos, afectará la calidad y cantidad de servicios hidrológicos en una cuenca (de Groot, *et al.*, 2010).

Los demandantes o usuarios de dichos servicios son todas las personas, empresas e instituciones que utilizan el recurso, ya sea que estén ubicados en la parte alta, media o baja de la cuenca. Estos grupos de usuarios pueden traslaparse, ya que todos los propietarios y/o usuarios de la cuenca alta también consumen agua y por otro lado, algunos pobladores de la cuenca baja, pueden ser a la vez propietarios y/o usuarios de los predios ubicados aguas arriba.

Los principales demandantes o usuarios del recurso identificados en la cuenca media del Pastaza se describen a continuación.

### **4.5.1 USUARIOS DE LA BIODIVERSIDAD**

En la Tabla 4, se muestran los datos del Censo de Población y de Vivienda 2010 de los cantones Baños, Mera, Pastaza y Palora. De manera general, la población se concentra principalmente en las cabeceras cantonales y parroquiales. La población adulta corresponde al 55% del total; en tanto que los menores de edad representan el 41% y tan solo un 4% de los habitantes sobrepasan los 65 años.

El analfabetismo para la zona es de 6,48%, siendo la parroquia de Cumandá la que registra los valores más altos, que a la vez es la que está más alejada del eje vial Baños-Puyo. Por el contrario, las parroquias de Shell y Mera son las que registran los valores más bajos. Los niveles de escolaridad y educación registran tendencias similares. La incidencia de pobreza por Necesidades Básicas Insatisfechas es de 65,67%.

La zona media de la cuenca es fundamentalmente agropecuaria, por lo que existe una presión sobre los recursos de la biodiversidad. La producción del agro está orientada en su mayor parte al mercado local y al autoconsumo. Los productos más importantes son el maíz duro, el plátano, la yuca, la papa china, el banano, el café, el cacao, la pitajaya y la naranjilla (WWF, 2013).

La mayoría de las personas se dedican a actividades agrícolas, otras pocas a la actividad ganadera. La agricultura es cada vez menos rentable y la gente intenta relacionarse más con el turismo (la población cercana de Baños es un importante promotor del turismo). Para mejorar la productividad de los cultivos de naranjilla, tomate riñón y babaco utilizan agroquímicos de forma intensiva, generando la contaminación de los suelos y ríos (WWF, 2013).

La actividad ganadera, sobre todo aquella para producción de leche y sus derivados, se la realiza en menor escala. El número de cabezas de ganado no es grande, el mismo que por las difíciles condiciones ambientales de la zona, tiende a desarrollar enfermedades, convirtiéndose ésta en una actividad que tampoco da

mayores réditos económicos. La producción pecuaria incluye ganado bovino en baja cantidad destinado para la producción lechera y para carne, además de especies menores. Se encuentran plántulas avícolas, criaderos de cuyes, criaderos de tilapia y truchas que se generaron principalmente por la gran demanda de comida típica, como parte de los servicios turísticos (WWF, 2013).

La naranjilla (*Solanum quitoensis*) se la produce desde el Río Topo hacia zonas más bajas. En una buena cosecha se produce 600 cajas/ha/año, pero que por la incidencia de plagas se puede bajar a 80 cajas/ha/año (GAD cantonal de Baños de Agua Santa, PDOT 2011). En Río Verde y Río Negro el 66% de productores de naranjilla lo realizan como un cultivo de iniciación o pionero y el 44% cultivan los híbridos Puyo y Palora en terrenos trabajados o bosques secundarios (realces).

En la actualidad los productores estilan implementar de dos a tres áreas de cultivo de media hectárea cada una, así, mientras un espacio está en cosecha, otra media hectárea contiene plantas en pleno crecimiento y próximas a cosechar y, una tercera se halla recién establecida; este sistema les permite contar continuamente con producto para la venta y, por tanto, con ingresos monetarios permanentes.

Las labores de implementación y manejo del cultivo de naranjilla se realizan bajo prácticas tradicionales que implican la utilización de terrenos que han sido despejados talando bosque primario dejando ciertos árboles como sombra parcial, se utilizan pendientes ligeramente inclinada a fuertemente inclinada para favorecer el escurrimiento de las lluvias y disminuir el ataque de plagas por la humedad y el encharcamiento. El periodo productivo es de dos años, luego de lo que se rota el

sitio por la pérdida de nutrientes en ese suelo. Las actividades iniciales de preparación de terreno como tumba y roca se realizan en 8 días con la utilización de 1,5 jornales y el repique con 5 jornales (WWF, 2013).

Otra de las actividades productivas, que se da principalmente entre Río Verde y Río Negro, es el cultivo de mandarina (*Citrus reticulata*) que se realiza en huertas pequeñas, aprovechando los espacios de terreno cercanos a la casa, es un cultivo perenne cuya producción se manifiesta a partir del tercer año en dos épocas del año junio-julio y diciembre-enero. El sistema de cultivo es bajo una densidad de 4 m x 4 m y entre las hileras se cultivan, yuca, zanahoria blanca, papa china, plátano. Las labores de mantenimiento del cultivo, básicamente consiste en abonamiento, control de plagas, control de malezas y podas.

En algunas comunidades, los campesinos utilizan algunas especies arbóreas (pigüe, drago y canelo) con el objeto de construir cajones de madera para luego comercializar la naranjilla. El pigüe (*Pollalesta discolor*) se caracteriza por ser un especie con alta capacidad de regeneración natural en áreas abandonadas, es una especie pionera y alcanza su madurez en períodos cortos de 8 a 12 años aproximadamente. Dentro de los realces y bosques secundarios se encuentran también árboles de los géneros *Cecropia*, *Pouroma*, *Miconia*, *Virola*, *Inga* que son aprovechados junto con el pigüe (WWF, 2013).

El aprovechamiento del pigüe se lo realiza de dos formas principales: la una es comercializarla en trozas y la otra es la transformación primaria para comercializarla en latillas o tablillas para cajonería que transporta fruta,

principalmente naranjilla. Existen al menos 10 aserraderos en funcionamiento en los caseríos La Merced, Machay y Río Verde. Se construyen cajas o cajones fruteros de 12cm por 12 cm, para empacar principalmente naranjilla, tomate y guayaba (GAD cantonal de Baños de Agua Santa, PDOT 2011).

Se aprovechan árboles con un DAP entre 20 y 40 cm, dependiendo de la distancia se cargan manualmente (por parte de la familia o se contratan cargadores) o con ayuda de mulas. Una vez que las trozas de 2 metros se han cargado hasta la vía, es aquí donde se las corta en trozas mínimo de 1 metro de largo (utilizadas para cajonería), hasta trozas de 1,25cm de largo (utilizado para la fabricación de pallets), esta decisión del largo de los tucos depende del pedido de un aserrador antes del corte.

