

**ESTABLECIMIENTO DE UNA RED DE MONITOREO PARTICIPATIVO DE
CAUDALES EN LOS AFLUENTES DE LA MICROCUENCA ALTA DEL RIO
GUARGUALLA PARA CONOCER LA OFERTA HÍDRICA**

CRISTIAN SANTIAGO TAPIA RAMÍREZ

TESIS

**PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

RIOBAMBA – ECUADOR

2009

El Tribunal de Tesis certifica que el trabajo de investigación titulado “ESTABLECIMIENTO DE UNA RED DE MONITOREO PARTICIPATIVO DE CAUDALES EN LOS AFLUENTES DE LA MICROCUENCA ALTA DEL RIO GUARGUALLA PARA CONOCER LA OFERTA HÍDRICA” de responsabilidad del egresado Cristian Santiago Tapia Ramírez, ha sido prolijamente revisado, quedando autorizada su presentación.

TRIBUNAL DE TESIS

Ing. Juan León

Director

Ing. María Eugenia Samaniego

Miembro

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Riobamba, Julio 2009

DEDICATORIA

Este trabajo al cual le entregue todo mi esfuerzo y dedicación va dedicado a mis padres Juan y Yolanda, quienes han sido las personas impulsoras para seguir adelante, en los buenos y malos momentos de mi vida. Con seguridad puedo decir que nunca dejare de contar con ellos.

AGRADECIMIENTO

Primeramente le agradezco a Dios por darme la oportunidad de vivir, luego a mis padres que con su sacrificio y esfuerzo han permitido mi superación.

Agradezco al CESA (Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas Regional Centro Sur) e INAR (Instituto Nacional del Riego) en especial a los Ingenieros Aurelio Silva, Hugo Vinuesa y Héctor Espinoza técnicos de estas dos instituciones, por su participación y facilidades brindadas para el desarrollo de este estudio.

A los miembros del Tribunal de Tesis, Ing. Juan León profesor de la Cátedra de Riegos y Drenajes en calidad de Director y a la Ing. María Eugenia Samaniego en calidad de Miembro, por su apoyo tutorial incondicional y dedicado en el proceso investigativo.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo quien me abrió las puertas del saber, en donde me superé y cumplí mi más grande sueño.

A todos mis amigos compañeros de aulas y en especial a mis compañeros de tesis: Roberto, José Luis y Diego, con quienes compartimos los buenos momentos de ser estudiantes y salimos adelante cualquiera fuera la adversidad.

A mis Padres a mi hermanita y a todas las personas que confiaron desinteresadamente en lo que yo podía hacer y me apoyaron día a día, hasta llegar a culminar mi carrera.

LISTA DE CONTENIDO

| CAPÍTULO | CONTENIDO | PÁGINA. |
|-----------------|------------------------|----------------|
| | LISTA DE CUADROS | vi |
| | LISTA DE GRÁFICOS | viii |
| | LISTA DE FIGURAS | ix |
| | LISTA DE ANEXOS | x |
| I. | TÍTULO | 1 |
| II. | INTRODUCCIÓN | 1 |
| | Justificación | 3 |
| | Objetivos | 4 |
| III. | REVISIÓN DE LITERATURA | 5 |
| IV. | MATERIALES Y MÉTODOS | 23 |
| V. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 39 |
| VI. | CONCLUSIONES | 88 |
| VII. | RECOMENDACIONES | 91 |
| VIII. | RESUMEN | 93 |
| IX. | SUMMARY | 94 |
| X. | BIBLIOGRAFÍA | 95 |
| XI. | ANEXOS | 97 |

LISTA DE CUADROS

| N° | CONTENIDO | PÁGINA. |
|------------|--|---------|
| Cuadro 1. | Información de los puntos de monitoreo de la Microcuenca del Rio Guargualla. | 28 |
| Cuadro 2. | Punto principales de monitoreo de caudales | 39 |
| Cuadro 3. | Características de los Suelos en los Márgenes del Rio Yulumpala (RY) | 40 |
| Cuadro 4. | Cobertura Vegetal en los Márgenes del Rio Yulumpala (RY) | 40 |
| Cuadro 5. | Aforamientos en el Rio Yulumpala (RY) | 41 |
| Cuadro 6. | Caudales del Rio Yulumpala desde Julio a Diciembre 2008. | 44 |
| Cuadro 7. | Características de los suelos en los márgenes del Rio Shaigua (RS) | 48 |
| Cuadro 8. | Cobertura vegetal en los márgenes del Rio Shaigua (RS). | 48 |
| Cuadro 9. | Aforamientos en el Rio Shaigua (RS). | 49 |
| Cuadro 10. | Caudales del Rio Shaigua desde Julio a Diciembre 2008. | 53 |
| Cuadro 11. | Características de los Suelos en los Márgenes del Rio Zanampala (RZ). | 57 |
| Cuadro 12. | Cobertura Vegetal en los Márgenes del Rio Zanampala (RZ). | 58 |
| Cuadro 13. | Aforamientos en el Rio Zanampala (RZ). | 58 |
| Cuadro 14. | Caudales del Rio Zanampala desde Agosto a Diciembre 2008. | 62 |
| Cuadro 15. | Aforamientos en la Bocatoma del Sistema de Riego Guargualla Licto | 67 |
| Cuadro 16. | Caudales de la BSRGL desde Junio a Diciembre 2008. | 70 |
| Cuadro 17. | Aforamientos en la Estación Hidrométrica H-789 Guargualla AJ Chambo. | 74 |
| Cuadro 18. | Aforamientos realizados en H-789 (2004-2008) | 75 |
| Cuadro 19. | Caudales medios mensuales de la Estación Hidrométrica H-789 Guargualla AJ Chambo | 78 |
| Cuadro 20. | Rangos de caudal para la Estación Hidrométrica H-789 Guargualla AJ Chambo. | 80 |
| Cuadro 21. | Oferta hídrica media de los puntos de la Red de monitoreo de caudales. | 80 |
| Cuadro 22. | Concesiones de Agua en la Microcuenca del Rio Guargualla. | 82 |

| | | |
|------------|--|----|
| Cuadro 23. | Oferta hídrica de la microcuenca del Rio Guargualla. | 83 |
| Cuadro 24. | Puntos secundarios de monitoreo. | 85 |
| Cuadro 25. | Resultados de los Aforos en los puntos secundarios | 87 |

