

**PROPUESTA DE UN PLAN PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO  
HIDRICO EN LA MICROCUENCA DEL RIO POMACOCHO, CANTON ALAUSI,  
PROVINCIA DE CHIMBORAZO**

CARLOS FRANCISCO ORTEGA ORDOÑEZ, MARITZA ALEXANDRA SAAVEDRA  
PROAÑO

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE  
AVENIDA GENERAL RUMIÑAHUI S/N  
www.espe.edu.ec

**RESUMEN**

El presente proyecto tiene por objetivo establecer la “Propuesta de un plan para el aprovechamiento del recurso hídrico para la microcuenca del río Pomacocho”, el cual forma parte de la “Propuesta técnica de manejo de subcuencas hídricas y caracterización territorial ambiental, considerando el paisaje cultural andino y el desarrollo socioeconómico de la Parroquia Achupallas, Cantón Alausí, Provincia de Chimborazo”, la misma que es desarrollada por la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH).

Para elaborar dicha propuesta, se recopiló y seleccionó información cartográfica base; información hidrometeorológica; datos de biodiversidad y de calidad de agua disponibles por la UNACH; toda esta información fue integrada en el análisis de datos y modelamiento de caudales, así como también se hizo uso de imágenes satelitales para la interpretación y determinación del cambio de uso de suelo y cobertura vegetal para el período de 1987 al 2007.

Este análisis y determinación de resultados biofísicos, fueron integrados para la identificación y priorización de actores sociales con los cuales se establecieron los principales problemas que afectan a la microcuenca del Río Pomacocho y finalmente se implantaron los proyectos para el aprovechamiento del recurso hídrico de la microcuenca, los cuales están incluidos en los objetivos y lineamientos establecidos por la SENPLADES a través de su nuevo Plan del Buen Vivir para los años 2013 - 2017, que son patrocinadores del proyecto que ejecuta la UNACH.

Palabras Claves: Modelación, Calidad del Agua, Imágenes Satelitales, Actores Sociales, Microcuenca.

## **ABSTRACT**

This project aims to establish a "Proposed plan for utilization of water resources of the watershed Pomacocho River", which is part of the "Technical Proposal Hydric Watersheds Management and Territorial Environmental Characterization, considering the Andean cultural landscape and socioeconomic development of the Achupallas Parish, Alausí Canton, Chimborazo Province", which is developed by the National University of Chimborazo (UNACH).

To develop this proposal, was collected and selected basic cartographic information and hydrometeorological information; biodiversity data and quality of water available from UNACH, all this information was integrated into data analysis and modeling of flow and use was also made satellite images for interpretation and determination of the change in land use and land cover for the period 1987 to 2007.

This analysis and determination of biophysical results were integrated for the identification and prioritization of stakeholders with whom the main problems affecting the watershed of Pomacocho River settled and finally projects for the utilization of water resources of the watershed were implanted which are included in the objectives and guidelines established by the SENPLADES through its new Plan of Good Living for the years 2013 - 2017, which is sponsoring the project running UNACH.

Keywords: Modeling, water quality, satellite images, social actors, watershed.

## **CARACTERIZACION DEL MEDIO FISICO:**

### **Topografía:**

La distribución espacial de la microcuenca se encuentra predominantemente en la parte alta, ya que la misma presenta cotas superiores a los 3120 m.s.n.m., lo cual es revalidado a través de su ubicación con relación al sistema de Cuenca del Río Paute, en donde la microcuenca del Río Pomacocho pertenece a la Subcuenca del Río Juval que se encuentra en la parte alta de la Cuenca del Río Paute. Mediante el modelo de pendientes realizado para el área de estudio se determina que el mayor porcentaje de pendientes (38.66% ) corresponde al rango de una pendiente de 25-50%.

### **Suelos:**

Los suelos que se encuentran en la microcuenca del río Pomacocho corresponden a zonas en las que su material parenteral es originario de cenizas volcánicas relativamente recientes.