De un metro cúbico se obtienen 170 cajones, a través de la elaboración de cajonería los aserraderos generan empleo de manera temporal, en muchos casos involucran la participación de miembros de la familia entre hombres y mujeres dependiendo de las labores en la confección de las cajas. En el año 2012 precio promedio de compra de la madera de pigüe a nivel de la vía fue de 11,76 dólares por m<sup>3</sup> en promedio (el precio pagado con más frecuencia es de 12 dólares, con un máximo de 15 dólares y mínimo de 9 dólares). Para la modalidad de venta en pie el precio en promedio registrado para las ventas es de 5,17 dólares/m<sup>3</sup> (con un mínimo de 3 dólares y máximo de 6 dólares) (WWF, 2013).

En cuanto a la comercialización de productos de cajonería, en los aserraderos una caja armada de naranjilla se comercializa en aproximadamente 0,60 dólares,

una de tomate 0,50 dólares; y una caja de frutilla se vende a 0,22 dólares. En cuanto a la rentabilidad por la venta de estos productos de madera, ya que no se paga por la mano de obra del propietario y su esposa, la utilidad neta de las cajas de naranjilla es de 0,36 dólares; de tomate: 0,27 dólares y de frutilla 0,10 dólares. Si este valor de mano de obra fuera internalizado en los costos de producción, la utilidad neta respectivamente sería de 0,30; 0,24; 0,07 dólares (WWF, 2013).

Uno de los problemas más graves que se ha detectado en toda la zona entre Baños y Puyo ha sido el uso excesivo y la mala utilización de herbicidas, pesticidas, fungicidas y otros agroquímicos (fijadores, potenciadores, aceites agrícolas). Los pobladores dicen que en la "*zona antes había muchas culebras, pero ahora ya han desaparecido por los agroquímicos*", si bien los pobladores ven esto como beneficioso lo cierto es que permite ver el grado de utilización y abuso de los agroquímicos en la zona (WWF, 2013).

Como ejemplo, en el área comprendida entre Río Negro y Mera, los agricultores invierten un promedio de USD 600 en agroquímicos por hectárea al año. Los insumos son comprados en Baños y Puyo, no tienen asesoramiento técnico y compran describiendo los problemas a los dependientes de las tiendas comerciales que les recomiendan el producto a usar. Las prácticas agrícolas son antitécnicas y peligrosas, tanto para la salud de los productores como la de los consumidores de los productos agrícolas, ya que los agricultores fumigan con una periodicidad de 8 a 15 días en invierno (abril-octubre) y de 15 a 21 en verano (noviembre-marzo).

En la zona, mucha gente considera al ganado vacuno como una fuente de ahorros ya sea para alguna ocasión de emergencia, una enfermedad, muerte de algún familiar o para solventar los gastos de educación de sus hijos, en esos casos, llevan los animales para venderlos en Ambato. En la zona entre Río Negro y Shell se aprecian bosques que han sido talados y transformados a pastizales incluso sin tener vacas o porque fueron vendidas para pagar las deudas al Banco Nacional de Fomento y esperan que las circunstancias les permitan tener nuevamente ganado, lo cual indica que el ser ganadero es una posición de estatus (WWF, 2013).

Debido a que la agricultura es cada vez menos rentable, la población en general intenta relacionarse con la actividad turística. El turismo en general y el ecoturismo en particular, es una alternativa de generación de ingresos viable en la zona y los actores vinculados a esta actividad se constituyen en importantes usuarios de los servicios ecosistémicos de la biodiversidad y el paisaje.

La ciudad de Baños es reconocida nacional e internacionalmente como un destino turístico. El turismo es intenso en sus alrededores. Igualmente, es el centro de organización de varios deportes de aventura relacionados con el río Pastaza y sus afluentes como: kayak y rafting. El Santuario de la Virgen de Agua Santa, recibe miles de fieles todo el año. También es reconocida por sus fuentes de aguas termales (GAD cantonal de Baños de Agua Santa, PDOT 2011).

En el 2011 Baños ocupó el quinto lugar entre las ciudades más visitadas durante ese año: Quito con un 66% del total de visitantes, Guayaquil (47%), Cuenca (19%), Galápagos (15%) y Baños (11%). (Ministerio de Turismo, 2011). Según el

Catastro de Servicios de Alojamiento del Departamento de Turismo del municipio (GAD cantonal de Baños de Agua Santa, PDOT 2011), Baños cuenta con 34 agencias u operadoras de viajes y 103 establecimientos de alojamiento. De estos, el 67% corresponde a hostales, el 18,5% a pensiones, el 6,8% a hoteles, el 5,8% a hosterías y el 1,9 % a cabañas.

Según el PDOT de Baños (GAD cantonal de Baños de Agua Santa, PDOT 2011) se ofrecen alrededor de 325.000 pernотaciones anuales (900 diarias), de las cuales el 23% son para turistas extranjeros y el restante 73% corresponde a turistas nacionales.

En cuanto a los extranjeros, los turistas no residentes proceden principalmente de Estados Unidos (81,25%), seguidos por visitantes de Alemania, Francia, España y el Reino Unido. De estos el 96% no utiliza agencias de viajes ni contrata paquetes turísticos. De estos visitantes se estima un gasto diario por persona promedio de US\$43,8 en términos generales (GAD cantonal de Baños de Agua Santa, PDOT 2011).

El turista nacional tiene un nivel medio de instrucción y es relativamente joven. El promedio de su estadía es de un día y, la mayoría, se moviliza en transporte público. Los mayores desplazamientos se dan durante feriados como Carnaval, Semana Santa, Finados y la temporada de vacaciones de la sierra. Otro rubro importante es el turismo de fin de semana, correspondiente a ambateños y riobambeños que vienen por los atractivos de la naturaleza, las aguas termales, la Virgen.

Una de las ventajas del turismo de Baños es que durante los doce meses del año la curva de visitas se mantiene relativamente estable, existiendo picos como los mencionados. Otra ventaja es que los grupos de turistas tienen diferentes expectativas, respecto a la calidad de los servicios de hospedaje y gastronomía, lo cual garantiza la participación de amplios sectores poblacionales en el desarrollo turístico.

En otras localidades de la cuenca del Pastaza como Puyo y Mera según información turística del Consejo Provincial de Pastaza, en el cantón Pastaza funcionan 16 agencias u operadoras de viajes, 26 establecimientos de hospedaje, 49 establecimientos que ofrecen servicios de alimentación, 14 bares y 2 balnearios. Mientras que en el cantón Mera funcionan 7 establecimientos de hospedaje, todos en la parroquia Shell. Por otro lado, de acuerdo al Plan Estratégico Participativo del Sector Turístico para el Sector Mera en el cantón funciona una agencia de viajes y 6 servicios de comidas y bebidas.

Mera cuenta con una piscina, el balneario del río Alpayacu, el mirador Sigcha, las playas del río Pastaza y río Chico, las cascadas de Mangayacu, Tigre y las cavernas de la Colonia 24 de Mayo. Se pueden realizar caminatas a la colonia Pindo Mirador. En el museo Jacinto Dávila, se exhiben muestras de cerámica, arqueología, artesanía, mineralogía, escultura y pintura (MAE, 2013b).

