



## **UNIVERSIDAD DEL AZUAY**

DEPARTAMENTO DE EDUCACION CONTINUA

*Maestría en Gestión Ambiental*

**Estudio de la sustentabilidad de la subcuenca  
aportante del río Palanda para el proyecto  
hidroeléctrico Fátima, sobre la base del estudio  
multitemporal,  
Zamora Chinchipe-Ecuador**

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de

*Magíster en Gestión Ambiental*

Autor:

**Ing. Max E. Coronel Salas**

Director:

**Ing. William Zury Ocampo.**

Loja, Ecuador  
Octubre-2008

## **Estudio de la sustentabilidad de la subcuenca aportante del río Palanda para el proyecto hidroeléctrico Fátima, sobre la base del estudio multitemporal, Zamora Chinchipe-Ecuador.**

**Coronel S. Max<sup>1\*</sup>**

*Universidad del Azuay, Maestría en Gestión Ambiental, Cuenca, Ecuador*

<sup>1</sup>*Oficina Técnica de Consultoría Ambiental (OTECA,) Loja- Ecuador; \*Correspondencia del autor (e-mail: [max.coronel@gmail.com](mailto:max.coronel@gmail.com)). Ing. William Zury Ocampo. Director.*

### **Abstract**

Water and energy are two of the topics that have a lot of interest at a national level. Ecuador has a generation capacity of 3567 MW, to the hydroelectric power plant corresponds 1784 MW (67,84%), the rest is thermal or imported energy. The construction of hydroelectric private projects is a viable option and it has the support of the government. The HIDROSUR enterprise has gotten everything to start the construction of a hydroelectric power plant water flow to drive the Palanda River, at the confluence of the Jíbaro and Blanco rivers towards a home machine to generate about 20.5MW, with a flow rate of 15 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>. The study of sustainability in the sub Palanda River with an area of 39959.94 hectares aims to determine the evolution of the natural resources (multi studies of vegetative cover, hydrological index protection IPH), in order to know its tendency in time and its implication in the hydroelectric Fatima project. The sub Palanda River shows IPH conditions and optimal runoff coefficient (0.93) and 61 million m<sup>3</sup>, that is say, the whole capacity of the sub river to retain water due to the different kinds of covering that are present, specially the one of the natural forest (59.80%), bushy moors (18.18%) and upland (14.71%), which allows remaining in time. The multitemporal study in the years 1976, 2001 and 2005, shows processes of changing in the use of land, especially from the natural forest to pasture crops, of 352 hectares in 1976 to 2875 hectares in 2005. The sub Palanda River on current conditions, permits the water supply at the hydroelectric Fatima project; its tendency is self recovering as long as conservation work is carried out and the pressure on resources does not go on, sustainability will also depend on good actions on behalf of promoters and overall on the collaboration of people. It is necessary that the conservation limits are kept and extended in the Colambo-Yacuri protected forest or on the other hand, the sub Palanda River will get the protection as part of a new protected forest. The climatic conditions that belong to an oriental zone allow the natural regeneration.

### **Resumen**

El agua y energía son dos de los tópicos que mas interés despierta a nivel nacional. El Ecuador posee una capacidad de generación de 3567 MW, a la hidroeléctrica le corresponde 1784 MW (67,84%), el restante es de tipo térmico o importado. La construcción de proyectos hidroeléctricos de carácter privado es una opción viable y cuenta con el apoyo del Estado. La empresa HIDROSUR ha emprendido la construcción de una central hidroeléctrica de agua fluyente para conducir las aguas del río Palanda, en la confluencia de los ríos Jíbaro y Blanco, hacia una casa de máquinas para generar alrededor de 20,5 MW, con un caudal necesario de 15 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>. El estudio de la sustentabilidad en la subcuenca del río Palanda con un área de 39959,94 ha, busca determinar la evolución de los recursos naturales (estudios multitemporales de cobertura vegetal, índice de protección hidrológica IPH), con miras a conocer su tendencia en el tiempo y su implicación en el proyecto hidroeléctrico Fátima. La subcuenca del río Palanda, presenta condiciones de IPH y coeficiente de escorrentía óptimos (0,93) y 61 millones de m<sup>3</sup>, es decir, la capacidad bruta de la subcuenca de retener agua, gracias a los diferentes tipos de cobertura presentes, en especial la de bosque natural (59,80%), y páramo arbustivo (18,18%) y herbáceo (14,71%), que le permiten mantenerse en el tiempo. El estudio multitemporal en los años 1976, 2001 y 2005, muestra procesos de cambio de uso, en especial de bosque natural a pasto-cultivos, de 352 ha en 1976 a 2875 ha para el 2005. La subcuenca del río Palanda, en las actuales condiciones, permite el abastecimiento del agua para el proyecto hidroeléctrico Fátima; su tendencia es la de recuperarse siempre y cuando se ejecuten labores de conservación y la presión sobre los recursos no se extienda, la sustentabilidad dependerá también de las buenas acciones por parte de los promotores y sobre todo de la colaboración de los pobladores. Es necesario se mantenga y amplíe los límites de conservación del bosque protector Colambo-Yacuri, o en su defecto se proteja legalmente la subcuenca del río Palanda como parte de un nuevo bosque protector. Las condiciones climáticas propias de una zona oriental permiten la regeneración natural.

**Palabras Clave:** Índice de protección hidrológica (IPH), coeficiente de escorrentía, cobertura vegetal, crostabulación, componente social-ambiental, hidroeléctrica.

## 1. Introducción

La sustentabilidad ambiental se logra cuando la productividad de los recursos naturales que sustentan la vida se conservan, mantienen o mejoran para uso de las presentes y futuras generaciones, esto como pilar fundamental dentro de la sostenibilidad que incluye lo institucional, económico y social (Coronel, 2004)

Según las estadísticas del Consejo Nacionales de Energía Eléctrica del Ecuador (CONELEC) en el 2007, el Ecuador posee una capacidad de generación de 3567 MW, de la cual a la hidroeléctrica le corresponden 1784 MW (47,66%), la energía restante es de tipo térmica e importada (11,39%); la demanda total asciende a 10 262,06 GWh.

La empresa HIDROSUR S.A., basada en estudios hidrológicos previos, determina el potencial (viabilidad y caudales) en la subcuenca del río Palanda (cantón Palanda), confluencia de los ríos Jíbaro y Blanco para la construcción de una central hidroeléctrica o central de agua fluyente<sup>1</sup>, con una capacidad de generación de 20,5 MV, así también una red de evacuación de 138 KV como aporte al Sistema Interconectado Nacional, proyecto que cuenta con todos los estudios respectivos y trámites legales pertinentes (OTECA, 2007).

Los proyectos de tipo hidroeléctrico no consideran el manejo de la cuenca aportante como parte clave del proyecto, por tal motivo se espera que el estudio de la sustentabilidad sea utilizado como una herramienta que relaciona el estudio y análisis del componente socioambiental con el estado y manejo de la subcuenca, que permita garantizar el agua necesaria para el desarrollo social y para la generación hidroeléctrica.

Forma parte de la política del Estado, mantener e impulsar aquellos compromisos adquiridos en acuerdos y convenios internacionales relativos al ambiente. La Cumbre de la Tierra (2002), respecto a recursos naturales, menciona el manejo integrado y eficiente de los recursos hídricos.

El País a su vez debe proteger las fuentes hídricas con mecanismos legales en el que se incorporen costos de conservación y regulación, basados en la *Estrategia Ambiental para el Desarrollo Sostenible del Ecuador*, Capítulo II. (MINISTERIO DEL AMBIENTE, 1999).

A más de contar con la legislación que protege y fortalece el accionar en cuanto al uso del suelo, biodiversidad y agua, existe aquella que se enmarca específicamente en proyectos hidroeléctricos y, de manera especial, el manejo de las microcuencas, es necesario señalar: el "Reglamento Ambiental para Actividades Eléctricas" (RAAE). Decreto Ejecutivo No. 1761 publicado en el Registro Oficial No. 396, de 23 de Agosto de 2001, que en su Sección IV de los permisos previos para realizar actividades en áreas especiales, en su artículo 43 de manejo de cuencas hidrográficas, menciona que: "*Las personas naturales o jurídicas, que cuenten con una concesión, permiso o licencia otorgada por el CONELEC para la generación hidroeléctrica, observarán las disposiciones establecidas en el plan de manejo de la cuenca hidrográfica aportante, con el fin de preservar la calidad y cantidad del recurso hídrico, cuyo estudio y/o ejecución le corresponderá coordinar e impulsar con las entidades competentes, a través de un proceso participativo*" (CONELEC, 2007).

Según Condoy y Silva (2006), los cantones con mayor tasa de deforestación anual en la provincia de Zamora Chinchipe son: Chinchipe con el 4,6%; **Palanda con el 3,76%**; Centinela del Cóndor 3,81%; Zamora con el 2,36% y el resto de cantones no superan el 2%. Del mismo estudio se

<sup>1</sup> Central de agua fluyente: es aquella que capta una parte del caudal del río, la utiliza la turbina y devuelve.

desprende que si el proceso de deforestación sigue al mismo ritmo, en un periodo de 30 años, la provincia perdería el 80% del total de sus bosques, que en la actualidad son de: 618.363 ha.