A través del mapa de suelos de la zona se determina que estos suelos pertenecen en un mayor porcentaje (46.47%) al grupo de Inceptisoles - Andepets - Cryandepets - Hydric

Cryandepts -serie Dh, el mismo que es un suelo psudo limoso muy suave untuoso, esponjoso; se localizan en alturas mayores a los 3200 m.s.n.m.

## **CARACTERIZACION DEL MEDIO BIOTICO**

### **Flora:**

Para la identificación de las Formaciones Vegetales en la Microcuenca del Río Pomacocha, se estableció en función del Mapa de Formaciones Vegetales del Ecuador continental, Circa, 1996; Sierra, 1999 elaborada con base a dos submodelos que reflejan la estructura jerárquica de la clasificación de la vegetación, la cual fue realizada a Escala 1:250 000.

Con base a los criterios utilizados por (Sierra, 1999), la Microcuenca del Río Pomacocha presenta las siguientes formaciones vegetales: Páramo herbáceo (31.2%), Bosque Siempreverde Montano Alto de los Andes Orientales (67.8%), Herbazal Lacustre Montano Alto (1%)

### **Fauna:**

Para determinar la fauna del lugar se parte del Estudio “Diversidad de Flora y Fauna en los Páramos del SurOeste del Parque Nacional Sangay (Provincias de Chimborazo y Cañar)”, de Prieto – Albuja y Paucar, Noviembre 2010, mediante el cual se puede caracterizar la Avifauna, Mamíferos y Hepertofauna.

La caracterización de fauna se realizó en las dos grandes zonas de estudio el Complejo de Laguna de Ozogocha y Qhapaq Nan, localizadas en el extremo sur oeste del Parque Nacional Sangay.

Para este fin se determinaron transectos en cada zona de estudio, se establecieron puntos de muestreo a diferentes distancias y en diferentes tipos de cobertura vegetal en donde por medio de caminatas en diferentes periodos de tiempo se llevaron conteos visuales y auditivos o de restos fecales según la especie que se quiera determinar sea esta aves, mamíferos o hepertofauna complementario a los métodos señalados, se planificaron y realizaron entrevistas informales a los pobladores de la zona de estudio, en especial a las personas que trabajan como guías y asistentes de campo.

### **Zona Protegida y Áreas de Vegetación y Bosque Protector.**

La determinación de zonas protegidas (Parques Nacionales (SNAP) y Áreas de Bosque y Vegetación Protectora (ABVPs)) se basó en la información obtenida de CGPAUTE a escala 1:25.000, en donde mediante la intersección de coberturas temáticas, la microcuenca del río Pomacocha y Parque Nacional Sangay, áreas de vegetación y bosque protectores de la Cuenca del Río Paute (Subcuencas de los ríos Dudas, Mazar, Llavircay, Juval, Pulpito) se estableció su porcentaje de ocupación con relación a ellas.

<b>Bosque Protectores y Áreas Protegidas</b>	<b>Área Total de ABVPs sin Intersección Km<sup>2</sup></b>	<b>Área de SNAP, ABVPs dentro de la Microcuenca R. Pomacoco Km<sup>2</sup></b>	<b>Porcentaje de Ocupación %</b>
Parque Nacional Sangay	4866,12	7,26	0,15
Bosque Protector Cuenca del Río Paute	767,77	7,26	0,95

**Fuente:** Información Temática Escala 1:250000 del Cuenca de Gestión del Paute CGPAUTE 2007.

**Elaborado por:** Autores 2013

### **ACTORES SOCIALES**

Dentro de un espacio geográfico determinado existen diferentes visiones de desarrollo local y territorial, de ahí la importancia de identificar sus potencialidades para establecer propuestas que potencien el uso de sus capacidades y factores locales generando oportunidades para el desarrollo y consecución de objetivos.