También se pueden visitar los complejos turísticos Río Tigre y Río Pindo, donde el principal atractivo son las aguas del río. Las actividades de rafting y kayak, son populares en el río Pastaza (desde el sector de Cumandá hasta Madre Tierra).

En Pastaza, el proyecto Atacapi-Papangu ofrece turismo comunitario. La reserva de Fátima y un zoológico, que contiene varias especies animales de la selva amazónica, destacan como atractivos turísticos cercanos a Puyo. Estos ofrecen la posibilidad de conocer la vegetación y la fauna del sector y adentrarse en las costumbres de las comunidades indígenas (MAE, 2013b).

En la ciudad de Puyo existen un parque acuático, donde el principal atractivo son las piscinas y otras actividades relacionadas con el agua. Asimismo, existen sitios para pesca deportiva, bosques y parques donde se pueden realizar caminatas y observación de flora y fauna, jardines botánicos, balnearios, cascadas, miradores y museos. Sobresalen los sitios donde se puede compartir con las diferentes nacionalidades indígenas del Pastaza como el Parque Etno Botánico OMAERE y Cotococha Turismo Comunitario. El primero posee plantas medicinales, muestras de las viviendas y cultivos de los grupos étnicos Shuar, Zápara y Huaorani, un orquideario con flora propia de la Amazonia. En Cotococha se ofrece artesanía, recorridos por el bosque protector, observaciones de flora y fauna, canotaje, servicios de alojamiento y alimentación, a modo de intercambio cultural con la comunidad Kichwa (MAE, 2013b).

En el cantón Palora los principales atractivos turísticos del cantón son: la Compañía de Té Ecuatoriana Sangay, la parroquia Arapicos (donde se ubica el sitio

denominado Cumandá, que dio nombre a la novela escrita por Juan León Mera), Llushín, Balneario Numbayme, San Vicente de Tarquí, Mirador Apkíus, cascada de Nayanamaka y el Parque Nacional Sangay. En estos sitios se puede nadar en ríos cristalinos, practicar deportes de aventura, realizar paseos en canoa y observaciones de flora y fauna. Solamente en el Balneario Numbayme, se indica la existencia de facilidades como cabañas y canchas deportivas.

#### **4.5.2 USUARIOS DE LOS RECURSOS HÍDRICOS**

Los principales demandantes o usuarios del recurso hídricos identificados en el área son:

- Operadores turísticos (kayak, rafting, paseos a caballo y en bicicleta a la orilla del río, hoteles y restaurantes que ofrecen el río como atractivo paisajístico, aguas termales)
- Empresas hidroeléctricas
- Campesinos (agua para consumo humano y riego)
- Empresas piscícolas (pequeñas y medianas)
- Juntas de agua para riego y consumo humano
- Municipios (agua para consumo humano y saneamiento)
- Industrias que utilizan el agua como insumo de la producción
- Transportistas (transporte acuático)

Es importante diferenciar el tipo de usuarios, en el caso de los operadores turísticos, las empresas hidroeléctricas, los transportistas y las piscícolas, el uso que hacen del agua es no consuntivo. Mientras que los usuarios de agua para riego y

para consumo humano efectivamente consumen el agua (GAD cantonal de Baños de Agua Santa, PDOT 2011).

En el cantón Baños de Agua Santa el servicio de abastecimiento de agua para consumo humano y saneamiento es brindado directamente por el municipio, a través de la sección de Agua Potable y Alcantarillado de la Dirección de Saneamiento Ambiental. Alrededor de la mitad de las fuentes utilizadas en el cantón, tienen concesión, el resto está en trámite (GAD cantonal de Baños de Agua Santa, PDOT 2011). El agua utilizada proviene de 11 vertientes. En la Tabla 5 se presentan los datos de caudal para cada vertiente, microcuenca de ubicación y parroquia que abastecen.

En las parroquias Lligua, Río Negro y Río Verde el servicio es brindado por Juntas de Agua. El municipio brinda asistencia técnica y materiales para mantenimiento de la infraestructura existente y construcción de nueva infraestructura. Las tarifas que cobran las juntas, no alcanzan para dar mantenimiento a los sistemas.

En resumen, Baños tiene una cobertura de servicio de agua potable del 90%, sin embargo el sistema ha cumplido su vida útil y debe construirse uno nuevo. El caudal de captación es de buena calidad y es monitoreado permanentemente por el Departamento de Saneamiento del Municipio. El alcantarillado cubre la demanda del 70% de usuarios, sin embargo al igual que el sistema de agua potable debe ser construido uno nuevo. No se realiza tratamiento de las aguas servidas y los efluentes son vertidos directamente al río Pastaza, por lo que es prioritario que se

realice la construcción de un sistema de tratamiento de desechos líquidos (GAD cantonal de Baños de Agua Santa, PDOT 2011).

El servicio de agua potable tiene 4.135 usuarios catastrados, con una cobertura del 90%. Produce ingresos medios anuales de \$ 18.000 dólares y gastos por \$37.000 dólares, con un déficit de aproximadamente el 50%. El servicio es operado por 8 servidores municipales. El alcantarillado cuenta con 3.629 usuarios catastrados, es decir una cobertura del 90%. Genera ingresos de \$ 6.795 y gastos por \$11.978 dólares (GAD cantonal de Baños de Agua Santa, PDOT 2011).

En el cantón Mera, en las parroquias Mera y Shell, el servicio de abastecimiento de agua y saneamiento es brindado directamente por el municipio a través del Departamento de Obras Públicas. No se dispone de concesiones para el uso del recurso. La parroquia Mera aprovecha las aguas de la quebrada Mangayacú, afluente del río Pastaza. Shell aprovecha las aguas del río Pindo, de donde también se capta agua para la ciudad de Puyo.

En cuanto a los usos industriales de los recursos hídricos en la cuenca media del Pastaza, hay que destacar a los usuarios de las empresas hidroeléctricas. En la parroquia Ulba del cantón Baños opera, desde 1997, la Central Hidroeléctrica Agoyán (156MW). Hidroagoyán, propietario de la central, en cumplimiento de los requerimientos del Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC), desarrolla acciones para el manejo y conservación de la cuenca alta.

La central hidroeléctrica de Agoyán fue construida a finales de los años 70, y fue concebida para aprovechar el caudal del Río Pastaza. Está localizada en la provincia de Tungurahua a 5 km al este de la ciudad de Baños en el sector denominado Agoyán de la parroquia Ulba. Por el tamaño de su represa (con más de 15 metros de altura), es considerado con un proyecto hidroeléctrico grande. Agoyán está a una altitud de 1651 msnm (MAE, 2013b).