En procesos similares de estudio de cuencas hídricas, se ha utilizado a los estudios multitemporales, y análisis de cambio índice de protección hidrológica como componentes separados; en su lugar, el presente estudio utiliza y conjuga dichos estudios más un análisis del componente social, como mecanismos de sustentabilidad, con miras a obtener un instrumento que pueda ser utilizado como modelo para otros procesos de similares características, en la que el estudio de la cuenca hídrica en el tiempo permite proponer alternativas de manejo para garantizar el abastecimiento de agua, en calidad, cantidad y régimen.

El estudio de la sustentabilidad tiene como propósito determinar la evolución de los recursos naturales (estudios multitemporales de cobertura vegetal, e índice de protección hidrológica), con miras a conocer la tendencia de los mismos en el tiempo y su implicación en el proyecto hidroeléctrico Fátima (Coronel, 2004). Para esto se utilizó estudios multitemporales de cobertura vegetal y uso del suelo (fotografías aéreas -1976- e imágenes satelitales -2001-2005), más un análisis socio-ambiental y físico de la subcuenca (basados en estudios existentes), y el índice de protección hidrológica (IPH), que es un mecanismo que permite conocer la capacidad en bruto que posee la subcuenca para captar agua, elemento necesario tanto para el desarrollo social del sector como del proyecto hidroeléctrico Fátima.

Con estos antecedentes es posible preguntarnos: ¿En la actualidad, que tan sustentable es la subcuenca del río Palanda para abastecer del recurso agua al proyecto Hidroeléctrico Fátima?

## 2. Metodología

### 2.1. Descripción del sitio

En un contexto general, el proyecto hidroeléctrico "Fátima", se ubica en la provincia de Zamora Chinchipe, cantón

Palanda. La subcuenca aportante del río Palanda, hasta el sitio de captación aguas abajo, en la cota 1230 m s.n.m., está circunscrita en el cuadrante cuyas coordenadas UTM son: X: 670000 Y 9467000 & X: 710000 Y: 9514000, como lo muestra el mapa de ubicación general en la figura N°1 (OTECA, 2007).

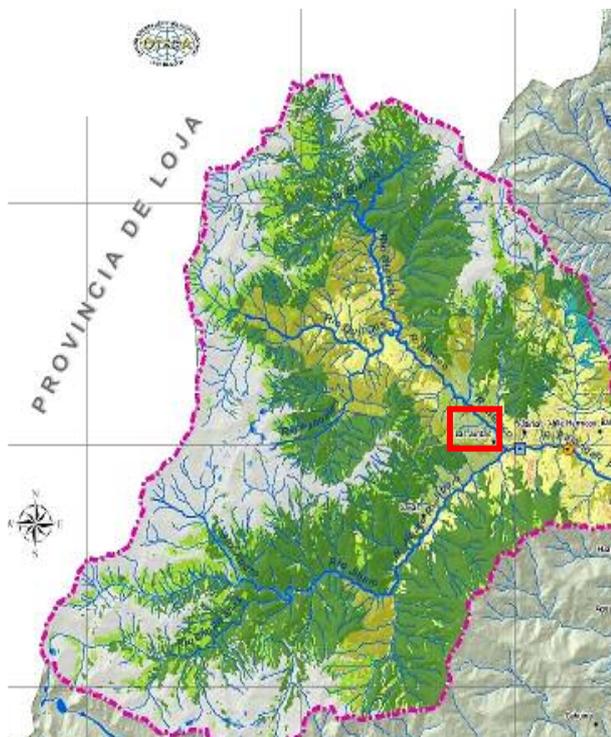


Figura N° 1. Ubicación de la subcuenca y del proyecto hidroeléctrico Fátima en el contexto Regional

La subcuenca del río Palanda (462,78 km<sup>2</sup>) pertenece a la cuenca hidrográfica del río Mayo (2397,20 km<sup>2</sup>), y el área específica de estudio y en la cual se implementará el proyecto hidroeléctrico Fátima es de 399,59 km<sup>2</sup>, esto es alrededor del 90% del total de la subcuenca.

Las temperaturas medias anuales oscilan entre 12 y 20°C, con fluctuaciones entre máximas, que rara vez alcanzan los 30°C, y mínimas a 0 °C. La humedad relativa, variando en función de la altura y de la exposición al Sol, tiene valores comprendidos entre el 65 y el 85%. (OTECA, 2007).

La lluvia media anual en esta zona fluctúa entre 1800 y 2000 mm/año, con una estación seca muy marcada, de junio a septiembre. En las partes más altas con frecuencia se

observan neblinas y las lluvias son de larga duración pero de baja intensidad. (OTECA, 2007).

Los vientos alcanzan velocidades medias de 20 km h<sup>-1</sup>, según registros en estaciones cercanas de la cuenca del río Catamayo, mientras que las máximas pueden alcanzar los 60 km h<sup>-1</sup>. Los caudales medios anuales oscilan entre los 22,3 y 24 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>, con un máximo de 28,1 y un mínimo de 18,3 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>, esto de los análisis tomados desde 1978 hasta 1989, de las estaciones de Palanda, Zumba y Valladolid (OTECA, 2007).

El valor estimado de sedimentos en suspensión en el sitio de toma es de 70000 t año<sup>-1</sup> y como arrastre de fondo 1500 t año<sup>-1</sup>, totalizando un aporte anual de 8000 t año<sup>-1</sup>. Esta producción total de sedimentos corresponde a un índice de erosión específica de 200 t km<sup>-2</sup> año<sup>-1</sup> (OTECA, 2007).

Las formas del relieve presentes en la subcuenca van de planos a ondulados, colinados escarpados, con pendientes entre 25 y 75%, y formas degradacionales, en las que los procesos erosivos son altos, relacionados a la acción de la gravedad y el agua. Recorriendo la zona de páramo hasta el punto de captación del proyecto Fátima, la subcuenca, posee cumbres y valles ramificadas en rocas metamórficas y migmáticas, (Naturaleza y Cultura Internacional, 2006)

Del total de la subcuenca, alrededor del 58% (232,3 km<sup>2</sup>) está protegido, corresponde al Bosque Protector Colambo-Yacuri (sobre la cota 2 800 m s.n.m.), en anexo A 4.

Basados en las formaciones vegetales propuestas por Sierra (1999), la subcuenca del río Palanda comprende: “Bosque siempre verde montano bajo”, “Bosque de neblina montano de los Andes Orientales”, “Bosque siempre verde montano alto” y “Páramo arbustivo de los Andes del Sur”.

Según Becking (2004), los biomas presentes en la subcuenca son: el *bosque y páramos del orobioma andino* así como la presencia de *ecosistemas transformados*; así mismo la importancia de conservación se dan en la zona alta y media de la subcuenca,

basados en unidades de paisaje (UP) con media riqueza florística y/o bajo endemismo exclusivo y UP con alto grado de endemismo y alta importancia de conectividad, respectivamente.

Según el Mapa de Suelos del Ecuador (1986) y según la clasificación taxonómica Americana Soil Taxonomic (USDA, 1975), los suelos de la subcuenca tendrían la siguiente nomenclatura:

Orden: Inceptisoles

Suborden: Tropepts

Material Origen: Metafórfico derivado de rocas volcánicas y/o volcans sedimentario antiguo (areniscas, arcillosas, rocas metamórficas).

Suelos: Erosionados, pardo rojizos o amarillo rojizos poco profundos, lixiviados, compactos.

Desde el punto de vista edafológico (agrícola) son suelos ácidos, materia orgánica baja lo que da como resultado una fertilidad media a baja, la textura franco arcillosa y franco arenosa; esto es, texturas livianas fácilmente erosionables si se ubica los suelos en laderas, La alta pluviosidad de la zona, hace que los nutrientes se laven y la materia orgánica por ser liviana igualmente se pierda. (OTECA, 2007).

#### a. Flora

Si bien no existen estudios detallados de las especies presentes en la subcuenca, y según el estudio de impacto ambiental definitivo del proyecto hidroeléctrico Fátima, se puede manifestar que en la zona baja no se registraron especies consideradas en peligro, basados en el “Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador” propuestos por la UICN (Valencia, *et. al.*, 2000). Las más destacadas son: *Mauria heterophylla Kunth* (colorado) *Oreopanax spp* (pumamaqui), *Vismia baccifera* (L.) Triana & Planch (achotillo), *Aiouea spp.* (Aguacatillo), *Laurel Nectandra spp.* (laurel), *Inga acreana Harms* (Guabilla), *Siparuna aspera* (Ruiz & Pav.) A. DC. (Limoncillo), *Ficus cuatrecasana* Dugand (Higuerón), *Eugenia spp* (Arrayán), *Ladenbergia oblongifolia* (Humb. Ex Mutis) L. Anderson) (Cascarillón), entre otras (OTECA, 2007).