Para el caso de nuestro proyecto se partirá de la premisa que todos aquellos individuos que forman parte del Cantón Alausí se consideraran actores claves, y así mismo considerando el tipo de proyecto, objetivo y fines que persigue el actor social se establecerán dos categorías entre los Actores Alfa y Omega; en donde los Actores Alfa serán los que se encuentran a favor de participar con sus recursos en la zona de estudio de la Microcuenca del Río Pomacoco, y Omega a los actores que tienen una posición neutral, indiferente, que se puede deber a desconocer el proyecto en ejecución, que no han ejecutado proyectos directamente en esta zona o que no están acorde a sus objetivos y fines organizacionales, pero que disponen del recurso y conocimiento para intervenir en la Microcuenca según el caso; teniendo como actores alfa: Parque Nacional Sangay, Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas, Junta Parroquial de Achupallas, Ministerio del Ambiente-Programa Sociobosque, Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Chimborazo, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) sede Riobamba, Comunidad de Pomacoco, Corporación de Asociaciones Sullá, Senagua - Alausí, Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, Municipalidad de San Pedro de Alausí, CELEC EP, Unidad de Negocio Hidropaute, Corporación de Organizaciones Campesinas Achupallas; y como actor omega Unidad de Promoción y Desarrollo Forestal del Ecuador (PROFORESTAL)

## ANALISIS MULTITEMPORAL DE COBERTURA VEGETAL

Para el estudio de cobertura vegetal se realizará el análisis de tres periodos distintos (1987-2001; 2001-2007; 1987-2007), a través de la clasificación supervisada de las imágenes a usar para lograr este objetivo el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) proporcionó información sobre el área referente a tipo de Cobertura y Uso del Suelo, información que será una base conjuntamente con los puntos observados en campo para la clasificación supervisada a realizar. Una vez que se ha obtenido la clasificación de las imágenes correspondientes a cada año se procede a realizar el álgebra de mapas con lo cual se obtiene los siguientes resultados del análisis multitemporal de cobertura vegetal.

- 1987-2001

DETECCION DE CAMBIOS		
Detección Cambio	Area	Porcentaje
Cambio	2451.43	32.69
Sin Cambio	5048.57	67.31
Total	7500.00	100.00

- 2001-2007

DETECCION DE CAMBIOS		
Detección Cambio	Area	Porcentaje
Cambio	2949.62	39.33
Sin Cambio	4550.38	60.67
Total	7500	100

- 1987-2007

DETECCION DE CAMBIOS		
Detección Cambio	Area	Porcentaje
Cambio	2897.97	38.64
Sin Cambio	4602.03	61.36
Total	7500	100

## ANALISIS DE INFORMACION HIDROMETEOROLOGICA

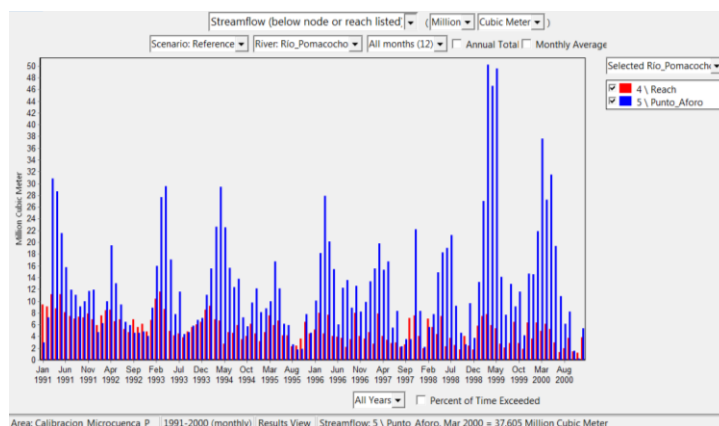
Luego de una breve revisión de la información proporcionada por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrografía (INAMHI); se pudo observar la falta de estaciones cercanas a la zona de estudio, así como la ausencia de continuidad de sus datos, razón por la cual es importante realizar un análisis de cada una de las variables a utilizar en el modelo; el cual

consiste en ver la temporabilidad y continuidad de cada una de las estaciones, régimen de precipitación, análisis de curva de doble masa de cada una de las variables, y el relleno de datos faltantes. Posteriormente de este estudio se determino las siguientes estaciones meteorológicas a usarse en el proyecto: Cañar, Chunchi, Achupallas Chimborazo, Alausí, Guasuntos, Logroño; y las siguientes estaciones hidrológicas: Chanchan, Vendeleche, San Pedro de Ingapirca, Ozogche en los Lagos