Durante la construcción de la Hidroeléctrica Agoyán se desplazó a cerca de 50 familias que vivían en lo que hoy es el espejo de agua de la obra. La represa acumula las aguas servidas que traen los ríos Chambo y Patate, lo que genera la presencia de moscas y malos olores. Adicionalmente desapareció la cascada del Agoyán, símbolo de la ciudad de Baños. Cada vez que se hace la limpieza de la Represa Agoyán las comunidades aguas abajo como La Merced, Escudilla, El Placer, Río Verde y Machay, son fuertemente afectados por los malos olores que estos lodos emiten (MAE, 2013b).

Aguas abajo de la Central Agoyán está el Proyecto San Francisco. En términos de capacidad instalada de generación de 230 MW, es el segundo proyecto hidroeléctrico más grande del país. Esta central entró en operación en mayo de 2007. Este proyecto aprovecha el caudal turbinado del Río Pastaza, proveniente de la Central Hidroeléctrica Agoyán por medio de una serie interconectada de túneles y cadenas subterráneas. No posee represa, por esa razón su impacto ambiental y paisajístico es reducido, ya que todas las estructuras del proyecto como la cámara de interconexión, túnel de conducción y casa de máquinas, se encuentran alojadas dentro del macizo rocoso, hacia el margen izquierdo del Río Pastaza (MAE, 2013b).

Por la construcción del túnel de conducción de las aguas para el proyecto se produjo la pérdida de las vertientes y fuentes naturales de agua utilizadas por la población para consumo humano y animal, por lo que hoy en algunos casos de comunidades que les toca traer el agua de zonas muy lejanas (MAE, 2013b).

Más abajo en la cuenca está en fase de diseño el proyecto hidroeléctrico Abitagua, de 177 MW de capacidad, ubicado en la provincia de Pastaza, 5 Km aguas arriba de la población de Mera. El proyecto fue concesionado a la empresa PEMAF, la cual está a cargo del diseño de la obra. Tendría un costo aproximado de US 215 millones. Este proyecto, conjuntamente con San Francisco y Agoyán, forma parte del llamado desarrollo integral de la cuenca media del Río Pastaza.

El Proyecto hidroeléctrico Lligua – Muyo, tiene una capacidad de generación de 183 MW, y está ubicado en la provincia de Tungurahua, en la zona media de la cuenca del Río Pastaza, después de la confluencia del Río Chambo y Patate, aguas arriba de Agoyán a 11,5 Km de distancia. El proyecto se encuentra actualmente en estudio de pre-factibilidad. Se calcula que el tiempo de construcción de la obra alcanzaría los 5 años aproximadamente, y tendría un costo aproximado de US 210 millones.

El proyecto hidroeléctrico Topo, en fase final de construcción, aprovecharía las aguas del Río Topo en la cuenca media del Río Pastaza con una capacidad instalada de generación de 22 MW. Está ubicado en la provincia de Tungurahua, a 1 km aguas arriba de la unión del Río Pastaza con el Río Topo en el límite oriental de la provincia de Tungurahua con la de Pastaza, encontrándose además en el Corredor Ecológico Llanganates-Sangay. El proyecto fue concesionado a la empresa

PEMAF la cual está a cargo de la construcción de la obra, y con una inversión aproximada de US 36 millones (TOPO, 2012).

En cuanto a los usos recreativos de los recursos hídricos en la cuenca media del Pastaza, como se mencionó anteriormente, Baños presenta numerosos afloramientos de aguas termales ubicados principalmente en Agua de la Virgen (55°C), Cangrejo de Santa Clara (24°C) y El Salado (55°C), todas estas fuentes son consideradas terapéuticas por su temperatura y composición química. (GAD cantonal de Baños de Agua Santa, PDOT 2011).

Otros sitios de interés turístico vinculados a recursos hídricos son las cascadas como: Cabellera de la Virgen, Chamana, Río Ulba, La Piedra la Luz, Manto de la Novia, San Jorge, San Pedro, Pailón del Diablo, Machay, Manto del Angel, Las Orquídeas, San Agustín, Refugio de los Loros, San Miguel, Peñón del Tucán, Manantial del Dorado, Cashuarco. Encañonados de: San Martín, del Duende. Ríos y playas: Río Verde, río Las Estancias, río Zúñiga (GAD cantonal de Baños de Agua Santa, PDOT 2011).

Los pobladores locales de una u otra manera intentan relacionarse al turismo, vendiendo comida, refrescos o montando pequeñas empresas (por ejemplo, El Manto de la Novia, El Pailón del Diablo, La Tarabita, la ruta ciclista en Cashuarco). Existen varios sitios en el trayecto del río Pastaza aguas abajo que son utilizadas por las empresas que organizan tours como la visita al Pailón del Diablo. En los cauces de varios ríos tributarios del Pastaza se practica el rafting como un deporte preferido

por turistas extranjeros, al menos 20 compañías de turismo se benefician de esta belleza escénica (GAD cantonal de Baños de Agua Santa, PDOT 2011).

## 5. CONCLUSIONES

La deforestación, erosión y contaminación de las aguas en la cuenca conllevan un riesgo enorme para las diversas actividades productivas - turismo, generación de energía hidroeléctrica, consumo humano, - que allí se desarrollan. Por lo que los diferentes usuarios, deben proponer mecanismos para su conservación y manejo.

Existe un débil control de la calidad del agua utilizada para consumo humano, por los municipios de la zona. Tampoco se realizan acciones significativas para la protección y manejo de los sitios de captación, el modelo implementado por los municipios se centra en el uso y aprovechamiento del recurso. El desarrollo de un mecanismo de protección de los bosques en las zonas de captación, acompañado por un proceso de capacitación, sería el inicio de una gestión integrada del recurso por parte de los gobiernos locales.

El principal problema de la zona es el deterioro ambiental, consecuencia de la alteración de los ciclos hidrológicos y del uso inadecuado de los recursos naturales y la biodiversidad. La alteración de los ciclos hidrológicos es producto, mayoritariamente, de la construcción de proyectos hidroeléctricos donde no se toman las medidas de prevención, control y mitigación de impactos ambientales. Las alteraciones a los recursos de la biodiversidad, se relacionan principalmente con la tala de bosques para cultivos, pastos y eventualmente apertura de caminos.

Generalmente, las presas y embalses son las estructuras que modifican de modo más significativo y directo el caudal natural de los ríos. No satisfacer las necesidades de caudales ambientales conlleva consecuencias para muchos usuarios de los ríos en el mediano y largo plazo.

Según el Inventario y Diagnóstico Hídrico de la Provincia de Tungurahua toda la cuenca del río Pastaza se encuentra sometida a procesos erosivos debido a la deforestación y a las pendientes de los valles de ríos y quebradas, que dificultan la recuperación de vegetación en estos sectores. Cuando llueve se produce el arrastre de sólidos desde los valles hasta los cauces de agua, llevando en disolución sustancias contaminantes orgánicas e inorgánicas (pesticidas, amonio, sulfatos, sales, entre otros) que degradan la calidad del agua, inhabilitándola para determinados usos.

Los sectores de usuarios de agua para consumo humano y saneamiento e hidroeléctrico, necesitan concesiones o derechos de uso del agua del río Pastaza o sus afluentes. En el caso de los municipios, solamente Baños está tramitando algunas concesiones, Mera y Palora no las poseen. Las compañías hidroeléctricas por el contrario, si cuentan con las concesiones respectivas.