### b. Fauna

Algo similar ocurre con la fauna presente, y revisando información de la zona, en Tirira, 1999, Ormaza, 2006 y OTECA, 2007 se han registrado especies como: *Sciurus igniventris* (ardilla), *Sylvilagus brasiliensis* (conejo), *Agouti paca* (yamala o guanta), *Dasyprocta fuliginosa* (guatusas), *Didelphis albiventris* (zarigueya), *Didelphis marsupialis* (raposa o zorras grandes), *Dasyopus novemcinctus* (armadillo); *Mustela frenata* (chucuri), *Conepatus semistriatus* (zorro hediondo). Aves tales como: *Pionus sordidus* (loro piquirojo), *Amazona mercenaria* (lora verde), *Tyrannus melancholicus* (tirano tropical), *Tangara chilensis* (tangaras), *Cyanocorax yncas* (urraca), *Piaya cayana* (cuco ardilla), *Myioborus miniatus* (reinita), *Myioborus melanocephalus* (azulejo), *Thraupis episcopus* (chochín criollo), *Troglodytes aedon*, *Streptoprocne zonaris* *Atlapetes latinuchus* (matorralero), *Coeligena torquata* (quindes), *Adelomya melanogenys* (tijereta) *Elanoides forficatus*, *Coragyps atratus*, *Crotophaga ani*, *Zenaida auriculata*, *Columbina passerina* (palomas), *Bulbucus ibis* (garceta bueyera), *Turdus fuscater* (mirlo), entre las principales.

### c. Componente social

El número de colonos posesionados en las microcuencas de los ríos Jíbaro y Blanco, corresponde a unas 74 familias, alrededor de 300 personas en total, en un área de 4018 ha. La mayor parte de la tierra no está legalizada, además hay propietarios que residen en Amaluza, Valladolid, entre otros lugares. (OTECA, 2007). Revisar fotografías en el anexo A 3.

En los poblados Río Blanco y Fátima, se destacan tres actividades económicas fundamentales para la economía local: la ganadería (29 y 13%), jornaleros (23 y 22%), agricultura, en particular con el cultivo de café (17 y 28%) respectivamente. (OTECA, 2007).

### d. Cantidad y Calidad de agua

Para el consumo humano, los pobladores utilizan los efluentes secundarios de los ríos Jíbaro y Blanco, por ende la factibilidad de

poder ser usadas para el proyecto hidroeléctrico. Revisar fotografías en el anexo A 3.

Según los análisis de agua realizados por OTECA, 2007, las condiciones del agua son consideradas como aptas para el uso hidroeléctrico, no así para el consumo humano directo por la presencia de coliformes fecales<sup>2</sup> (640 NMP/ml), y que para consumo debe ser previamente tratada o hervida.

### 2.2. Estudio Multitemporal, análisis de cambio de uso y análisis tendencial de cobertura.

La herramienta utilizada para dar forma al proceso de georeferenciación, fotointerpretación es el ArcView (Jongsma, 1999). Con programas como el ArcView 3.2a y ArcGIS 9.2, (Budde et al., 1997), se procedió a realizar la fotointerpretación de fotografías aéreas de 1976, imágenes satelitales del año 2000 y 2005.

Las fuentes utilizadas fueron:

- Fecha 1. Fotografías aéreas del año 1976, Instituto Geográfico Militar (# 16 fotos).
- Fecha 2. Imagen Satelital Landsat 7 del año 2001.
- Fecha 3. Estudio de la cobertura vegetal y uso del suelo del año 2006 (*sobre la base de la imagen satelital del 2005*), información vectorizada sobre una imagen raster producto de una clasificación supervisada, elaborada por Naturaleza y Cultura Internacional en el 2006, en el marco del patrimonio forestal Chinchipe-Palanda de la Cuenca del río Mayo.

Para las fotografías aéreas de 1976 se realizó el escaneo de fotografías aéreas, la georeferenciación y georectificación, la elaboración del mosaico de fotografías aéreas, la digitalización en pantalla y la interpretación visual (Ochoa, 2007 y Budde, *et.al.* 1997), determinando los diferentes tipos de cobertura vegetal: bosque natural, páramo arbustivo, páramo herbáceo, pasto y cultivos, pastizales y laguna.

<sup>2</sup> Muestra tomada el 12 de noviembre de 2006. Resultados del laboratorio Estudios Técnicos Aguas y Suelos. Loja (OTECA, 2007).

Respecto a la homogenización la cobertura vegetal con las imágenes satelitales del 2001 y 2005, se partió con un análisis de los diferentes tipos de cobertura definidos en el estudio identificado, para compatibilizar con las categorías establecidas para el presente trabajo, ésta capa de información por ser producto de una vectorización automática<sup>3</sup> (ITC, 1997) a partir de una imagen clasificada limita su uso directo para efectuar el análisis de cambios, por lo que fue necesario utilizarla como capa de base para extraer la información y llevarla sobre la capa desarrolla en las fotografías aéreas ajustada al año 2001, ello permitió definir los límites de los diferentes usos identificables correspondientes al año 2005, finalmente se revisó la coherencia de base de datos con lo constante en la capa inicial. Revisar flujograma de trabajo del proceso de fotointerpretación (fig. 1) en anexo A 1.

El **Análisis de cambio de uso** se lo realizó para los dos períodos comprendidos entre: *período 1*, del año 1976 al año 2001 y *período 2*, del año 2001 al año 2005, las tres capas obtenidas fueron utilizadas para a través de un proceso de crostablación (intersección) generar una nueva capa integrada por diferentes unidades cartográficas (Jongsma, 1999), las mismas fueron analizadas y reclasificadas según se hayan mantenido en su uso o hayan variado durante los períodos considerados, los resultados alcanzados fue comparado en el campo, para ajustar y validar su interpretación. El proceso metodológico considerado para los dos períodos es como se describe en la fig. 2, en el anexo A1.

Para el análisis de **tendencia del uso del suelo** se utilizó la información individual de cada tipo de cobertura, generada en cada uno de los mapas temáticos y los cambios dados en su área permiten establecer tendencias con el pasar del tiempo.

### 2.3. Índice de Protección Hidrológica

El Índice de Protección Hidrológica (IPH) fue propuesto por Urbina (1987) y validado en estudios desarrollados por Henao (1998)

para Colombia, Muñoz (1998) y Rojas (2003) para la provincia de Loja; el mismo depende de factores como la vegetación, precipitación, uso del suelo y tamaño de la cuenca para la determinación su valor.

El IPH asigna valores entre 0,00 y 1,00; reconoce la influencia que ejerce la cobertura vegetal para la regulación del ciclo hidrológico. Con estos valores es posible distinguir distintos grados de protección hidrológica. Esto nos permite determinar el coeficiente de escorrentía, el cual determina la oferta real hídrica de la subcuenca, que es el volumen de agua posible de aprovechar. (AECI-PLAN BINACIONAL, 2004).

El bosque nublado por su estructura y composición capta un volumen adicional de precipitación por efecto de la precipitación horizontal; mientras que en el páramo la vegetación está adaptada para retener grandes cantidades de agua por ser ricos en materia orgánica. Un estudio realizado en la cordillera central de los Andes colombianos, concluye que del total anual de lluvia efectiva (entre 1200 y 2600 mm), sólo el 1,8% sale de la cuenca en forma de flujos rápidos, el resto se filtra en los suelos o se absorbe por el sistema. AECI-PLAN BINACIONAL (2004).

Para determinar el IPH, el IPH ponderado, IPH evolutivo y coeficiente de escorrentía de cada tipo de cobertura, es necesario tomar en cuenta 7 criterios propuestos por Rojas (2003), que sometidos a criterios de calificación de 1 y 3, permiten dar un valor potencial de retención de cada cobertura, todo esto para los años 1976, 2001 y 2005. Revisar tabla en anexo A2.

Los 7 criterios son: *estructura, densidad, interceptación de la precipitación, mulch, ecosistemas especiales, tipo de vegetación e intervención*, la suma de estos dan un valor de IPH ajustado y generado, permitiéndose la categorización de la aptitud hídrica de la subcuenca, que va desde muy baja, baja, media, alta y muy alta. Revisar tabla 1 en anexo A2.

<sup>3</sup> Los bordes de cada elemento cartográfico (polígonos) se encuentran como gradas que generan conflictos al momento de sobreponer la información entre las diferentes fechas.

El valor del IPH ponderado se obtuvo de la división del valor total de (IPH\*ha), para el área total de la subcuenca. Revisar tabla 2 en anexo A2.

El coeficiente de escorrentía (V) medido en m<sup>3</sup>, resulta de multiplicar el valor del IPH (C), por la precipitación anual de la subcuenca (P), en mm y el área total de la misma (A) en m<sup>2</sup>. Revisar tabla 3 en anexo A2.

$$V = C \times P \times A$$

### 3. Resultados

#### *Estudio Multitemporal y cambio de uso del suelo*

Los tipos de cobertura vegetal determinados y homogenizados son: bosque natural, páramo arbustivo, páramo herbáceo, pasto y cultivos, pastizales, considerados estos como los más importantes (revisar mapas ampliados en anexo A 4). A más en la tabla 1 se registran humedales (lagunas) aunque poco representativas en superficie (0.06% o 25 ha.). Ver tabla 1 y fig. 2.