## MODELO HIDROLOGICO WEAP

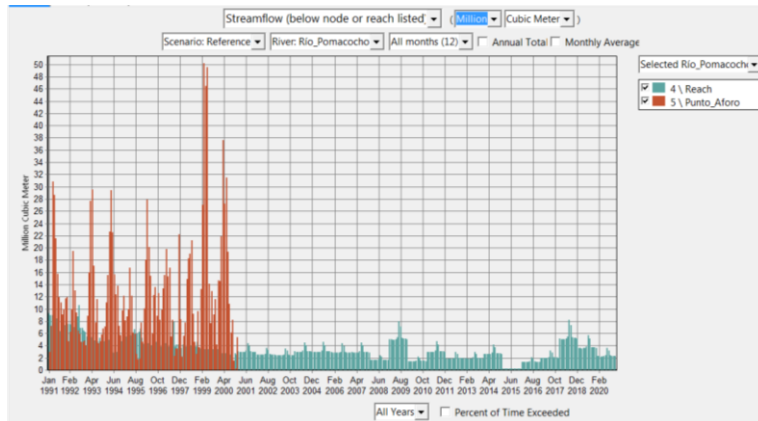
El software WEAP será usado en este proyecto para modelar caudales de la microcuenca del Río Pomacocha; y mediante los resultados obtenidos proponer el mejor plan para el aprovechamiento del recurso hídrico; como datos para correr el modelo es necesario disponer de información hidrometeorológica de precipitación, temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y caudales; los cuales fueron proporcionados por el INAMHI. Como otro dato importante que necesita el software para modelar caudales es la cobertura vegetal, esta información se la obtiene del análisis de cobertura vegetal que fue realizado anteriormente.

El resultado de la modelación de caudales mediante el software WEAP ya calibrado es el siguiente:



Además el software WEAP nos permite realizar escenarios futuros, los mismos que tienen como fundamento representar impactos futuros de una región geográfica específica a través de la relación de variables climáticas observadas y proyectadas.

Para este estudio se ha decidido obtener los datos del modelo PRECIS “Providing Regional Climates for Impacts Studies”, modelo climático regional que tiene una resolución aproximada de 50 Km en lo horizontal es decir de  $0.44^\circ \times 0.44^\circ$  es utilizado para la generación de proyecciones futuras; dentro del modelo PRECIS se utiliza el modelo ECHAM A2 cuyos datos comprenden desde el año de 1991 hasta el año 2099; siendo el periodo a modelar desde el 1991- al 2020. Los resultados obtenidos de la predicción de escenarios futuros es el siguiente:



Cabe recalcar que por la falta de información de estaciones cercanas a la zona y dentro de la microcuenca los resultados obtenidos por el modelo no se los considero confiables.

### MODELO HIDROLOGICO HEC-HMS

El modelo hidrológico Hec – Hms permite simular la respuesta que tendrá una determinada cuenca en su escurrimiento superficial como producto de una precipitación. Para este estudio se realizará la modelación de caudales picos en la Microcuenca del Río Pomacocho con el método denominado número de curva; este método fue desarrollado por el Servicio de Conservación de suelos de los Estados Unidos y se lo usa para determinar la precipitación neta o precipitación en exceso a partir de los parámetros de la cuenca y datos de precipitación.

Para obtener el modelo con el software Hec.- Hms es necesario disponer de datos como: cobertura vegetal, número de curva, porcentaje de impermeabilidad y datos pluviográficos.

En la modelación de caudales pico se obtuvo los siguientes resultados.