Por su parte, el uso inadecuado de los recursos naturales, es provocado principalmente por las prácticas agropecuarias inapropiadas: i) uso de agroquímicos, ii) monocultivos, iii) uso de suelos no aptos para la agricultura y ganadería. Lo que provoca una disminución en la productividad y por consiguiente en la rentabilidad, lo

que conlleva el avance de la frontera agropecuaria y la destrucción de la cobertura vegetal original.

Se deben establecer políticas y marcos institucionales y legales claros sobre caudales ambientales, ya que las compañías hidroeléctricas no toman acciones para gestionar caudales ambientales, a no ser que se tomen decisiones políticas claras a nivel de país. Esto debido a que la descarga de un caudal ambiental, representa una disminución en la producción de energía y por lo tanto en los ingresos económicos que esta conlleva.

## 6. RECOMENDACIONES

Es necesario realizar acciones para la conservación de los bosques de la cuenca. Los servicios ambientales mejor valorados por los actores locales son las cabeceras y fuentes de agua utilizadas para diferentes actividades porque son zonas que deben ser protegidas, a pesar de que pocas personas disfrute directamente de ellas. Esto evidencia la importancia dada al recurso agua.

En este sentido, durante la fase planificación y construcción de nuevos proyectos hidroeléctricos en el Pastaza o sus tributarios, los Gobiernos Locales, la comunidad y los actores interesados en la conservación deben asegurarse de que las estrategias de operación contemplen la descarga de un caudal ecológico. Este contribuirá a mantener la salud de los cursos de agua, al desarrollo económico.

Se deben desarrollar procesos de construcción de capacidades en los municipios del área, con miras a impulsar el manejo y conservación de los servicios ecosistémicos de la cuenca. Esto debido a que es notoria la baja capacidad técnica en los funcionarios de los municipios y el débil entendimiento de lo que debe ser el manejo o gestión de una cuenca hidrográfica con diversidad de actores.

De los diversos usuarios de los servicios ecosistémicos de la cuenca, todos han coincidido en la necesidad de iniciar un proceso conjunto para la conservación.

Dado que no todos los Gobiernos locales, manifiestan el mismo interés y capacidad en el desarrollo de mecanismos de protección de los servicios

ecosistémicos de la cuenca, se recomienda considerar la posibilidad de implementar experiencias en un solo municipio como proyecto piloto. Así podría invertirse mayor cantidad de tiempo y recursos en hacerlo funcionar y luego, replicar la experiencia a los otros municipios del área.

Es necesario el desarrollo de modelos de servicios ecosistémicos en la cuenca, tales como el modelo InVEST (Integrated Valuation of Environmental Services and Tradeoffs) con la finalidad generar información técnica sobre la valoración y los servicios ambientales de la zona, los mismos que sean de utilidad para investigadores, tomadores de decisión y principalmente a los habitantes de la zona.

Es necesario trabajar a nivel de municipios identificando los sitios de captación de agua para consumo humano (microcuencas), los indicadores de gestión del servicio de abastecimiento de agua potable y la posibilidad de desarrollar mecanismo de conservación en cada municipio, ya sea en forma conjunta o separada, identificando áreas prioritarias para la conservación de la cuenca y posibles mecanismos para generar recursos para su conservación y manejo.

Las aguas del río Pastaza son utilizadas para consumo humano, turismo y para producción de energía hidroeléctrica. No obstante, no se conoce con certeza el área de recarga de los acuíferos, por lo que es necesario desarrollar estudios que permitan conocer dicha información.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bajaña, F. y Viteri, X. **Plan Preliminar de Manejo del Corredor Ecológico Llanganates-Sangay**. Quito: Fundación Natura – WWF, 2002. 80 p.
- Benayas, J., Adrian C., Newton, A., Diaz, A., y Bullock, J. Enhancement of Biodiversity and Ecosystem Services by Ecological Restoration: A Meta-Analysis. **Science**, 325: 28. 1121- 1124. 2009.
- Benítez, V., Sánchez, D. y Larrea, M. **Evaluación ecológica rápida de la avifauna en el Parque Nacional Llanganates** En: En: Vázquez, M. A., M. Larrea y L. Suárez (Eds.). Biodiversidad en el Parque Nacional Llanganates: un reporte de las evaluaciones ecológicas y socioeconómicas rápidas. Quito. EcoCiencia, Ministerio del Ambiente, Herbario Nacional del Ecuador, Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales e Instituto Internacional de Reconstrucción Rural, 2000. p 67-107.
- Buytaert, W., Céleri, R., De Bièvre, B., Cisneros, F., Wyseure, G., Deckers, J. y Hofstede, R. Human impact on the hydrology of the Andean páramos. **Earth-Science Reviews**, 79: 53–72, 2006.
- Buytaert, W. V. Vicente Iñiguez, y B. De Bievre. The effects of afforestation and cultivation on water yield in the Andean páramo. **Forest Ecology and Management**, 251:22-30, 2007.
- Cardinale, B., Duffy J., Gonzalez A., Hooper, D., Perrings, C., Venail, P., Narwani, A., Mace, G., David Tilman, Wardle, D., Kinzig, A., Daily, G., Loreau, M., Grace, J., Larigauderie, A., Srivastava D., y Naeem S. Biodiversity loss and its impact on humanity. **Nature**, 486: 59-67, 2012
- Castro, I. y Román, H. **Evaluación ecológica rápida de la mastofauna en el Parque Nacional Llanganates**. En: Vázquez, M.A., Larrea, M. y Suárez, L. (Eds.). Biodiversidad en el Parque Nacional Llanganates: un Reporte de las Evaluaciones Ecológicas y Socioeconómicas Rápidas. Quito: EcoCiencia, Ministerio del Ambiente, Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales, Herbario Nacional del Ecuador, Instituto Internacional de Reconstrucción Rural, 2000. p. 129–147.
- Castro M. **Valoración económica del almacenamiento de agua y carbono en los bofedales paramunos ecuatorianos**: experiencia en dos sitios piloto: Oña-Nabón-Saraguro-Yacuambi y del Frente Sur Occidental de Tungurahua. EcoCiencia / Wetlands International / UTPL / MAE. 2010. 49 p.