LISTA DE GRÁFICOS

| N° | CONTENIDO | PÁGINA. |
|-------------|--|---------|
| Gráfico 1. | Hidrograma del Rio Yulumpala (RY) con los aforos realizados. | 41 |
| Gráfico 2. | Curva de descarga de agua del Rio Yulumpala. | 42 |
| Gráfico 3. | Hidrograma del Rio Yulumpala (Julio-Diciembre 2008). | 45 |
| Gráfico 4. | Caudales promedio y Precipitación mensual en el Rio Yulumpala. | 46 |
| Gráfico 5. | Hidrograma del Rio Shaigua con los aforos realizados. | 49 |
| Gráfico 6. | Curva de descarga de agua del Rio Shaigua. | 51 |
| Gráfico 7. | Hidrograma del Rio Shaigua (Julio- Diciembre 2008). | 54 |
| Gráfico 8. | Caudales promedio vs Precipitación mensual en el Rio Shaigua. | 55 |
| Gráfico 9. | Hidrograma del Rio Zanampala con los aforamientos realizados. | 59 |
| Gráfico 10. | Curva de descarga de agua del Rio Zanampala. | 60 |
| Gráfico 11. | Hidrograma del Rio Zanampala (Agosto-Diciembre 2008). | 63 |
| Gráfico 12. | Caudales promedio vs. Precipitación mensual en el Rio Zanampala. | 65 |
| Gráfico 13. | Hidrograma de la Bocatoma del Sistema del Riego Guargualla Licto con los aforos realizados. | 67 |
| Gráfico 14. | Curva de descarga de agua de la Bocatoma SRGL | 68 |
| Gráfico 15. | Hidrograma de la Bocatoma del Sistema de Riego Guargualla Licto (Junio-Diciembre 2008). | 71 |
| Gráfico 16. | Caudales promedio vs. Precipitación mensual en la BSRGL. | 72 |
| Gráfico 17. | Hidrograma de la Estación Hidrométrica del Inamhi H-789 Guargualla AJ Chambo con los aforamientos realizados | 74 |
| Gráfico 18. | Curva de Descarga de Agua de H-789. | 76 |
| Gráfico 19. | Caudales medios anuales 1990-2008. | 79 |
| Gráfico 20. | Oferta hídrica media de la Red de monitoreo de caudales del Rio Guargualla. | 81 |
| Gráfico 21. | Caudales concesionados de la Microcuenca del Rio Guargualla. | 83 |

LISTA DE FIGURAS

| Nº | CONTENIDO | PÁGINA. |
|-----------|---|----------------|
| Figura 1. | Medición de caudal mediante el método del flotador. | 7 |
| Figura 2. | Medidas necesarias para determinar el área de un canal. | 8 |
| Figura 3. | Método de dos puntos para el cálculo de la velocidad. | 12 |
| Figura 4. | Método de seis décimos para medir la velocidad. | 13 |
| Figura 5. | Sección en un canal, mostrando la localización de las verticales más importantes. | 15 |
| Figura 6. | Vista transversal de un Rio en el que se muestra los puntos de Observación. | 33 |

LISTA DE ANEXOS

| N° | CONTENIDO | PÁGINA. |
|-----------|---|----------------|
| Anexo 1. | Localización de la Microcuenca del Rio Guargualla. | 98 |
| Anexo 2. | Planeación Participativa en la Microcuenca Del Rio Guargualla | 102 |
| Anexo 3. | Reconocimiento de los puntos de monitoreo de la parte baja y alta de la microcuenca del Rio Guargualla. | 104 |
| Anexo 4. | Puntos de monitoreo principales, secundarios y las asociaciones en la microcuenca del Rio Guargualla. | 112 |
| Anexo 5. | Procedimiento para la realización de los aforos. | 114 |
| Anexo 6. | Instalación de Regletas Hidrométricas en la Red de Monitoreo. | 122 |
| Anexo 7. | Hoja de registro de niveles de agua. | 124 |
| Anexo 8. | Ubicación de pluviómetros en la microcuenca del Rio Guargualla. | 125 |
| Anexo 9. | Suelos y coberturas vegetales en la microcuenca del Rio Guargualla. | 12 |

I. ESTABLECIMIENTO DE UNA RED DE MONITOREO PARTICIPATIVO DE CAUDALES EN LOS AFLUENTES DE LA MICROCUENCA ALTA DEL RIO GUARGUALLA PARA CONOCER LA OFERTA HÍDRICA.

II. INTRODUCCIÓN.

La mayor parte del agua dulce de fácil accesibilidad está destinada para las actividades agropecuarias, uso domestico, abrevadero de animales e hidroelectricidad; el inadecuado uso de este medio genera un estado crítico en la disponibilidad de agua, lo que tiene relación con los usos de agua potable, riego y otros; que la población requiera.

La medición de caudales en una microcuenca responde a diversas necesidades, todas ellas de gran valor para la sociedad, actividades agropecuarias, industriales, ecológicas, culturales, etc. De forma sucinta recordamos el valor que el conocimiento del recurso hídrico tiene, para la gestión del mismo en situación ordinaria ó extraordinaria, para la correcta planificación y ordenación del medio y las actividades asociadas al mismo.

La competencia de planificar y gestionar el manejo sostenible de los recursos hídricos corresponde a instancias vinculadas a las Cuencas Hidrográficas.

Las instituciones dedicadas al manejo de los recursos hídricos han desarrollado desde su creación, la actividad de diseño e implantación de redes de medida del caudal en base a estaciones de aforo (INAMHI), así como las actividades de recolección, análisis y validación de los datos.

La información hidrológica generada en los cauces naturales sirve como herramienta para la planificación y gestión del recurso hídrico, los cuales deben ser divulgados y manejados por organismos relacionados al manejo del agua, de tal manera que estén habilitados para regular el uso del recurso, en los sitios de investigación, uso y aprovechamiento.

Para los análisis de oferta y demanda del sector agropecuario debe tenerse en cuenta que buena parte de la producción es realizada en condiciones de secano, lo cual quiere decir

que aprovecha directamente el recurso hídrico procedente de la precipitación y por tanto su demanda o utilización de agua, queda incluida en el balance hídrico el rubro de evapotranspiración.