Tabla 1: Cobertura y uso del suelo en los periodos 1976, 2001 y 2005 de la subcuenca del río Palanda

TIPO DE COBERTURA	1976 ha	%	2001 ha	%	2005 ha	%
Bosque natural	26567,38	66,49	24180,92	60,51	23894,05	59,80
Páramo arbustivo	6750,72	16,89	7183,72	17,98	7263,07	18,18
Páramo herbáceo	6135,46	15,35	5701	14,27	5879,41	14,71
Pasto y cultivos	352,23	0,88	2846,29	7,12	2875,4	7,20
Pastizales	128,36	0,32	22,21	0,06	22,21	0,06
Laguna	25,8	0,06	25,8	0,06	25,8	0,06

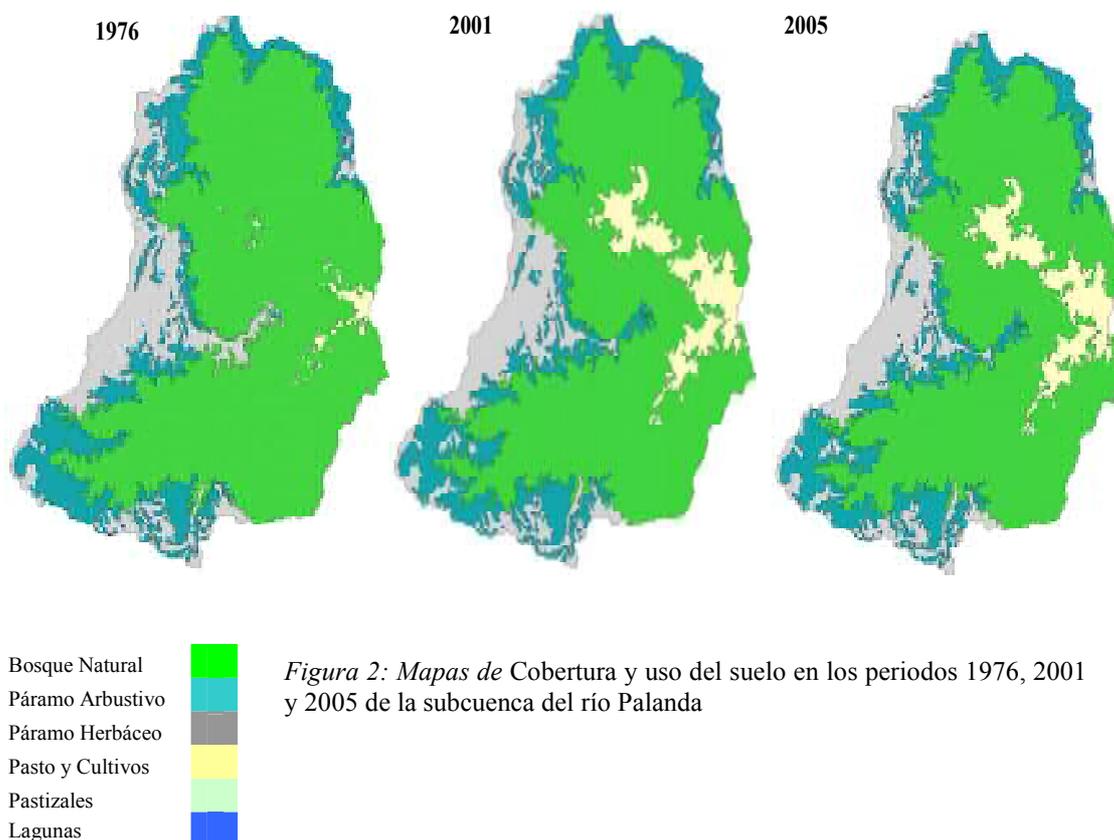


Figura 2: Mapas de Cobertura y uso del suelo en los periodos 1976, 2001 y 2005 de la subcuenca del río Palanda

Los valores a considerar son sus áreas y sus porcentajes de presencia respecto al total del área de la subcuenca.

Basados en la tabla 1, para el año de 1976, el bosque natural muestra 26567,38 ha que son alrededor del 66,49% del total de la subcuenca de estudio, seguida del páramo arbustivo con el 16,89% y herbáceo con el 15,35%.

La presencia de pastos y cultivos no representan más del 2 % (480 ha), y se da en la zona de confluencia de los ríos Jíbaro y Blanco donde la población ya ha iniciado su proceso de colonización, desde el año de 1940.

Para el 2001, es posible determinar un incremento en los pastos y cultivos (2846 ha), en la que el proceso de colonización ya ha tomado forma. El bosque natural si bien mantiene más del 60% de su cobertura, para el 2001 cuenta con 24180,92 ha y para el 2006 (23894,05 ha), mientras que el páramo herbáceo y arbustivo mantiene relativamente sus porcentajes de presencia (14%) en cada uno de los periodos.

La diferencia de 66,49% de bosque natural en 1976, respecto al 60,51% del 2001, se traduce en que los otros tipos de coberturas han ganado espacio respecto al bosque natural. Si bien ésta cobertura mantiene su estado, la presencia de pasto y cultivos respecto al bosque natural representa el 5,93%; en este caso el cambio de uso hace que exista menos bosque de lo que había originalmente, es decir, para 1976 existió 26567,38 ha y para el 2001 tenemos 24173,16 ha.

Para el periodo 2001 y 2005, existe un descenso de bosque natural, de 24180,92 ha en el 2001 a 23894,05 ha en el 2005, alrededor de 286 ha. Revisar tabla 1.

Dentro del bosque natural (24180,92 ha) en el 2001, en relación con el 2005, coberturas como el páramo arbustivo han ganado espacio con alrededor de 952 ha, mientras que el páramo herbáceo con 80,80 ha y los pastos y cultivos con 397 ha, representado esto el 0,99 % del 59,80 % determinado para el 2005. El resto de

coberturas mantienen un porcentaje de presencia para el 2005, esto respecto al 2001,

#### *Análisis Tendencial*

Respecto al **Bosque Natural**, se tiene un descenso en el porcentaje de presencia, de un 66,49% en 1976, a un 60,51% en el 2001 y 59,80% en el 2005; esto es, de 26567,38 ha que existieron en 1976, en la actualidad hay 23894,05 ha, es decir, 2673,33 ha que han sido intervenidas y cambiadas en su uso; Revisar figura 3 que muestra los cambios suscitados en cada uno de los periodos de estudio.

El **Páramo Herbáceo** registra un descenso entre el periodo de 1976 y 2001 del 1%, el mismo que para el 2005, muestra un leve aumento en su porcentaje, debido al proceso de cambio y transición de entre ésta cobertura y el páramo arbustivo.

El **Páramo Arbustivo** muestra un cambio gradual y de aumento en los tres periodos de estudio (16,86%, 17,98% y 18,18%) respectivamente, manifestado en un claro proceso de transición en lo que respecta al bosque natural y páramo arbustivo, dado por la altitud y factores climatológicos.

La cobertura de **Pastizal** no ha sido extensa en superficie, el mapa de cobertura muestra en 1976 alrededor de 128 ha, y que para el 2001 y 2005 aumentado 22 ha aproximadamente.

La cobertura **Pasto/Cultivo**, registra el aumento más importante de uso y por ende el de intervención (fig. 3), de un 0,88% en 1976 (352 ha), a un 7,12% para el 2001 (2846 ha) del total de la subcuenca. Las actividades de ganadería y agricultura han desplazado gradualmente a la cobertura de bosque natural, asentada en las zonas de río Blanco y Jíbaro (para una mejor percepción, revisar mapas ampliados en el anexo A4). A continuación en la figura 3 se muestra este proceso de cambio en los tres periodos de estudio.

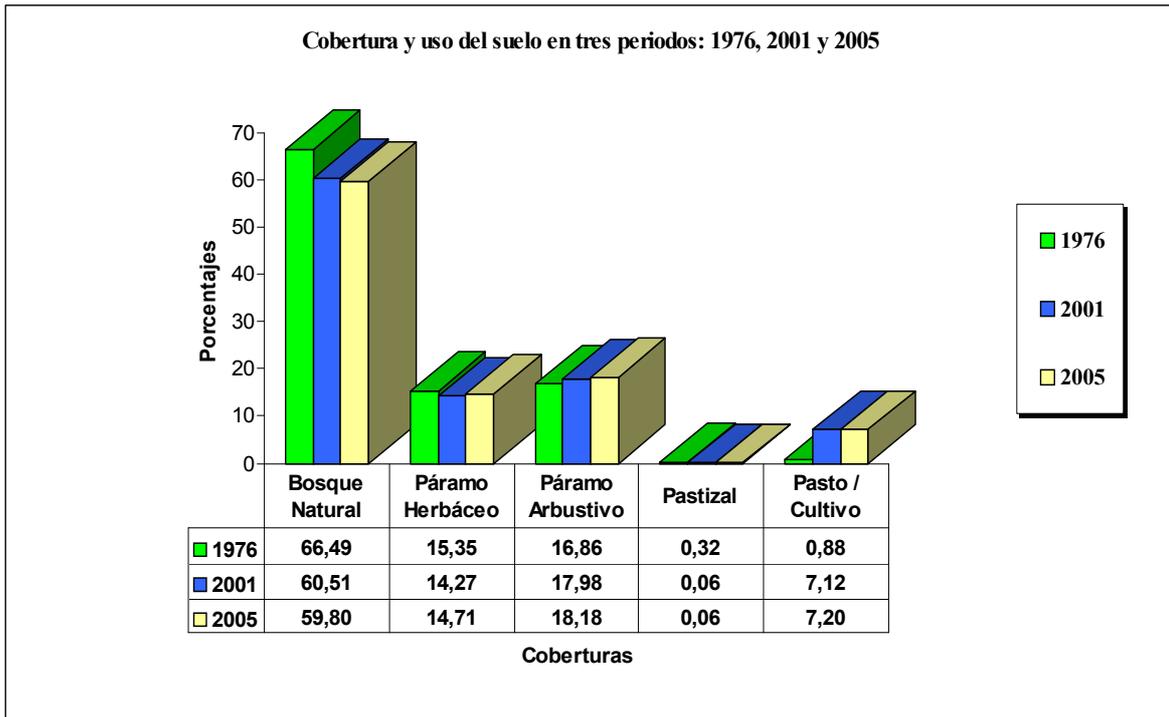


Figura 3: Comparativo tendencial de la cobertura y uso del suelo en los periodos 1976, 2001 y 2005 de la subcuenca del río Palanda.