- Celleri, R. **Estado del conocimiento técnico científico sobre los servicios ambientales hidrológicos generados en los andes.** En: Quintero, M. (Ed). Servicios ambientales hidrológicos en la región andina. Estado del conocimiento, la acción y la política para asegurar su provisión mediante esquemas de pago por servicios ambientales, Lima: IEP; CONDESAN, 2010. p 25-45
- Daily, G. **Introduction: What are ecosystem services?** En: Daily G (Ed.). Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems, Island Press, Washington, DC, 1997. p. 1–10.
- De Groot, R., Wilson, M y Boumans, R. The Dynamics and Value of Ecosystem Services: Integrating Economic and Ecological Perspectives: A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. **Ecological Economics**, 41: 393–408, 2002.
- De Groot, R., Alkemade, R., Braat, L., Hein, L., Willemsen, L., Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. **Ecological Complexity** .7: 260–272, 2010
- Encalada, A. **Descripción de la ecología acuática e impacto de las captaciones de agua en algunos ríos de la cuenca del río Pastaza.** En: Proyecto Piloto de caudales ecológicos para ríos de la cuenca del Pastaza, Ecuador. Informe técnico entregado a la Fundación Natura, Quito. 2009
- Evaluación de los Ecosistemas del Milenio**, Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment. World Resources Institute, Washington, DC 2005a. 43 p.
- \_\_\_ . Los Ecosistemas y el Bienestar Humano: Humedales y Agua. Informe de Síntesis World Resources Institute, Washington, DC. 2005b. 68 p.
- \_\_\_ . Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis. World Resources Institute, Washington, DC. 2005c. 86 p.
- Falkenmark, M., Andersson, L., Castensson, R., Sundblad, K., Batchelor, C., Gardiner, J., Lyle, C., Peters, N., Pettersen, B., Quinn, P., Rockstrom, J., and Yajikakis C. **Water: A reflection of land use.** Stockholm: Swedish Natural Science Research Council, 1999. 130 p.
- Fonseca, R. y Carrera, J.P. **Evaluación y análisis para la identificación de un corredor ecológico entre los Parques Nacionales Llanganates y Sangay: una prueba de hipótesis con mamíferos.** En: Viteri, X. (Ed.). Corredor ecológico entre los Parques Nacionales Llanganates y Sangay: un informe de los estudios biológicos y sociales. Quito: Fundación Natura y Fondo Mundial para la Naturaleza, 2002. p. 1-40.
- Gobierno Autónomo Descentralizado de cantón Baños de Agua Santa. **Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT).** 2011. 278 p.

- Hofstede, R. **El páramo como espacio de fijación de carbono atmosférico.** En: Páramo como espacio de mitigación de espacio atmosférico. Serie Páramo 1. Quito: GTP y Abya Yala, 1999. p 7-10.
- Johnson, N., White, A., Perrot-Maitre, D. **Developing markets for water services from forests: Issues and lessons for innovators.** Forest Trends – WRI - The Katoomba Group. 2001. 19 p.
- Jost, L. Explosive Local Radiation of the Genus *Teagueia* (Orchidaceae) in the Upper Pastaza Watershed of Ecuador. **Lyonia**, 7 (1): 41-47, 2004.
- Kaimowitz, D. **Pagos por servicios ambientales hidrológicos:** retos y oportunidades. En: Memoria II Foro Regional Pago por Servicios Ambientales. Montelimar, Nicaragua. 2001. p75-83.
- Loaiza, J. M., y Morales, G. **Evaluación y análisis para la identificación de un corredor ecológico entre los Parques Nacionales Llanganates y Sangay: una prueba de hipótesis con aves.** En: Viteri, X. (Ed.). Corredor ecológico entre los Parques Nacionales Llanganates y Sangay: un informe de los estudios biológicos y sociales. Quito: Fundación Natura y Fondo Mundial para la Naturaleza, 2002. p. 41-75.
- López-Barrera F., **Estructura y función en bordes de Bosques.** Ecosistemas. 13 (1): Enero 2004. p.67-77.
- Mena, P. y Hofstede, R. **Los páramos ecuatorianos.** En Moraes M., Øllgaard, B., Kvist, P., Borchsenius F., y Balslev H., (Eds). Botánica Económica de los Andes Centrales. Universidad Mayor de San Andrés, 2006: p 91-109.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. **Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental.** Subsecretaría de Patrimonio Natural Quito. 2013a. 235 p.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. **Propuesta Metodológica para análisis de Vulnerabilidad al cambio climático de la cuenca del Pastaza.** Subsecretaría de Cambio Climático. Quito. 2013b. 180 p.
- Ministerio de Turismo. **La experiencia turística en el Ecuador:** Cifras esenciales de turismo interno y receptor. 2011. 48 p.
- Moreno Ronquillo, M. **Metodología y determinación de caudales ambientales en la cuenca del río Pastaza.** (Tesis en Ingeniería Ambiental). Quito, Escuela Politécnica Nacional, 2008, 217 p.
- Mouraille, C. **La protección de cuencas hidrográficas: una bibliografía anotada de hidrología, valorización económica e incentivos económicos.** CCT – CINPE/UNA – IIED. San José, Costa Rica. 1996. 143p.

- Rageot, R. y Albuja, L. Mamíferos de un Sector de la Alta Amazonía Ecuatoriana: Mera, Provincia de Pastaza. **Revista Politécnica**. Volumen 4. 165-208, 1994.
- Reyes-Puig, M., Reyes-Puig J., y Yáñez-Muñoz M. Ranas terrestres del género *Pristimantis* (Anura: Craugastoridae) de la Reserva Ecológica Río Zúñag, Tungurahua, Ecuador: Lista anotada y descripción de una especie nueva. **Avances en Ciencias e Ingeniería**, 5 (2), B5-B13, 2013.
- Rivadeneira, J.F., Anderson, E., Dávila, S. **Peces de la cuenca del río Pastaza**. Quito: Fundación Natura, 2010. 61 p.
- Rivas, J. y Montoya, M. **Enfoque Ecosistémico en la Cuenca Binacional del Río Pastaza (Ecuador – Perú)**. En: Guerrero, E., De Keizer, O., Córdoba, R. La Aplicación de Enfoque Ecosistémico en la Gestión de los Recursos Hídricos. Quito: UICN–Sur; PNUMA; Iniciativa Agua y Naturaleza (WANI), 2006. p. 19-21.
- Saunders, T., Elizabeth, P., Anderson, E. y Celi, J. **The Status and Trends of Water Quality in the Upper Pastaza River Basin, Ecuador**. Quito: Global Water for Sustainability Program, Florida International University y Fundación Natura, 2007. 150 p.
- SENAGUA (Secretaría Nacional del Agua). 2011. **Oferta y demanda hídrica en Ecuador**. Presentación del proyecto Estado situacional del Ecuador en cuanto al manejo de los recursos hídricos. Quito. 60 p.
- Sierra, R. (Ed.). **Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador continental**. Quito: Ministerio del Ambiente, Proyecto INEFAN/GEF-BIRF, Wildlife Conservation Society y EcoCiencia, 1999. 185 p.
- Tirira, D. (Ed.). **Libro Rojo de los Mamíferos del Ecuador**. Publicación Especial sobre los Mamíferos del Ecuador 4 - Serie Libros Rojos del Ecuador, Tomo 1. Quito: SIMBIOE, EcoCiencia, Ministerio del Ambiente, UICN, 2001.
- TOPO Hydroelectric Generation Project**. Project design document form for CDM project activities (F-CDM-PDD), UNFCCC/CCNUCC. 2012. 69 p.
- TULAS. Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente**. Registro Oficial Edición Especial No.2, 2003. Decreto Ejecutivo No.3516. Registro Oficial - 31 de marzo de 2003. Quito. p. 77.
- Valencia, R., Pitman, N., Leon-Yanez, S., y Jorgensen, P. (Eds.). **Libro Rojo de las Plantas Endémicas del Ecuador 2000**. Quito: Herbario QCA de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2000.
- Vargas, H., Neil, D., Asanza, M., Freire-Fierro, A. y Narváez, E. **Vegetación y flora del Parque Nacional Llanganates**. En: Vázquez, M.A., Larrea, M. y Suárez, L. (Eds.). Biodiversidad en el Parque Nacional Llanganates: un reporte de las evaluaciones ecológicas y socioeconómicas rápidas. Quito: EcoCiencia, Ministerio del Ambiente, Herbario Nacional del Ecuador, Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales e Instituto de Reconstrucción Rural, 2000. p. 13-66.