A. JUSTIFICACIÓN

El conocimiento de la cantidad de agua proveniente de una microcuenca sirve para conocer, si la oferta de caudales cubre las necesidades de la demanda para sus distintos usos, considerando que globalmente el crecimiento demográfico en zonas de altura va en aumento y es inversamente proporcional a la disponibilidad de los Recursos Naturales y por ende a la cantidad de agua.

El monitoreo de caudales en los principales afluentes de la zona de estudio, se justifica por la necesidad de conocer la cantidad de agua que conduce el cauce principal y su fluctuación, pudiendo ser utilizada en distintos usos consuntivos tales como: agropecuarios, recreativos, agua potable y no consuntivos como hidroelectricidad, recreación y acuicultura.

Conociendo la oferta hídrica disponible en la microcuenca, es posible realizar una adecuada propuesta de uso, manejo y conservación del agua; actualmente existen problemas de contaminación, fluctuaciones de caudales, cada vez más extremos, debido a cambios climáticos, calentamiento global, quemas de paramos, sobre pastoreo y ampliación de la frontera agrícola, los cuales inciden en la capacidad de almacenamiento y generación de agua en la microcuenca del Río Guargualla.

Mediante la obtención de datos en el periodo de investigación, se podrá conocer los niveles máximos y mínimos de caudales de la microcuenca, especialmente en sus principales afluentes de manera que al tener mayor o menor caudal se pueda proponer alternativas de **uso eficiente del agua** y transferir la cultura de aforo a los potenciales usuarios del Sistema de Riego Licto.

La propuesta persigue satisfacer los requerimientos de la Mesa Provincial del Foro de los Recursos Hídricos de Chimborazo y del Proyecto Pastaza, financiada por la Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas (CESA), que busca obtener datos reales de caudales, los cuales servirán para establecer planes direccionados de una adecuada distribución de agua a los usuarios del sistema.

B. OBJETIVOS

1. Objetivo general

Establecer una red de monitoreo participativo de caudales en los afluentes de la microcuenca alta del Rio Guargualla para conocer la oferta hídrica.

2. Objetivos específicos

- a. Definir e instalar una red de monitoreo participativo de caudales en los afluentes más importantes de la microcuenca alta del Rio Guargualla.
- b. Establecer la oferta hídrica existente en los afluentes de la microcuenca, mediante aforos y el procesamiento de la información.
- c. Realizar el análisis de la información hidrológica disponible en el INAMHI y la Secretaria Nacional del Agua (SENAGUA) de la microcuenca alta del Rio Guargualla.

III. REVISIÓN DE LITERTURA

A. MONITOREO DE CAUDALES

1. Monitoreo

Monitoreo quiere decir observación continua, reflexión y corrección de actividades.

Monitoreo es realmente una actividad ordinaria. Después de todo, cada persona vigila y piensa sobre cosas o eventos que son importantes para ella: el clima, los precios de los productos agrícolas, el comportamiento de los extensionistas. Usualmente la gente involucrada observa mejor que personas externas. Pero a veces el punto de vista de externos puede ser útil.

El monitoreo es fácil si la propia gente observa aquello que les preocupa. El monitoreo puede ser aprendido: para que podamos comprender mejor lo que está aconteciendo, tenemos tal vez que agudizar nuestra percepción, o tenemos tal vez que mejorar la selección de los ejemplos (= indicadores) o tal vez la manera de medir los cambios observados. (DORSI GERMANN/EBERHARD GOHL).

2. Monitoreo Participativo

La participación es una palabra que suena maravilla pero que notoriamente es mal entendida, participación significa “tomar parte en una actividad conjunta”; a través de la participación, las diferentes experiencias, capacidades y el conocimiento de todos los involucrados pueden ser aprovechados.

Participación es un proceso donde por un lado se descubren las propias capacidades y se aprende a actuar en forma cada vez más autónoma, y por otro lado se aprende a aceptar otros puntos de vista y a delegar responsabilidades y poder. (DORSI GERMANN/EBERHARD GOHL)

3. Monitoreo de caudales

Según (Organización Internacional de Normalización, 1979), la evaluación de la cantidad de agua disponible es un prerrequisito para el desarrollo y administración del recurso hídrico. Sin información sobre el estado del agua resulta imposible la planificación y la gestión del recurso hídrico.

La realización del monitoreo de los recursos hídricos debe contribuir a:

- Diseñar planes hídricos nacionales y locales
- Articular en forma coherente la oferta y la demanda
- Ajustar y aplicar las estrategias para conservar y proteger el recurso
- Garantizar la cantidad y calidad del recurso
- Mejorar las estrategias de intervención y gestión
- Garantizar un uso eficiente y racional del agua
- Promover un acceso y uso equitativo del agua
- Mejorar las inversiones en los diversos sectores usuarios de este recurso
- Generar opinión pública sobre prioridades, problemas y alternativas

Se requiere de información actualizada para promover una gestión sustentable, equitativa y concertada de los recursos hídricos.

a. **Medición del caudal**

Según UCHILE (2005), la medición del caudal es importante, puesto que a través de él se cuantifica la oferta hídrica, se evalúa la disponibilidad del recurso hídrico y se planifica la respectiva gestión de la cuenca.

El caudal (Q) se define como el volumen de agua (V), que pasa por una sección en un determinado tiempo (t) es decir:

$$Q = \frac{V}{t}$$

b. Medición del caudal por el método del flotador

Según IDEAN (2002), el método del flotador se utiliza en los canales y acequias y da sólo una medida aproximada de los caudales. Su uso es limitado debido a que los valores que se obtienen son estimativos del caudal, siendo necesario el uso de otros métodos cuando se requiere una mayor precisión.

1) Procedimiento para la medición del caudal por el método del flotador

Se elige un tramo del canal que sea recto y de sección transversal uniforme, de alrededor de 30 metros de largo, donde el agua escurra libremente.

Se marca en el terreno la longitud elegida y se toma el tiempo que demora el flotador en recorrerla, con el fin de conocer la velocidad que lleva el agua en esa sección (Fig. 1).

Como flotador se puede usar cualquier objeto que sea capaz de permanecer suspendido en el agua, como un trozo de madera, corcho u otro material similar, que no ofrezca gran resistencia al contacto con el aire y que se deje arrastrar fácilmente por la corriente de agua.