La tasa anual de deforestación de la subcuenca, contrastando los periodos 1976 y 2005 es de: -0,23% para bosque natural, 0,04% para páramo arbustivo, -0,02% páramo herbáceo, 0,22% para pasto y cultivos y -0,01 para pastizales, alrededor de 92 ha anuales de pérdida para el bosque natural en contraste con pasto y cultivos que registra un aumento anual de 87 ha. Revisar tabla 2.

Tabla N° 2. Tasa de deforestación anual basados en los periodos 1976-2006 de la subcuenca del río Palanda

TIPO DE COBERTURA	1976 %	2005 %	Diferencia %	Tasa de deforestación anual %
Bosque natural	66,49	59,8	-6,69	-0,23
Páramo arbustivo	16,89	18,18	1,29	0,04
Páramo herbáceo	15,35	14,71	-0,64	-0,02
Pasto y cultivos	0,88	7,2	6,32	0,22
Pastizales	0,32	0,06	-0,26	-0,01
Laguna	0,06	0,06	0	0,00

#### Índice de Protección Hidrológica

A continuación en la tabla 3, se menciona los tipos de cobertura vegetal e IPH respectivo:

Tabla N° 3. Tipos de cobertura vegetal e IPH de la subcuenca del río Palanda. Fuente: URBINA, C. 1987.

Símbolos	Tipo de cobertura vegetal	Índice de protección hidrológica
1b	Bosque natural	0,9-1
2a*	Páramo herbáceo	0,9-1
2a*	Páramo arbustivo	0,9-1
3a	Pastizal	0,8-0,9
7b	Pasto y cultivos	0,5-0,6

\* Estos símbolos han sido ajustados por el autor debido a que dentro de la tabla de los índices de protección hidrológica, no se registra este tipo de categoría. Revisar criterios, símbolos y tipos de cobertura y valor de los índices en el anexo A 2.

En el IPH, IPH ponderado e IPH evolutivo, así como en el coeficiente de escorrentía para cada tipo de cobertura, se tomó en cuenta los 7 criterios mencionados en la metodología y cuyas tablas completas podrán encontrarse en el anexo A2.

En la tabla 4 se encuentran los valores de IPH determinados y ajustados respecto a los criterios propuestos por Rojas (2004), además la categorización de la aptitud, la cual permite definir la aptitud de cada cobertura respecto a la provisión del servicio ambiental hídrico (UNIGEE, 2003).

Tabla N° 4. Valores de IPH y categorización de la aptitud hídrica de la subcuenca del río Palanda

Tipo de Cobertura vegetal	IPH Ajustado y generado	Categorización de la Aptitud
Bosque natural	0,95	Muy alta
Páramo herbáceo	1,00	Muy alta
Páramo arbustivo	0,97	Muy alta
Pastizal	0,68	Alta
Pasto y cultivos	0,58	Media

El IPH de la subcuenca del río Palanda, por el método promedio ponderado (Muñoz, 1998), revisar tabla en anexo A2, permitió determinar el valor del IPH general de la subcuenca por cada periodo de estudio, es decir, que para **1976** se tiene un IPH de **0,96** y para el **2001** y **2005** de **0,93**. Estos valores resultaron de dividir el valor del (PH\*ha) de cada tipo de cobertura, para el total del área de la subcuenca, así como lo muestra la figura 4. Revisar anexo A2.

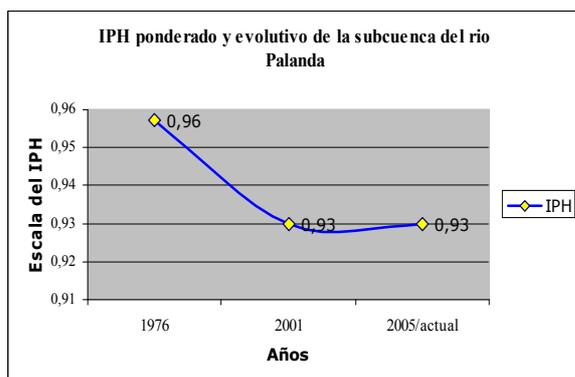


Figura N° 4: IPH ponderado y evolutivo de la subcuenca del río Palanda

El valor del volumen de escorrentía, medidos en  $m^3$ , registra un considerable descenso en especial en el año 2001 ( $59460390,72 m^3$ ) en comparación con 1976 ( $61378467,84 m^3$ ), donde es posible observar el proceso de intervención que ha sufrido la subcuenca en este periodo de tiempo. Para el 2005, este valor se mantiene igual al del 2001, debido a que poseen el mismo valor de IPH y

que no se han registrado cambios significativos en sus coberturas. Revisar tablas y figura en el anexo A 2.

#### 4. Discusión

Para efectos de un mejor control y trabajo social, el proceso de tenencia de la tierra debe ser enmarcado en un proceso de catastro rural, se debe especificar zonas con posesión, del Estado, y cual es su estancia legal.

La cantidad de agua (caudal medio anual de  $22,3 m^3 s^{-1}$ ) presente permiten el desarrollo óptimo del proyecto, es importante se considere desde ya el caudal ecológico que debe mantenerse, si bien en teoría y con datos de mediciones de las estaciones, en noviembre no habría la posibilidad de mantenerlo, pero existen dos procesos que de seguro deben darse: el primero se relaciona con la puesta en marcha de un plan de monitoreo y mediciones de calidad (física, microbiológica y béntica) y cantidad de agua en el punto exacto de captación, (caudales); y, segundo la posibilidad de regular la capacidad de generación por parte de las turbinas a instalarse, es decir, mantener el 10% del caudal medio, denominado caudal ecológico.

Los cambios sucedidos del uso del suelo en 1976, 2001 y 2005, muestran los procesos de expansión de frontera agrícola, debido a la presencia de colonos, cambiándose el uso de bosque natural por pastos y cultivos, en mayor intensidad en los sectores colindantes al río Blanco.

La zona que legalmente esta protegida (bosque protector Colambo Yacuri), sobre la cota 2800, no ha sufrido cambios en su estructura, y es posible corroborarlos con los mapas temáticos, que en las zonas bajo esta cota presentan procesos de intervención para los tres periodos de estudio 1976,2001 y 2005.

El mapa de cobertura vegetal y uso de suelo de 1976, muestra que la presión a los recursos era inexistente, las 26567,38 ha de bosque natural representa el 66,48% del total del área de la subcuenca.

Los pastos y cultivos representan el 2% (480 ha), y se da en la zona de confluencia de

los ríos Jíbaro y Blanco, esto muestra que el proceso de colonización aun no genera cambios en estas coberturas.

Para el 2001 el aumento de los pastos y cultivos producto de la expansión agrícola y ganadera, va de 480 ha en 1976 a 2846 ha. El bosque natural mantiene más del 60% de su cobertura, pero si ha sufrido cambios en su uso, se han minorado en 2393 ha especialmente en la zona colindante al río Blanco, este proceso de colonización ya afecta la presencia de bosque natural, con respecto al resto de coberturas; así mismo el páramo herbáceo y arbustivo en estos dos periodos mantienen relativamente sus porcentajes de presencia (15 a 18 % respectivamente).

Los cambios suscitados en los periodos 2001 y 2005, da en una baja en área de bosque natural, de 24180,92 ha a 23894,05 ha respectivamente, alrededor de 286 ha, considerándose procesos de sucesión y cambio de uso.

La tasa de deforestación anual de la subcuenca (0,23%), establece aspectos claros en la que el bosque natural a lo largo de los 29 años pierde alrededor de 92 ha y la cobertura de pasto y cultivos aumenta en 87 ha anuales, esto se debe a procesos de intervención dados en las confluencias de los ríos Jíbaro y Blanco y que los mapas de cambio de uso lo corroboran.

Si bien Condoy & Silva manifiestan una tasa de deforestación anual a nivel del cantón Palanda de alrededor del 3,76% (192307 ha), no es posible establecer relación respecto al área de la subcuenca que solo representa el 20% del total del cantón, lo que si se es notorio el cambio de cobertura de bosque natural respecto al de pasto y cultivos, que muestran los procesos de intervención dados especialmente en la zona media y baja de la misma, esto también se debe a aspectos de baja población, accesibilidad, protección y en especial de factores climáticos.

De lo observado en las tablas de cálculos de IPH en el anexo A2, es posible corroborar un descenso en la capacidad de retención de agua de 1976 al 2001, de 0,96 a 0,93, por efectos del aumento de cultivos y pasto; en la

actualidad este proceso tiende a mantenerse pero son necesarias acciones de conservación, que garanticen que este proceso se mantenga y en lo posible se revierta.