Global Summary Results for Run "Run 1"				
Project: Pomacocho_Modelo		Simulation Run: Run 1		
Start of Run: 07Feb2000, 07:00		Basin Model: Pomacocho		
End of Run: 07Feb2000, 11:00		Meteorologic Model: Met 1		
Compute Time: 28Nov2013, 22:44:30		Control Specifications: Control 1		
Show Elements: Initial Selection		Volume Units: <input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3		Sorting: Hydrologic
Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Subbasin-1	72.7	1651.4	07Feb2000, 08:51	159.69

## CALCULO DE CAUDALES POR ISOYETAS Y POLIGONOS DE THIessen

La lluvia recogida y medida en un pluviómetro, es representativa de una superficie relativamente pequeña situada alrededor de él. Se considera a la precipitación media como el valor más representativo de la lluvia caída sobre un punto o área determinada, ya sea diaria mensual o anual. Para determinarla existen varios métodos; los más utilizados son:

- Polígonos de Thiessen
- Curvas Isoyetas

Los resultados obtenidos con cada uno de estos métodos son los siguientes:

Thiessen

PARAMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PRECIPITACIÓN MINIMA (RASTER)	45,3	79,3	93,8	87,4	60,7	33,2	24,8	22,7	36,4	53,5	49,8	46,4	-
PRECIPITACIÓN MAXIMA (RASTER)	65,9	108	132,3	117,8	90,1	49,4	33,2	31,7	47,4	56,8	71,9	64,3	-
PRECIPITACIÓN MEDIA (RASTER)	58,2	95,5	115,2	105,6	79,2	42,3	29,2	27,5	43,1	55,8	61,9	57	770,5
PRECIPITACIÓN MEDIA THIessen	25,5	59,9	68,0	62,3	33,3	24,3	23,6	20,3	28,2	49,2	35,1	32,1	461,8
CAUDALES MEDIOS MENSUALES	1,054	1,849	1,789	1,763	1,217	1,060	1,010	0,931	1,148	1,501	1,294	1,193	1,317

Isoyetas

PARAMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PRECIPITACIÓN MINIMA (RASTER)	45,3	79,3	93,8	87,4	60,7	33,2	24,8	22,7	36,4	53,5	49,8	46,4	-
PRECIPITACIÓN MAXIMA (RASTER)	65,9	108	132,3	117,8	90,1	49,4	33,2	31,7	47,4	56,8	71,9	64,3	-
PRECIPITACIÓN MEDIA (RASTER)	58,2	95,5	115,2	105,6	79,2	42,3	29,2	27,5	43,1	55,8	61,9	57	770,5
PRECIPITACIÓN MEDIA ISOYETAS	57,9	95,5	115,2	105,5	79,0	42,3	29,0	26,9	42,8	55,6	61,7	56,5	767,9
CAUDALES MEDIOS MENSUALES	1,640	2,379	2,378	2,343	1,939	1,430	1,129	1,084	1,439	1,604	1,754	1,618	1,728

## CAUDALES POR EL METODO DE AFORO

Para el método de aforo se ha utilizado el molinete realizado mediciones en diferentes fechas y en diferentes puntos de la Microcuenca del Río Pomacocho teniendo como resultado un caudal de 1.94 m<sup>3</sup>/s.

## CALIDAD DE AGUA

### Índice de calidad de agua:

El índice de calidad de agua tiene como objetivo principal definir la aptitud de un cuerpo de agua respecto a un uso específico. El ICA es útil para medir los cambios en la calidad de agua en diferentes tramos de un mismo río y con esto determinar su grado de contaminación. Los parámetros a considerar para obtener la calidad de agua fueron:



Coliformes Totales, Coliformes Totales DBO5, Fosfatos, Nitratos, Oxígeno Disuelto, pH, Sólidos Totales, Temperatura, Turbiedad. Como resultado del cálculo del ICA se determina que la calidad de agua del río Pomacocho es Regular.