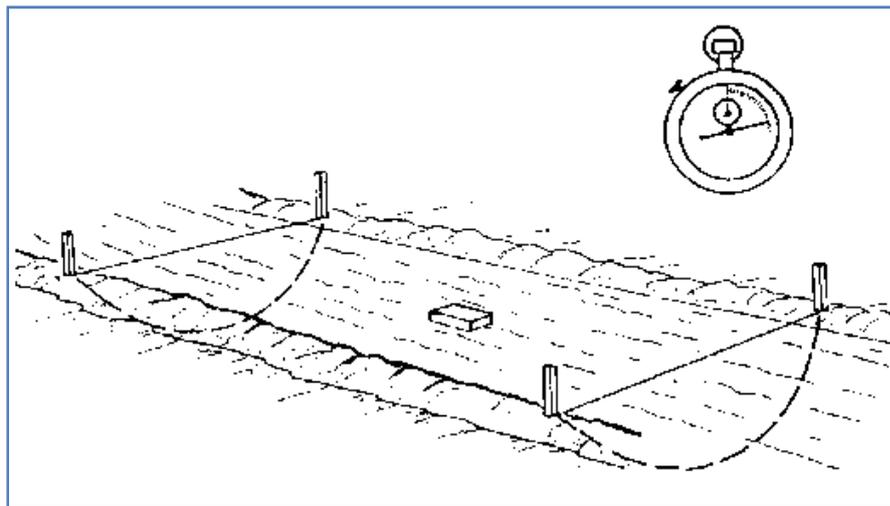


Figura 1. Medición de caudal mediante el método del flotador.

2) Cálculo de la velocidad

Para conocer la velocidad del agua deberá dividirse el largo de la sección elegida, en metros, por el tiempo que demoró el flotador en recorrerla, expresado en segundos, como se indica en la siguiente relación.

$$v = \frac{\text{Longitud de la sección (m)}}{\text{Tiempo que demoró el flotador (s)}} = (m/s)$$

El paso siguiente es determinar el área promedio del canal (sección transversal del canal).

3) Determinación del área del canal

Se multiplica el ancho promedio del canal por su profundidad, con todas las medidas expresadas en metros (ver Figura 2)

$$A = \frac{(a + b)}{2} \times h$$

h = se obtiene del promedio de las alturas de agua a lo largo del canal en el sector elegido.

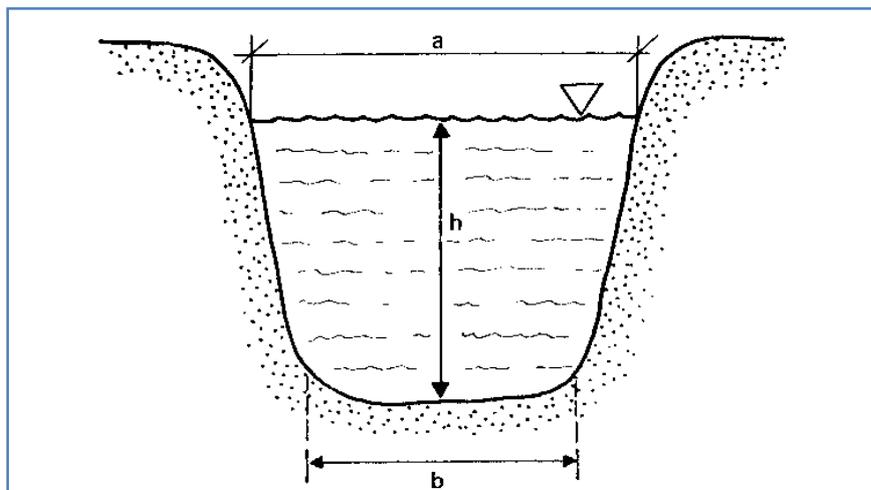


Figura 2. Medidas necesarias para determinar el área de un canal.

4) Cálculo del caudal

Conocida la velocidad (V) del agua y el área (A) del canal, se aplica la siguiente fórmula para calcular el caudal (Q):

$$Q = A \times V \times 0.850$$

Factor de corrección = 0.85

Donde:

Q = caudal en l/s

A = área del canal en m²

V = Velocidad en m/s

c. Medición del caudal por el método de molinete

Según SANCHEZ J (2000), el procedimiento se basa en medir la velocidad del agua y aplicar la ecuación:

$$Q = V \times A \times C$$

$$Q \text{ (m}^3\text{/s)} = V \text{ (m/s)} \times A \text{ (m}^2\text{)}$$

1) Definición de molinete

El molinete es un instrumento para medir velocidades de flujo en puntos distintos de la sección en canales abiertos y en tuberías. Se le asigna cada lectura de velocidad a una subsección de la sección total, y se calculan caudales de cada subsección por el método de “velocidad-área”. El caudal total de la sección es la sumatoria de los caudales calculados de cada subsección. Para cada caudal y cada aforo en un canal o en un río, se puede anotar la elevación de la superficie de agua, de manera que con varios aforos se puede desarrollar una curva de elevación vs. Caudal. Cuando se tienen suficientes aforos a diferentes

caudales se puede usar el sitio como estación de aforo con un limnómetro (Equipo de la USU – MAG/BIRF 3730 EC).

2) Tipos de molinete

Según (Equipo de la USU – MAG/BIRF 3730 EC), existen muchas compañías que producen varios tipos de molinetes tales como:

- Una de las innovaciones más recientes es el **molinete del tipo electromagnético**.
 - Otros son los **medidores ultrasónicos, tipo Doppler y “rayo óptico”**
 - Los **molinetes de aspas o de copas** (como el anemómetro) que giran, pueden contar con un eje vertical o uno horizontal
 - Los de **eje vertical** tienen un diseño más sencillo, son más resistentes y más fáciles de mantener que los de **eje horizontal**. Debido al tipo de cojinete, los molinetes de eje vertical pueden funcionar en corrientes de más baja velocidad
- Los molinetes de eje horizontal cuentan con una aspa, la cual interfiere menos con la corriente debido a la simetría axial en la dirección del flujo, comparado con los de eje vertical, este tipo de molinete no se enreda tanto en vegetación y objetos en el agua
- Molinetes del **tipo electromagnético** tienen un sensor y una pantalla que muestra la velocidad del punto de aforo. Este tipo de molinete funciona bajo los principios de inducción electromagnética, el cual produce un voltaje cuando un conductor pasa por un campo magnético. La magnitud del voltaje producido es proporcional a la velocidad del flujo del agua pasando por el sensor del molinete. Por eso, el sensor debe estar alineado para que el flujo entre de frente y no sesgado

3) Métodos para medir velocidades

Según (Equipo de la USU – MAG/BIRF 3730 EC), existen varios métodos para medir velocidades en canales abiertos con el uso del molinete, a continuación se detallan algunos de estos:

a) Método de velocidad vertical

El método más completo para establecer la velocidad promedio en una sección vertical es el de tomar una serie de lecturas a varias profundidades. Típicamente, se coloca el molinete a una profundidad de un décimo de la profundidad total, luego a dos décimos, etc., hasta llegar a nueve décimos.