La categorización de la aptitud por cada una de las coberturas estudiadas, es muy alta, corroborándose con lo que propone Henao (1998), en la que su capacidad de retención de agua garantiza su permanencia y desarrollo.

El coeficiente de escorrentía evolutivo muestra la capacidad en bruto que tienen la subcuenca para captar el agua, este valor no es necesariamente el que registra la subcuenca en sus cauces; se debe considerar aspectos de retención, interceptación y transpiración que la misma cubierta vegetal posee.

El estudio multitemporal es una herramienta que permite conocer el estado en el tiempo de los recursos, permitiendo establecer mecanismos de acción a ser aplicados en la subcuenca, pero su trabajo debe ser complementado con una propuesta de alternativas de manejo y gestión para la sustentabilidad, es pertinente basarlo en tres ejes de acción, propuestos por Zury (2004) y aplicados a la realidad local, esto es: eje de planificación, producción- conservación y la gestión.

## 5. Conclusiones

- Existe los estudios técnicos respectivos del proyecto hidroeléctrico Fátima, estos deben ser complementados con el manejo de subcuenca.
- La gestión social que la empresa HIDROSUR realiza, incentiva la participación activa de todos los involucrados y necesarios para el manejo de la subcuenca y el proyecto en el presente y futuro.
- El estudio multitemporal permite conocer en el tiempo y espacio la distribución del uso del suelo, los cambios generados en la fisonomía y composición natural de la vegetación, representada en los mapas temáticos y que muestran la intervención y cambios de alrededor 2800 ha dadas en la confluencia de los ríos Jíbaro y Blanco.

- El área total de la subcuenca de estudio es de 39959.94 ha, de esto alrededor del 60 % pertenecen a bosque natural, mientras que un 18 y 14 % se distribuye entre páramo arbustivo y herbáceo respectivamente, para pasto y cultivos existe en la actualidad un 7.20 % del total.

- El proceso de cambio significativo se da en la zona de pasto-cultivo, de las 352 ha que existían para 1976, en la actualidad de cuenta con 2875 ha, cambio marcado principalmente en la zona de confluencia de los ríos Jíbaro y Blanco, disminuyendo notablemente la cobertura de bosque natural, de un 66,49 % en 1976 a 58,80 % en la actualidad; una muestra clara del proceso de intervención humana (ganadería y agricultura). Por su parte, los procesos de transición entre bosque natural, páramo herbáceo y arbustivo se han venido dando normalmente, es por esto que no se registran cambios significativos en el pasar de estos 30 años.

- La zona que se encuentra sobre la cota 2800 m s.n.m., pertenece al bosque protector Colambo-Yacuri, un sector que no registra proceso de transformación en el estudio multitemporal, resulta interesante se mantenga y amplíe los límites de conservación o de ser posible se proteja legalmente la zona como parte de un nuevo bosque protector.

-La tasa de deforestación de la subcuenca, 0,23% anual es baja comparada con lo que respecta al cantón Palanda (3,76%), dado por aspectos de población, protección, accesibilidad y factores climatológicos.

- La subcuenca del río Palanda presenta condiciones tanto de IPH y coeficiente de escorrentía óptimos que le permiten mantenerse en el tiempo y la sustentabilidad de la misma se sujeta a las acciones a ser tomadas en la actualidad y que deben ser enmarcadas en un plan de manejo adecuado.

- El IPH actual de la subcuenca es de 0,93, considerado alto, lo que expresa una gran capacidad de retener agua, debida principalmente a tipos de cobertura vegetal como el páramo y bosque natural. Del estudio multitemporal tenemos que para 1976 el IPH era de 0,96, es decir, un coeficiente de

escorrentía o capacidad de regencia de 61 millones de m<sup>3</sup> agua; comparados con los 59 millones de m<sup>3</sup> de agua en la actualidad.

- Hay que considerar también las favorables condiciones naturales que presenta la zona, tanto de precipitación (1800 a 2000 mm/año) como de humedad (65 al 85%), facilita en gran manera el proceso de regeneración natural, necesarios para los aspectos de conservación y manejo futuros.

- La subcuenca del río Palanda en las actuales condiciones permite el abastecimiento del agua necesaria para el proyecto hidroeléctrico Fátima, así como de mantener su caudal ecológico, su tendencia es la de recuperarse por lo que es necesario se ejecuten labores de conservación, y en especial la presión sobre los recursos no se extienda; la sustentabilidad de la subcuenca dependerá de las buenas acciones que por parte de los promotores y los pobladores realicen, por lo que la propuesta de sustentabilidad debe ser considerada en el marco de la planificación general del proyecto.

## 6. Agradecimientos

Este trabajo forma parte del estudio complementario para el desarrollo técnico-legal del proyecto hidroeléctrico Fátima, apoyado financieramente por la empresa HIDROSUR S.A. El apoyo logístico, técnico e intelectual fue brindado por OTECA, en la persona de A. Coronel. El apoyo técnico y de información a NCI. F. Feijó colaboró con la elaboración de los mapas. C. Ochoa colaboró en la traducción. W. Zury, F. Serrano, M. Valdivieso, G. Chacón y P. Ochoa hicieron importantes observaciones respecto al documento final.

## 7. Referencias utilizadas

- AECI-PLAN BINACIONAL, 2004. Proyecto Binacional de Ordenamiento, Manejo y Desarrollo de la Cuenca Catamayo – Chira. Estudio de Valoración Económica de los Recursos. Subcomponente 1. Diagnóstico del servicio ambiental hídrico
- Budde, P. et. al. 1997. Ilwis 2.1 for WINDOWS, Reference guide. The international Institute for Aerospace

- Survey and earth Sciences (ITC). The Netherlands. p 1-4.
- Becking, M., 2004. Sistema Microregional de Conservación Podocarpus. Tejiendo (micro) corredores de conservación hacia la cogestión de una Reserva de biosfera Cándor-Podocarpus. Programa Podocarpus. Loja, Ecuador.
- CONELEC. Estadísticas del Sector Eléctrico Ecuatoriano año 2007. Disponible en: [www.conelec.gov.ec](http://www.conelec.gov.ec). [ref. de 16 de enero 2007].
- Condoy & Silva. 2006. Análisis y tendencia de la deforestación de la Provincia de Zamora Chinchipe, en base a la interpretación de imágenes satelitales. Tesis de grado. Universidad Nacional de Loja. Ecuador
- Coronel, M. 2004. “Análisis de la Sustentabilidad de los dos proyectos para proveer de agua potable a Catacocha: Landapo y San Pedro Mártir del Cantón Paltas, Provincia de Loja”. Tesis de Ingeniero en Gestión Ambiental. Universidad Técnica Particular de Loja, 2004. 186 p.
- Cañadas, L. 1983. EL Mapa Bioclimático y Ecológico del Ecuador. Quito, Ecu. MAG- PRONAREG. 210 p.
- CUMBRE DE LA TIERRA, 1992. Agenda 21. Conservación y gestión de los recursos. Capítulo 18. Los recursos de agua dulce. Disponible en: <http://www.rolac.unep.mx/agenda21/esp/ag21indice.htm>. [ref. de 14 de diciembre 2006].
- Henao, J. 1998. Introducción al Manejo de Cuencas Hidrográficas. Universidad Santo Tomas. División de Universidad abierta y a Distancia. Santa fe de Bogota, ITC. 1997. Ilwis for Windows. Versión 2.1. Software. The Netherlands. Col. 396 pp.
- JONGSMA, 1999. Manual de ArcView 3.0A. UNISIG, EPN, Ecuador. p 5-7.
- MINISTERIO DEL AMBIENTE, 2003. Legislación y Normativa Ambiental. Disponible en <http://www.ambiente.gov.ec/>. [ref. de 14 de enero 2007].
- MINISTERIO DEL AMBIENTE, 1999. Estrategia ambiental para el Desarrollo Sostenible del Ecuador. [http://www.ambiente.gov.ec/paginas\\_esp/anol/1quienes/docs/Ambiente.pdf](http://www.ambiente.gov.ec/paginas_esp/anol/1quienes/docs/Ambiente.pdf). [ref. de 18 de diciembre 2006].
- Munoz, F. 1998. Cálculo del Índice de Protección Hidrológica para la provincia de Loja, como parte de los estudios realizados en torno al Plan Hidráulico de Loja.
- NATURALEZA Y CULTURA INTERNACIONAL (NCI). 2006. Patrimonio Forestal de los Cantones Chinchipe y Palanda de la Cuenca del Río mayo.
- Ochoa, Paúl. 2007. Tutorial de Prácticas ArcGis. Universidad del Azuay. Cuenca-Ecuador.
- Ormaza, G. 2006. Estudio de Impacto Ambiental Preliminar (EIAP) del Proyecto Hidroeléctrico “Fátima”. Hidroeléctrica del Sur (HIDROSUR). Loja.
- OTECA. 2007. Estudio de Impacto Ambiental Definitivo (EIAD) del Proyecto Hidroeléctrico “Fátima”. Hidroeléctrica del Sur (HIDROSUR). Loja.
- PRONAREG, 1986. Mapa general de suelos del Ecuador. IGM
- Rojas, J. 2003. Valoración Económica de Agua de Uso Doméstico en Quilanga, Loja. Tesis de Maestría. Maestría en Manejo Comunitario de Recursos Naturales. PUCE-I. Ibarra, Ecuador.
- Sierra, R 1999. Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental. Proyecto INEFAN/GEF-BIRD y Ecociencia. Quito (Ec). 194 p.
- Tirira, D.1999. Mamíferos del Ecuador. GM. Láser. Quito Ecuador.
- Urbina, C. 1987. Manejo de cuencas hidrográficas. CIAF. Bogotá, Colombia.
- UNIGECC, 2003. Caracterización Hídrica y Adecuación entre la Oferta y la Demanda en el Ámbito de la Cuenca Binacional Catamayo – Chira. Estudio de usos y demandas de agua. Consorcio: Asesores Técnicos Asociados S.A., Universidad Nacional de Piura, Universidad Nacional de Loja. Loja, Ec.
- USDA, 1975. Soil Taxonomy. A Basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys, USA.