### **Macroinvertebrados:**

El análisis de laboratorio de las muestras de Macroinvertebrados fue realizado por el equipo técnico de la Universidad Nacional de Chimborazo UNACH. Una vez entregados los resultados de laboratorio se procede a realizar el análisis EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) para determinar la calidad de agua por macroinvertebrados; “Este análisis se hace mediante el uso de tres grupos de macroinvertebrados que son indicadores de la calidad del agua porque son más sensibles a los contaminantes” Carrera, C; Fierro, K “Los Macroinvertebrados Acuáticos como indicadores de la calidad del agua. Los resultados que se obtuvieron que este análisis fue el siguiente: punto de muestreo 1, revela que la calidad de agua por macroinvertebrados es mala, punto de muestreo 2, revela una calidad de agua regular, punto de muestreo 3, revela una calidad de agua buena, punto de muestreo 4, revela una calidad de agua regular; por lo tanto la calidad de agua por macroinvertebrados de la microcuenca en general, revela una calidad de agua regular, resultado que se comprueba con la calidad de agua por el método de Índice de Calidad de agua

## **PROPUESTA DE PLAN DE APROVECHAMIENTO DE RECURSO HÍDRICO EN LA MICROCUENCA DEL RÍO POMACOCHO**

La formulación del Plan de Aprovechamiento debe estar orientado a las políticas y lineamientos que se encuentran establecidos en la SENPLADES y su nueva formulación del Plan del Buen Vivir 2013 – 2017, pues en este se indican los objetivos y líneas estratégicas que el país desarrollará.

Luego del estudio realizado se sugiere los siguientes programas y actividades para el aprovechamiento del recurso hídrico de la Microcuenca del Río Pomacocho.

Preservación del Recurso Hídrico.

- Charla Informativa a los pobladores de la Comunidad de Pomachocho y Llandilig sobre la importancia de los Páramos
- Diseño y Difusión del Programa de Incentivo Económico para que no se destruyan los Páramos
- Sociabilización y participación de los actores involucrados en el Monitoreo, Regularización del Cambio del Uso del Suelo

- Programa de Concientización a la Contaminación del Recurso Hídrico en la Población de Pomacocho y Llindilig que se encuentran en la Microcuenca del Río Pomacocho.

#### Implementación de Estaciones Hidrometeorológicas

- Identificación del sitio adecuado, construcción e implantación de una Estación Hidrométrica.
- Licitación para la adquisición de una estación hidrometeorológica e implantación.

#### Monitoreo de Calidad del Agua.

- Adquisición de Equipos de Muestreo de Agua in situ, establecimiento y registro de puntos de muestreo

#### Generación de geoinformación.

- Levantamiento y actualización de la información cartográfica base y temática de mayor nivel de detalle 1:5000

### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Alves, M. (2005). Características dos Sistemas Sensores. En M. Alves, *Fundamento do Sensoriamento Remoto e Metodologías de Aplicação* (págs. 120-128). Viçosa: Universidad Federal de Viçosa.
- Baldock, J. (1982). *Geología del Ecuador*. Quito: División de Investigación Geológico - Minera.
- Carrera, C., & Fierro, K. (2001). *Manual de Monitoreo, Los macroinvertebrados acúaticos como indicadores de calidad de agua*. Quito: Ecociencia.
- Chuvieco, E. (2002). *Teledetección Ambiental*. Barcelona: Ariel S.A.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2006). *Guía para la Identificación de Actores Claves*. Mexico D.F.
- Prieto, F., & Paucar, G. (2010). *Estudio de Diversidad de Flora y Fauna en los Páramos del Sur Oeste del Parque Nacional Sangay (Provincia de Chimborazo y Cañar)*. Riobamba: UNACH.

- PRONAREG-ORSTOM. (1984). Leyenda de Suelos. *Inventario y Cartografía de Suelo, Uso actual del Suelo en los Andes Ecuatorianos*. Chimborazo, Ecuador: PRONAREG.
- Servicio Hidrológico Nacional (SHN) del Servicio Nacional de Estudios Territoriales. (2004). *Indice de Calidad del Agua (ICA)*. Obtenido de <http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculoICA.pdf>
- Sierra, R. (1999). *Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental*. Quito: Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y Ecociencia.