Son de importancia particular las velocidades a las profundidades de 0.2 y 0.8 porque estas se aplican en métodos más sencillos. Cuando este proceso se termina para varias secciones verticales se grafican los datos, con la profundidad relativa en el eje vertical y la velocidad en la abscisa.

De las curvas en el gráfico se puede deducir la velocidad promedio de cada sección vertical. Este método puede dar muy buena precisión, pero toma bastante tiempo comparado con otros métodos más sencillos. Sin embargo, con este método se pueden verificar la validez de los métodos más sencillos en un caso y sitio dado.

b) Método de dos puntos

Este método se basa en varias décadas de experiencia y es el más común para determinar la velocidad promedio en una sección vertical.

Se toman dos lecturas de velocidad: una a una profundidad relativa de 0.2 y otra a 0.8, luego se calcula el promedio de las dos lecturas para estimar la velocidad promedio de la vertical

$$\frac{v_{0.2} + v_{0.8}}{2}$$

En una sección de tramo recto en un canal abierto, la velocidad máxima suele ocurrir en el centro de la sección, y entre la superficie y la profundidad promedio

En algunos casos en el campo, el perfil de la velocidad en la sección se encuentra distorsionado, por ejemplo, la velocidad en la superficie o en el fondo del canal aguas abajo de una estructura puede ser mucho mayor que en secciones más típicas

El método de dos puntos no da la velocidad promedio real cuando el perfil de velocidad está fuera de lo normal. En estos casos se debería usar el método de “velocidad vertical” para establecer la velocidad promedio

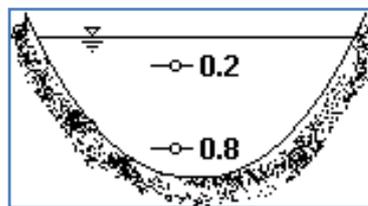


Figura 3. Método de dos puntos para el cálculo de la velocidad.

c) Método de Seis Décimos

Para corrientes no muy profundas, es decir, menos de aproximadamente 75 cm, se puede usar el método de seis décimos.

Se toma una sola lectura de velocidad con el molinete a una profundidad relativa de 0.6 m desde la superficie y se asume que esta lectura representa la velocidad promedio en la vertical.

En canales de riego se puede usar este método para la primera lectura, cerca de la orilla, donde la profundidad es mínima, luego usando el método de dos puntos más adentro de la sección.

En casos donde la profundidad es menos de unos 75 cm por todo el ancho de la sección de aforo, este método puede ser aplicado para todas las lecturas; sin embargo, se pueden esperar errores mayores del 10% en la estimación del caudal total en la sección

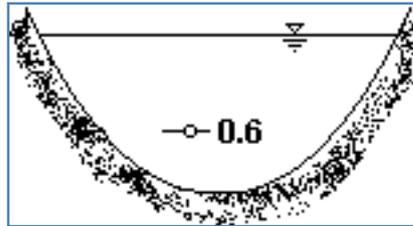


Figura 4. Método de seis décimos para medir la velocidad.

d) Método de Tres Puntos

Este método es como una combinación de los dos anteriores, en el cual se miden las velocidades en una vertical a las siguientes profundidades relativas (desde la superficie): 0.2, 0.6 y 0.8

La velocidad promedio de la vertical se define como el promedio de los valores obtenidos por los dos métodos anteriores, como se presenta en la ecuación:

$$V_{\text{prom}} = \frac{V_{0.2} + V_{0.6} + V_{0.8}}{3}$$

e) Método de Integración

Este método involucra la experiencia de un técnico para lentamente subir y bajar el molinete en una sección vertical, a manera de determinar la velocidad promedio del sitio.

El resultado es una “integración” de las diferentes velocidades en la vertical, y se multiplica la velocidad promedio por el área de la subsección para determinar el componente de caudal.

Puede haber grandes errores con este método y por eso se recomienda sólo para revisiones rápidas del caudal

4) Selección de la sección de aforo

Según (Equipo de la USU – MAG/BIRF 3730 EC), el criterio comúnmente usado en seleccionar la sección para el aforo es que debe ser localizada en un tramo recto, donde existan líneas paralelas de flujo. Además, se deben evitar las secciones con remolinos y turbulencia.

También, se debe evitar cuando sea posible secciones que tengan agua inmóvil en cualquiera de las orillas.

Otro criterio importante es evitar secciones donde hay poca profundidad de agua (a excepción de las orillas) y donde las velocidades de flujo son muy bajas.

Algunos expertos recomiendan que la profundidad de flujo debiera de ser mayor que 15 cm de profundidad y la velocidad debería exceder los 15 cm/seg para poder obtener buena precisión en la medida de velocidad del flujo.

La sección deberá estar libre de malezas que pudiera interferir con el molinete. También, una sección irregular afectará los perfiles de velocidad.

Finalmente, se prefiere una sección donde la base del canal no sea irregular de manera que el área de la sección transversal sea determinada con precisión

5) Subdivisión de la Sección

Según (Equipo de la USU – MAG/BIRF 3730 EC), el medidor de flujo es usado para medir la velocidad media de cada vertical de la sección transversal.

En adición, el espaciamiento de las verticales es usado para determinar el área de la subsección transversal, en donde el área de ésta es definida por las dos verticales sucesivas.

La sección transversal sujeta a la medida debería ser subdividida en 20 o más verticales para un canal con una base uniforme.