- Valencia, R., N. Pitman, S. León-Yáñez & P.M. Jorgensen (eds.). 2000. Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador 2000. Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.
- Zury, W. 2004. Manual de Planificación y Gestión Participativa de Cuencas y microcuencas. Una propuesta con enfoque de desarrollo local. FAO-DFC-MAE-Embajada Real de los Países Bajos. Quito.

## Anexo A1

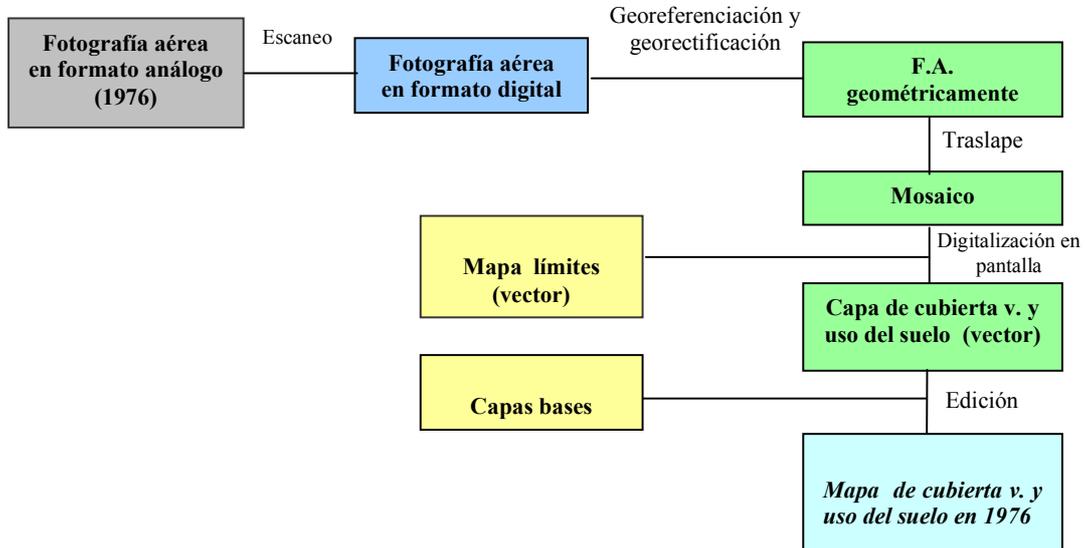


Figura 1: Flujograma para el proceso de elaboración del mapa de cobertura vegetal y uso actual del suelo (1976)

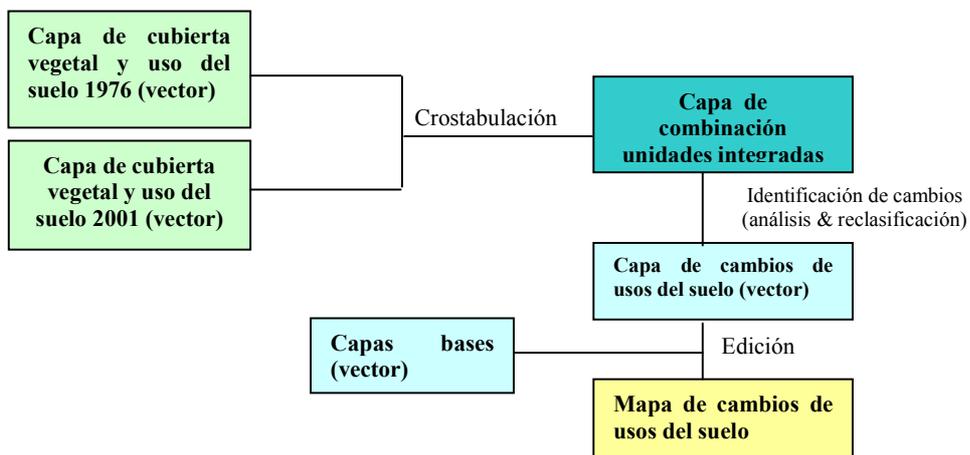


Figura 2: Flujograma para el proceso de elaboración del mapa de cambios de uso del suelo

## Anexo A2

Índices de protección hidrológica de la vegetación propuestos por Urbina (1987) y Henao (1998). Validados por Muñoz (2000) y Aguirre (2003).

Símbolos	Tipo de Cobertura vegetal	Índice de protección hidrológica
<b>Vegetación leñosa</b>		
1a	Bosques densos (sin ninguna erosión del suelo)	1,0
1b	Bosques claros (con sustrato herbáceo denso)	0,8-0,9
1c	Bosques claros con sustrato herbáceo degradado y erosión importante	0,4-0,6
2a	Matorral (monte bajo) sin erosión del suelo	0,8-0,9
2b	Matorral delgado, con erosión aparente del suelo	0,4 – 0,5
<b>Vegetación herbácea</b>		
3a	Pastizales completos de plantas vivaces sin erosión del suelo	0,8-0,9
3b	Pastizales degradados de plantas vivaces con erosión aparente	0,4-0,5
3c	Pastizales anuales completos con indicio de erosión aparente	0,6-0,7
3d	Pastizales anuales degradados con erosión aparente	0,3-0,4
4	Terrenos totalmente erosionados, urbanizados, desnudos y sin vegetación	0,0
<b>Tierras cultivadas</b>		
5a	Cultivos anuales sobre terrazas	0,7-0,9
5b	Cultivos anuales sin terrazas	0,2-0,4
6	Cultivos de plantas leguminosas forrajeras	0,6-0,8
7a	Huertos sobre terrazas	0,8-0,9
7b	Huertos sin terrazas	0,5-0,6
8	Terrenos llanos o casi llanos	1,0

Fuentes:

URBINA, C. 1987. Manejo de Cuencas Hidrográficas. CIAF. Bogotá, Col

HENAO, J. 1998. Introducción al Manejo de Cuencas Hidrográficas. Universidad Santo Tomas. División de Universidad abierta y a Distancia. Santa fé de Bogotá, Col. 396 pp.

Los valores generados en función de la tabla matriz se ajustaron con la propuesta de Rojas (2004) que somete los tipos de vegetación a una lista de chequeo para llegar a un valor de IPH con base en 7 criterios y 21 indicadores que se indican a continuación:

Criterio	Indicador	Puntuación
1. Estructura	1 a 2 estratos	1
	1 a 3 estratos	2
	3 o más estratos: arbóreo, arbustivo, herbáceo y epífitas	3
2. Densidad	Baja	1
	Media	2
	Alta	3
3. Interceptación de la precipitación	Baja	1
	Media	2
	Alta	3
4. Presencia de mulch	Baja	1
	Media	2
	Alta	3
5. Características especiales	Ecosistemas de zona seca	1
	Ecosistemas plantados	2
	Ecosistemas de altura de reconocida importancia hidrológica	3
6. Tipo de vegetación	Temporal	1
	Anual	2
	Perenne	3
7. Grado de intervención	Alto	1
	Medio	2
	Bajo	3

Fuente: Rojas, 2004. En AECI-PLAN BINACIONAL, 2004.

Tabla N°1. Índice de protección hidrológica de cobertura vegetal de la subcuenca del río Palanda (actual). Con los promedios de IPH para los tipos de vegetación, son ajustados a lo propuesto por Rojas (2004), que somete a esta lista a 7 criterios y 21 indicadores.

TIPO	IPH de la tabla (valores y códigos)	IPH de la tabla (valores)	CRITERIOS							SU MA	IPH obtenido con los criterios	IPH Ajustado (tabla + criterios)	IPH Ajustado y generado	Categorización de la aptitud
			1	2	3	4	5	6	7					
			Estructura	Densidad	Intercepción de la precipitación	Mulch	Ecosistemas especiales	Tipo de vegetación	Intervención					
<b>Bosque Natural</b>	0,9-1 (1a)	0,9	3	2	3	2	3	3	2	18	1,00	0,95	0,95	Muy alta
<b>Páramo Herbáceo</b>	0,9-1 (2a)	1	2	3	3	2	3	3	2	18	1,00	1,00	1,00	Muy alta
<b>Páramo Arbustivo</b>	0,9-1 (2a)	1	2	2	3	2	3	3	2	17	0,94	0,97	0,97	Muy alta
<b>Pastizal</b>	0,8-0,9	0,8	1	2	1	0	2	3	1	10	0,56	0,68	0,68	Alta
<b>Pasto/Cultivo</b>	0,5-0,6	0,6	1	2	1	1	2	2	1	10	0,56	0,58	0,58	Media

IPH Obtenido con los criterios, se dividen para 18 que son los indicadores utilizados para esta clasificación.