Viteri, X. (Ed.). **Corredor ecológico entre los Parques Nacionales Llanganates y Sangay: un informe de los estudios biológicos y sociales**. Quito: Fundación Natura y Fondo Mundial para la Naturaleza, 2002. 74 p.

WWF. **Línea base del Proyecto**: Restauración de áreas degradadas como estrategia de manejo forestal sustentable para mejorar la conectividad en el corredor ecológico Llanganates – Sangay. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 2013. 37 p.

## 8. FIGURA

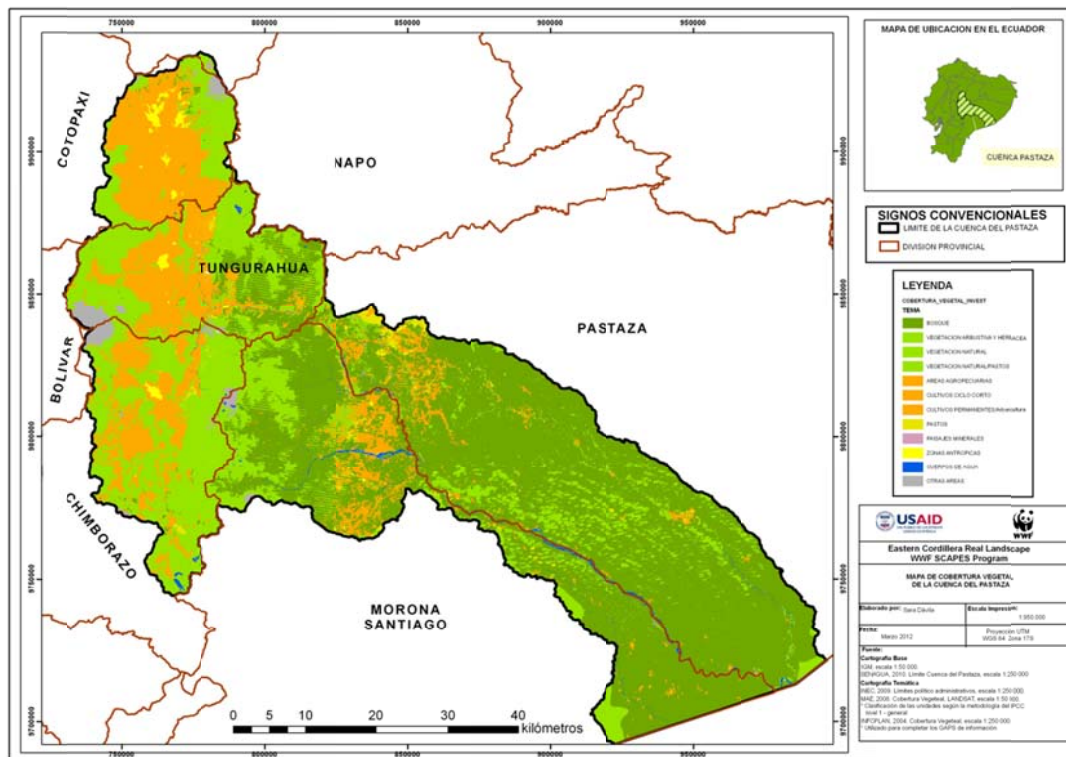


Figura 1. Mapa de cobertura vegetal de la cuenca del Pastaza, 2012.

## 9. TABLAS

**Tabla 1 Superficie total de la cuenca del Pastaza por provincias**

<b>Provincias principales en la cuenca del Pastaza</b>	<b>Superficie de la cuenca (ha)</b>	<b>% del total de la cuenca</b>
Tungurahua	337.358,16	14,55
Pastaza	829.018,58	35,75
Morona Santiago	576.665,64	24,86
Chimborazo	352.583,56	15,20
Cotopaxi	217.289,26	9,37
<b>subtotal</b>	<b>2.312.915,21</b>	<b>99,73</b>
<b>Provincias marginales en la cuenca del Pastaza</b>	<b>Superficie de la cuenca (ha)</b>	<b>% del total de la cuenca</b>
Pichincha	3.536,89	0,15
Napo	1.871,69	0,08
Bolívar	887,63	0,04
<b>subtotal</b>	<b>6.296,21</b>	<b>0,27</b>
<b>Total</b>	<b>2.319.211,42</b>	<b>100,00</b>

**Tabla 2 Superficie de Áreas protegidas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas por provincias en la cuenca media del Pastaza.**

Provincias	Parque Nacional Sangay		Parque Nacional Llanganates	
	Superficie en la Provincia (ha)	% del total en del Parque en la provincia	Superficie en la Provincia (ha)	% del total del Parque en la provincia
Tungurahua	3.402	0,6%	91.735	41,49%
Morona Santiago	72.832	14,97%	-	-
Pastaza	-	-	14.484	6,35%
<b>Total</b>	<b>76.234</b>		<b>106.219</b>	

**Tabla 3 Áreas con contrato con Socio Bosque en la cuenca media del Pastaza.**

Provincia/Cantón	Socios Individuales		Socios Colectivos	
	Número de socios	Superficie (ha)	Número de socios	Superficie (ha)
<b>Provincia de Pastaza</b>				
<i>Cantón Mera</i>	28	1.308,26	-	-
<i>Cantón Pastaza</i>	3	152,22	1	700,08
<b>Provincia de Morona Santiago</b>				
<i>Cantón Palora</i>	43	2.934,41	-	-
<b>Provincia de Tungurahua</b>				
<i>Cantón Baños</i>	38	2.419,79		
<b>TOTAL</b>	<b>112</b>	<b>6.814,68</b>	<b>1</b>	<b>700,08</b>

Fuente: Ministerio del Ambiente, Programa Socio Bosque, base de datos a mayo, 2014