Para un canal de base irregular, se necesitan más verticales, no sólo para definir mejor el área de la sección transversal, sino también para evitar variaciones en la distribución de la velocidad de flujo.

Al mismo tiempo no necesitan estar espaciadas a menos de 0.30 m, cruzando el ancho del canal.

Un ejemplo de la sección transversal para un canal de tierra, con una pared vertical en una orilla, se muestra en la figura 5.

Las verticales más importantes para definir el área de la sección transversal se muestran en ésta figura 5.

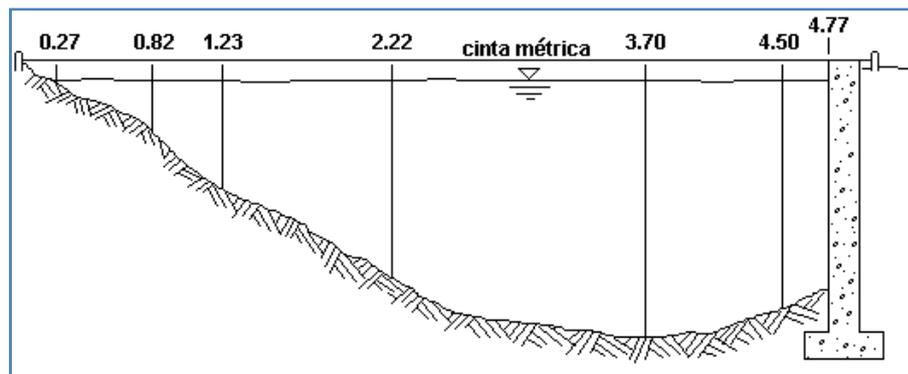


Figura 5. Sección en un canal, mostrando la localización de las verticales más importantes

6) Medición de la Profundidad del Agua

La profundidad del agua deberá ser conocida en cada vertical, para poder calcular el área de la sección transversal para cada par de subsecciones adyacentes, una a cada lado de la vertical.

Una determinación precisa de las áreas de flujo en las subsecciones es tan importante como medidas precisas de velocidad porque estos se multiplican para determinar el caudal de la subsección.

Las mayores fuentes de error en la medida de la profundidad del agua son:

- Una base irregular del canal; y
- Una base de canal con mucho sedimento, de tal manera que el estadal que sostiene al medidor se hunde en el material, dando una profundidad de agua mayor que la real.

Otra fuente de error puede ocurrir cuando al hacer una lectura la elevación del agua aguas arriba cambia por la obstrucción del estadal, por lo anterior se requiere que el técnico tome en cuenta la diferencia al hacer la lectura. (Equipo de la USU – MAG/BIRF 3730 EC).

B. CUENCA HIDROGRÁFICA.

Superficie delimitada geográficamente por la línea de cumbre, permitiendo que el agua lluvia escurra hacia un cauce natural y de este a su desembocadura.

Área donde se desarrolla el flujo hídrico, cuyo comportamiento depende de la intensidad de las precipitaciones, tipo de suelo, vegetación y uso de los Recursos Naturales que el hombre ejecuta sobre ellos. (JIMÉNEZ, F. 2005).

1. Definición de Cuenca Hidrográfica

Es un área enmarcada en los límites naturales, cuyo relieve permite la recepción de las corrientes de aguas superficiales y subterráneas que se vierten a partir de las líneas divisorias o de cumbre. (ALFARO, C. 2004)

Las Cuencas Hidrográficas son los espacios geográficos, cuyos límites inician en las partes altas de las montañas - conocidos como "parteaguas" y terminan en donde el agua de las precipitaciones que corren por un río principal llega al mar, lagos o embalses artificiales. (JIMÉNEZ, F. 2005).

Sistema de vertientes forestales que canalizan el aporte hídrico de la precipitación pluvial y la humedad capturada de las nubes y neblina, en un solo sistema de drenaje que constituye siempre un curso fluvial o río. (SARMIENTO, 2001)

2. División de las Cuencas Hidrográficas

a. Cuenca Principal

Es aquella en que el cuerpo principal de agua desemboca directamente al océano. Es el río más importante de la cuenca. En él van todas las aguas y los sedimentos.

b. Subcuenca Hidrográfica

Se denomina Subcuenca aquellas subdivisiones principales de las cuencas, donde las aguas superficiales y subterráneas alimentan a las cuencas, por lo general las componen aquellas cuencas de segundo orden en adelante.

Una Subcuenca está delimitada por la divisoria de aguas de un afluente, que forma parte de otra cuenca, que es la del cauce principal al que fluyen las aguas. (ALFARO, C. 2004).

c. Microcuenca Hidrográfica

Las microcuencas son unidades geográficas menores, son superficies que cual células se juntan para formar los tejidos o subcuencas, estas a su vez se unen para formar los órganos que serían las cuencas y estas para formar el cuerpo o las grandes cuencas u hoyas. Las microcuencas son cuencas de pocas hectáreas, generalmente usadas con fines de investigación.

La microcuenca, es una agrupación de pequeñas áreas de una subcuenca o de parte de ella. (ALFARO, C. 2004).

3. Microcuenca del Río Guargualla

Según YEPEZ, O (2004), los páramos de la cuenca alta del río Guaguallá (zona de amortiguamiento y parte del Parque Nacional Sangay), está ubicado en la zona centro oriental del Ecuador, bajo la jurisdicción de la provincia de Chimborazo.

La microcuenca ocupa dos zonas de vida según la clasificación de Holdridge: Bosque húmedo Premontano (bh – PM) y Bosque húmedo Montano (bh – M), cuya altitud más baja se ubica a 2800 msnm y la más alta a 4500msnm, con precipitaciones promedio de 909 mm anuales. El área presenta un clima frío, ventoso y lluvioso, con influencias del régimen de la zona oriental y una temperatura promedio de 8 grados centígrados.

La red hídrica está conformada por el cauce natural del río Guaguallá, que se alimenta del Río Yulumpala por el margen izquierdo y la quebrada Shaygua por el margen derecho. Estos afluentes reciben a su vez las aguas de varias quebradas de menor caudal.

Cabe anotar también que quienes usan los páramos de la zona identifican dos zonas latitudinales: alta o de páramo propiamente dicho, que cubre la mayor parte de territorio, y bajo o de uso agropecuario.