IPH Ajustado (tabla + criterios), es decir, el promedio de sumar el IPH de la Tabla + los obtenidos con los criterios

Categorización de la aptitud, permite definir la aptitud para la provisión del servicio ambiental hídrico.

Tabla N° 2. Calculo del IPH para la subcuenca del río Palanda, por el método de promedio ponderado.

TIPO	IPH	Subcuenca del rio Palanda								
		2005			2001			1976		
		Area/ha	%	IPH * ha	Area/ha	%	IPH * ha	Area/ha	%	IPH * ha
<b>Bosque Natural</b>	0.95	23894.05	59.80	22699.35	24180.92	60.51	22971.87	26567.38	66.49	25239.01
<b>Páramo Herbáceo</b>	1.00	5879.41	14.71	5879.41	5701.00	14.27	5701.00	6135.46	15.35	6135.46
<b>Páramo Arbustivo</b>	0.97	7263.07	18.18	7061.32	7183.72	17.98	6984.17	6750.72	16.89	6563.20
<b>Pastizal</b>	0.68	22.21	0.06	15.05	22.21	0.06	15.05	128.36	0.32	87.00
<b>Pasto/Cultivo</b>	0.58	2875.8	7.20	1661.57	2846.29	7.12	1644.52	352.23	0.88	203.51
<b>TOTAL</b>	<b>0.84</b>	<b>39934.54</b>	<b>99.95</b>	<b>37316.70</b>	<b>39934.14</b>	<b>99.94</b>	<b>37316.62</b>	<b>39934.15</b>	<b>99.93</b>	<b>38228.18</b>

\* No se considera el valor de la categoría de Laguna, que en área y porcentaje no han cambiado 25,80 ha y 0,06 %, por no poseer criterios de calificación

#### IPH Ponderado

Años	IPH
1976	0,96
2001	0,93
2005/actual	0,93

El valor total del IPH resulta de la división del valor total de IPH\*ha, para el área total de la subcuenca

Tabla N° 3. Coeficiente de Escorrentía evolutivo de la Subcuenca del río Palanda

Años			
	1976	2001	2005
C (IPH)	0,96	0,93	0,93
(mm)*	1600	1600	1600
A (m2)	39959,94	39959,94	39959,94
V (m3)	<b>61378467,84</b>	<b>59460390,72</b>	<b>59460390,72</b>

\* Promedio ponderado, tomado del estudio hidrológico y basado en la información de las estaciones Valladolid y Zumba 1978-1992.

Coeficiente de escorrentía:  **$V = C \times P \times A$**

V = Volumen de agua de escorrentía (m3)

C = Coeficiente de escorrentía (IPH)

P = Precipitación total anual de la subcuenca (mm)

A= Área de la cuenca (m2)

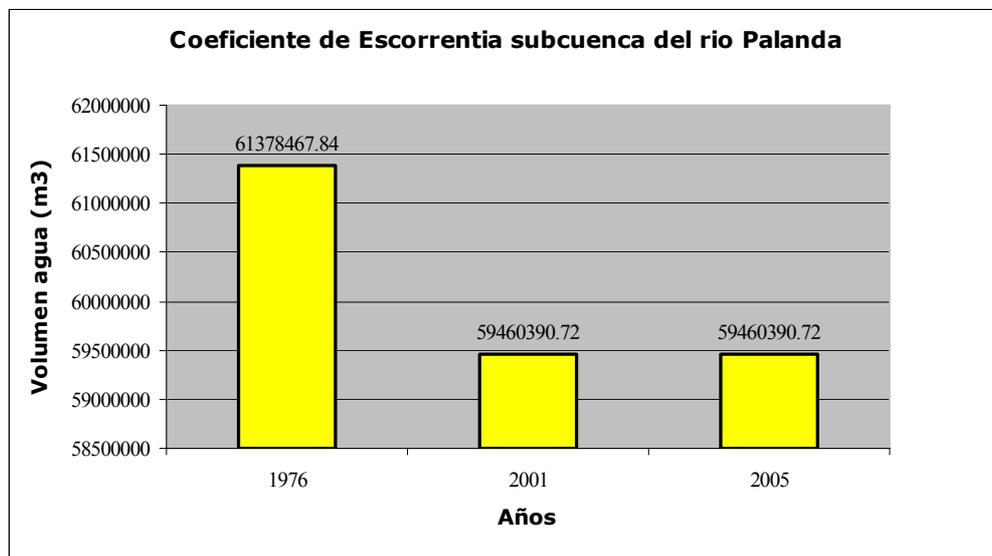


Figura N° 1: Coeficiente de escorrentía subcuenca del río Palanda

## Anexo A3

### Registro fotográfico



*Figura N° 1.* Vista panorámica del páramo presente en el Colambo-Yacuri. Fuente: archivo fotográfico NCI, 2006.



*Figura N° 2.* Páramo arbustivo presente en el Colambo-Yacuri, parte alta de la subcuenca del río Palanda. Fuente: archivo fotográfico NCI, 2006.



*Figura N° 3.* Vista panorámica de transición entre páramo herbáceo y páramo arbustivo presente en el Colambo-Yacuri, parte alta de la subcuenca del río Palanda. Fuente: archivo fotográfico NCI, 2006.



*Figura N° 4.* Vista panorámica de la vegetación presente en la zona media de la subcuenca. Bosque y pastizal. Fuente: El autor-archivo fotográfico OTECA, 2006.



*Figura N° 5.* Vegetación presente en la zona media y baja de la subcuenca. Bosque natural. Fuente: El autor-archivo fotográfico OTECA, 2006.



*Figura N° 6.* Vista panorámica del río palanda y de la unión de los ríos Jíbaro y Blanco, parte baja de la subcuenca y sector a implementarse el proyecto. Fuente: El autor-archivo fotográfico OTECA, 2007.



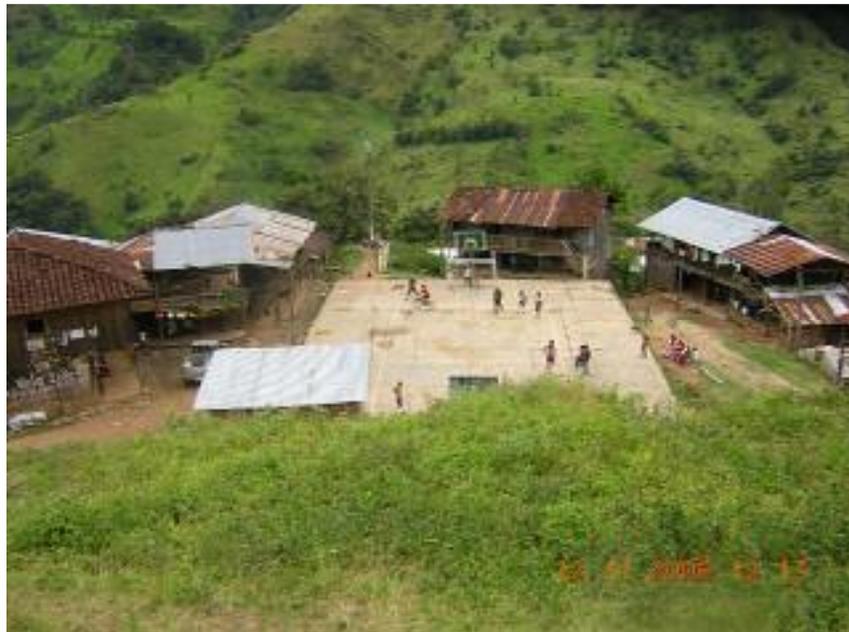
*Figura N° 7.* Remanente boscoso y pastizal, presente en la zona a implementarse en proyecto, cerca de la población de Fátima. Fuente: archivo fotográfico OTECA, 2007.



*Figura N° 8.* Extracción de madera (cedro) dada en el poblado de Blanco. Fuente: archivo fotográfico OTECA, 2007.



*Figura N° 9.* Vista panorámica de la población de Blanco. Fuente: archivo fotográfico OTECA, 2006.



*Figura N° 9.* Vista panorámica de la población de Fátima. Fuente: archivo fotográfico OTECA, 2007.



*Figura N° 11.* Diferentes tipos de cobertura vegetal, a: (bosque nativo intervenido), b: pastizal, c: cultivo agrícola, d: remanente boscoso ribereño. Fuente: El autor-archivo fotográfico OTECA, 2006-2007.

## **Anexo A4**

### **Mapas Temáticos**

**Mapa de Áreas protegidas del Proyecto Fátima.**

### **Mapa Base**

**Cobertura vegetal y uso del suelo de la Subcuenca del Río Palanda Año 1976**

**Cobertura vegetal y uso del suelo de la Subcuenca del Río Palanda Año 2001**

**Cobertura vegetal y uso del suelo de la Subcuenca del Río Palanda Año 2005**

**Cambio de uso del suelo en el periodo 1976-2001**

**Cambio de uso del suelo en el periodo 2001-2005**