**Tabla 4 Indicadores sociales básicos de la cuenca media del Pastaza**

Indicador	Medida	Cuenca media del Pastaza	Nivel Nacional	Significado del indicador
<b>Analfabetismo</b>	% (15 años y más)	6,48	6,75	Número de personas que no saben leer y/o escribir de 15 años o más, expresado como porcentaje de la población total de la edad de referencia
<b>Escolaridad</b>	Años de estudio	9,58	10,4	Número promedio de años lectivos aprobados en instituciones de educación formal en los niveles primario, secundario, superior universitario, superior no universitario y postgrado para las personas de 24 años y más.
<b>Pobreza por NBI</b>	% (población total)	65,67	60,1	Número de personas que viven en condiciones de pobreza, expresados como porcentaje del total de la población en un determinado año.
<b>Tasa de mortalidad infantil</b>	por mil nacidos vivos	10,47	10,99	Número de niños menores de un año que murieron en un determinado año
<b>Agua entubada por red pública dentro de la vivienda</b>	% (viviendas)	50,51	55,3	Número de viviendas abastecidas por agua de la red pública a través de tubería, expresado como porcentaje del total de viviendas.
<b>Hacinamiento</b>	% (hogares)	17,04	17,5	Número de hogares que viven en condiciones de hacinamiento, expresado como porcentaje del total de hogares. Se considera que un hogar está hacinado si cada uno de los dormitorios con los que cuenta sirve, en promedio, a un número de miembros mayor a tres.

Fuente: INEC - Censo de Población y Vivienda 2010.

**Tabla 5 Fuentes de agua para consumo humano, caudal (l/s), microcuenca y parroquia que abastecen, en el cantón Baños**

<b>Vertiente</b>	<b>Caudal (l/s)</b>	<b>Microcuenca</b>	<b>Parroquia que abastece</b>
Chigla	18,97	Vazcum	Baños
Nahuazo	31,33	Vazcum	Baños
Clementina	6,53	Vazcum	Baños
Salado	20,22	Vazcum	Baños
Chorrera de la Paz	1,50	Vazcum	Baños
Orquídeas	5,24	Vazcum	Baños
Los Pinos	6,00	Vazcum	Baños
Puntzán	10,00	Vazcum	Baños
Chamana	0,80	Ulba	Ulba
La Ciénega	2,50	Ulba	Ulba
San Antonio de Puntzán	No hay información	Ulba	Ulba

Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Baños de Agua Santa, 2011.

## **10. ANEXOS**

**Anexo 1 Lista de invertebrados acuáticos de la zona media y baja de la Cuenca del Pastaza.**

<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>GENERO</b>
Coleoptera	Elmidae	<i>Ampumixis</i>
Coleoptera	Elmidae	<i>Heterelmis</i>
Coleoptera	Elmidae	<i>Heterlimnius</i>
Coleoptera	Elmidae	<i>Macrelmis</i>
Coleoptera	Elmidae	<i>Macronychus</i>
Coleoptera	Elmidae	<i>Microcylloepus</i>
Coleoptera	Elmidae	<i>Neocylloepus</i>
Coleoptera	Elmidae	<i>Phanocerus</i>
Coleoptera	Elmidae	genero 1
Coleoptera	Elmidae	genero 2
Coleoptera	Hydrophilidae	<i>Enochrus</i>
Coleoptera	Hydrophilidae	<i>Helophorus</i>
Coleoptera	Psephenidae	<i>Psephenus</i>
Coleoptera	Ptilodactylidae	<i>Anchyteis</i>
Coleoptera	Scirtidae	<i>Cyphon</i>
Coleoptera	Staphylinidae	?
Diptera	Blephariceridae	<i>Limnicola sp1</i>
Diptera	Blephariceridae	<i>Limnicola sp2</i>
Diptera	Blephariceridae	<i>Limnicola sp3</i>
Diptera	Blephariceridae	<i>Paltostoma</i>
Diptera	Sciomyzidae	genero 1
Diptera	Ceratopogonidae	<i>Alluaudomyia</i>
Diptera	Ceratopogonidae	<i>Maruina</i>
Diptera	Ceratopogonidae	<i>Probezzia</i>
Diptera	Chironomidae	spp
Diptera	Empididae	<i>Chelifera</i>
Diptera	Empididae	<i>Hemerodromia</i>
Diptera	Muscidae	<i>Limnophora</i>
Diptera	Psychodidae	<i>Pericoma</i>
Diptera	Simuliidae	<i>Gigantodax</i>
Diptera	Simuliidae	<i>Simulium</i>
Diptera	Tipulidae	<i>Erioptera</i>
Diptera	Tipulidae	<i>Hexatoma</i>
Diptera	Tipulidae	<i>Limonia</i>
Diptera	Tipulidae	<i>Tipula</i>
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Andesiops</i>
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Americabaetis</i>
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetodes levis</i>

	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetodes serratus</i>
	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Callibaetis</i>
	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Camelobaetidius mathuriae</i>
	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Camelobaetidius edmundsi (?)</i>
	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Guajirolus</i>
	Ephemeroptera	Euthyplociidae	<i>Campylocia</i>
	Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Allenhyphes(?)</i>
	Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Haplohyphes</i>
	Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Leptohyphes</i>
	Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Tricorythodes</i>
	Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Tricorythopsis</i>
	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Farrodes</i>
	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Hydrosmilodon gilliesae</i>
	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Terpides (?)</i>
	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Thraulodes cochunaensis</i>
	Ephemeroptera	Oligoneuriidae	<i>Lachlania</i>
	Hemiptera	Naucoridae	<i>Cryphocricos</i>
	Hemiptera	Veliidae	<i>Rhagovelia</i>
	Lepidoptera	Pyralidae	<i>Parargyraltis</i>
	Megaloptera	Corydalidae	<i>Corydalus</i>
	Odonata	Coenagrionidae	<i>Argia</i>
	Odonata	Gomphidae	<i>Cacoides</i>
	Odonata	Megapodagrionidae	<i>Heteragrion</i>
	Odonata	Libellulidae	<i>Brechmorhoga</i>
	Odonata	Polythoridae	?
	Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>
	Plecoptera	Gripopterygidae	<i>Claudioperla</i>
	Trichoptera	Glossosomatidae	<i>Mortoniella</i>
	Trichoptera	Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i>
	Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Macrostermum (?)</i>
	Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Leptonema</i>
	Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Smicridea</i>
	Trichoptera	Hydroptilidae	<i>Ochrotrichia</i>
	Trichoptera	Leptoceridae	<i>Atanatolica</i>
	Trichoptera	Leptoceridae	<i>Grumichella (?)</i>
	Trichoptera	Leptoceridae	<i>Hudsonema (?)</i>
	Trichoptera	Leptoceridae	<i>Nectopsyche (?)</i>
	Trichoptera	Leptoceridae	?
	Trichoptera	Philopotamidae	<i>Chimarra</i>
Arachnoidea	Acari	Limnocharidae	?
Crustacea	Decapoda	Palaeomonidae	?
Crustacea	Amphipoda	Hyaellidae	?
Oligochaeta	Haplotaxida?	?	?
Turbellaria	Tricladida	Planaridae	?
Gastropoda	Basommatophora	Neritidae	?

Fuente: Encalada A., 2009