La zona alta, se caracteriza por poseer abundantes ojos de agua, humedales, aguas ferrosas, destacándose una buena retención hídrica (esponja natural).

C. CARACTERIZACION DE LA ZONA DE ESTUDIO.

1. Relieve.

El área de estudio comprende tres tipos de paisaje según Winckell Alain (1995); estos son paisajes glaciares típicos, paisajes de páramo, y vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas.

Los paisajes glaciares típicos tienen una cobertura importante y uniforme de proyección de cenizas reciente, con excepción de las pendientes más acentuadas sobre las cuales no pudieron mantenerse (picos y agujas rocosas, flancos de circos). Los suelos son desarrollados a partir de capas de piroclastos de gran espesor, son andosoles desaturados humíferos y negros.

Los paisajes de páramo se componen esencialmente de cimas contextuali onduladas y rebajas con cumbres anchas redondeadas y aplanadas, de donde emergen espinazos rocosos. Sus vertientes tienen débiles pendientes convexo-cóncavas, que se enlazan suavemente con hondonadas; estas últimas pueden estar representadas por acumulaciones coluviales.

Se caracteriza por la presencia de la cobertura continua de cenizas recientes, negruzcas postglaciares, con espesores que varían de algunos decímetros a varios metros. Las vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas corresponde a paisajes con cobertura de proyecciones piroclásticas, los relieves son moderados a fuertes con andosoles desaturados, las vertientes superiores son disectadas por barrancos.

2. Geomorfología

Geomorfológicamente la micro cuenca del Río Guargualla se encuentran en cuatro grandes unidades:

- Superficies planas: Corresponde a áreas con cimas redondeadas. Se encuentran en los sectores de los Páramos de Salerón, Rodeopamba, Quillucaca, Piedra de Salerón.
- Colinas (Vertientes): Unidad caracterizada por la presencia de pendientes fuertes a medianamente fuertes, aquí se ubican los poblados de Shanaycun, Bazán, Bazán Grande y Gosoy.
- Zonas erosionadas: Zonas sometidas a diferentes procesos de erosión correspondiendo a gran parte del área de estudio y que comprende los cerros el Timbo, Shisha, Chanchan, Caumote.

- Rocas: La característica principal de ésta unidad es la exposición de la roca madre en las cimas de las montañas como por ejemplo, las lomas Bayo, Alba Kaka y Quilloto que limitan la micro cuenca por el occidente.

3. Clima.

Para la descripción del clima se emplea la clasificación propuesta por Pierre Pourrut (1995), en base al régimen anual de las precipitaciones, y los rangos de temperaturas medias anuales. El clima de la micro cuenca es ecuatorial frío de alta montaña; el que se sitúa por encima de los 3.000 m.s.n.m. La altura y la exposición son los factores que condicionan los valores de las temperaturas y las lluvias. Las temperaturas máximas rara vez sobrepasan los 20 °C, las mínimas tienen sin excepción valores inferiores a 0° C y las medias anuales, aunque muy variables, fluctúan casi siempre entre 4 y 8 ° C. La gama de los totales pluviométricos anuales va de 800 a 2.000 mm y la mayoría de las lluvias son de larga duración pero de baja intensidad. La humedad relativa es siempre superior al 80 %.

C. OFERTA HIDRICA

1. Oferta hídrica

Según (www.educ.com) la oferta hídrica es el agua que nos ofrece la naturaleza para utilizarla en nuestra vida y en nuestras actividades productivas.

Las ofertas hídricas naturales más conocidas son:

- El agua que proviene de la atmosfera en forma de lluvia, nieve, neblina, rocío y humedad ambiental.
- El agua que está en la superficie del relieve de los ríos, arroyos, lagos y lagunas.
- El agua que está debajo de la superficie terrestre, constituyendo depósitos subterráneos (acuíferos), que aflora eventualmente en forma de vertientes,

manantiales, ojos de agua u otras denominaciones que recibe el mismo fenómeno en distintas regiones.

a. Oferta real

Una vez realizado el proceso de identificar las fuentes posibles de agua se debe efectuar un trabajo para aproximarnos, en pasos sucesivos, a saber cuál es la oferta hídrica real de la cual dispone la comunidad.

Esto significa poder dar dimensiones concretas a cada fuente identificada. Por ejemplo:

- 1). Para lluvia es necesario conocer cuando llueve, como llueve, el ritmo de las estaciones secas y lluviosas.
- 2). En los ríos o arroyos, interesa conocer cuánta agua llevan en su cauce; cuando esta se presenta en mayor o menor cantidad; si se saca o no, y en que épocas;
- 3). Lagos y lagunas: son también posibles fuentes de agua de mayor o menor utilidad práctica, conforme a su localización en el paisaje.
- 4). Pozos y perforaciones, se realiza un bombeo de los pozos y se mide el agua que de ellos se puede extraer. La calidad del agua es un parámetro muy importante a conocer, pues generalmente sus aguas tienen un mayor contenido de sales.
- 5). La comunidad en su conjunto debe ir avanzando desde el "no conocimiento" de la oferta hídrica real, hacia el "conocimiento" de la misma.

Según IDEAM (2002), la Oferta hídrica se basa fundamentalmente en la ecuación del balance hídrico:

$$P - \text{Esc}_{\text{super}} - \text{Esc}_{\text{subte}} - \text{ETR} - \text{H}_{\text{suelo}} - \text{H}_{\text{veg}} \pm \Delta S \pm \Delta_{\text{er}} = 0$$

Donde:

| | |
|------------------------------|---------------------------------------|
| P : | Precipitación |
| Esc_{super} : | Escorrentía superficial |
| Esc_{subte} : | Escorrentía subterránea |
| ETR : | Evapotranspiración real |
| H_{suelo} : | Variación de humedad del suelo |
| H_{veg} : | Variación de humedad de la vegetación |
| ΔS : | Almacenamiento |
| Δ_{er} : | Término residual de discrepancia |

Esta ecuación es también conocida como de continuidad y es la aplicación del principio de conservación de masa, en donde se establece que para cualquier volumen arbitrario y durante un determinado tiempo, la diferencia entre las entradas y las salidas está condicionada por la variación del volumen de agua almacenado.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS.

A. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR

1. Aspectos Generales

Este documento, presenta la investigación realizada en la Microcuenca del Rio Guargualla, en donde se realizo el establecimiento de una red de monitoreo de caudales en los principales afluentes que alimentan al Rio Guargualla, con lo cual es posible obtener la oferta hídrica total y de cada afluente, durante el tiempo de este estudio. También, se presenta una caracterización de los ecosistemas que rodean a cada afluente y de la microcuenca en general, para identificar las áreas influenciadas por las actividades antrópicas y justificar los cauces de agua generados en el área de trabajo.

Considerando, que la Microcuenca del Rio Guargualla, es una zona de amortiguamiento del Parque Nacional Sangay, y además es una de las puertas de entrada a esta área protegida; está constituida por una biodiversidad típica de la zona de paramos andinos, en cuanto a fauna y flora, por lo que su estudio es importante ya que constituye una de las bellezas escénicas del mundo.

La zona de estudio está comprendida, por distintas asociaciones y comunidades, que por derecho habitan y son dueños de las partes altas de la microcuenca (paramos); para esta investigación se han tomado en cuenta las siguientes:

2. Localización

La zona del presente estudio de investigación comprende la Microcuenca del Rio Guargualla, la misma que se encuentra ubicada en la sierra central del Ecuador dentro de la Provincia de Chimborazo, en los cantones de Riobamba y Guamote, cubriendo parte de las parroquias de Pungala y Cebadas respectivamente.

La Microcuenca limita, al Norte: con la Parroquia Pungalá (Cantón Riobamba); al Sur: con la Parroquia Cebadas (Cantón Guamote); al Este: La Provincia de Morona Santiago; y al Oeste: con la Parroquia Cebadas (Cantón Guamote)¹, (ANEXO 1).

La Microcuenca en su conjunto tiene una superficie de 19746 hectareas.

2. Ubicación geográfica²

El Río Guargualla se encuentra ubicado en las Parroquias Pungalá y Cebadas, Cantón Riobamba y Guamote respectivamente, Provincia de Chimborazo, cuyas coordenada planas (UTM) se muestran a continuación:

Latitud: 774 268

Longitud: 9 784 345

Altitud (m.s.n.m): 2880 – 4400

3. Características climáticas³

Temperatura: 4 y 8 ° C

Precipitación: 800 a 2.000 mm

4. Clasificación ecológica⁴

La Micro cuenca ocupa dos zonas de vida de acuerdo a la clasificación Holdridge: Bosque húmedo premontano (bh-PM) y Bosque húmedo Montano (bh-M)”.

¹ **Fuente:** SIG Recursos hídricos Chimborazo.

² **Fuente:** SIG Recursos Hídricos Chimborazo

³ **Fuente:** SIG Recursos Hídricos Chimborazo

⁴ **Fuente:** SIG Recursos Hídricos Chimborazo

B. MATERIALES

1. Materiales de Campo

Manual de monitoreo de caudales, formularios, libreta de campo, baterías, pilas, cargador de baterías, botas de caucho, boyas, cuerda, pintura, estacas, ropa impermeable, linterna, cinta aislante, cinta métrica, folletos informativos, bolígrafo, cronómetro, calculadora, papel bond, lápiz.

2. Equipos

Molinete SEBA Universal Current Meter F1 No. 2308, hélice de diámetro 80 mm, hélice de diámetro 125 mm, molinete Ingles de lectura directa, altímetro, clinómetro, cámara fotográfica digital, computadora, GPS.

C. METODOLOGÍA

1. Fase Logística.

a. Acercamiento con los actores involucrados en el estudio.

Se identifico, a las instituciones que se encuentran trabajando en la zona de estudio, que en este caso son: CESA, INAR y ECOPAR, a los mismos que se les sociabilizo la propuesta de trabajo en la Microcuenca del Rio Guargualla, luego de ciertos ajustes metodológicos se planifico las acciones a realizarse para la ejecución del trabajo.

b. Sociabilización con los actores locales.

Mediante la planificación antes realizada con las instituciones, se logro involucrar a los líderes comunitarios, de tal forma de que estos permitan el acercamiento con los actores locales, por medio de reuniones en las comunidades. En estas reuniones, se presento la idea

y las actividades a llevarse a cabo en la microcuenca, buscando la participación de los actores locales en las actividades planificadas.

c. Reuniones con organismos vinculados al proyecto

Mediante reuniones de seguimiento con los organismos vinculados a este trabajo (CESA, INAR, ECOPAR, Consorcio GLOWS y Fundación Natura), se dio a conocer los avances del trabajo realizado en el campo y además se discutieron algunos de los resultados que se obtuvieron durante el desarrollo de la investigación.

2. Para el cumplimiento del primer objetivo

a. Planeación participativa.

1). Presentación del estudio ante los actores locales de la parte alta y baja de la Microcuenca

Se visitó la Comunidad Guargualla Chico, conjuntamente con las instituciones que trabajan en la zona (CESA, INAR), con el fin de realizar un reconocimiento inicial de la zona de estudio, se conversó con el presidente de la Asociación Azaraty para comunicarle las intenciones del estudio y fijar una fecha para la presentación del trabajo a realizar ante toda la asamblea de la asociación.

En la fecha establecida, se visitó la sede de la Asociación Azaraty, en donde fuimos recibidos por los dirigentes de la Asociación y la Asamblea conformada por los actores locales de la Microcuenca entre ellos estuvieron representantes de la Asociación Yulumpala que de igual manera participan en este trabajo, en esta reunión también participaron representantes, de las instituciones antes mencionadas. Luego de la presentación respectiva, se dio a conocer el trabajo que se estaba realizando (Plan de Ordenamiento Territorial) y lo que se trataba de realizar a futuro que en este caso es el monitoreo participativo de los caudales en los afluentes principales del Río Guargualla.

Una vez realizada la propuesta de trabajo a la Asamblea de las Asociaciones Asaraty y Yulumpala, se obtuvo la aceptación para poder empezar con la ejecución del estudio, con lo cual se pudo planificar fechas para las salidas o recorridos sobre la zona y otras actividades a desarrollarse participativamente.

Se realizó, la sociabilización del trabajo a ejecutar, en las comunidades de la parte baja de la microcuenca (Gosoy San Luis y Gosoy San Alberto), ya que también se tomaron en cuenta sitios de monitoreo de caudal en esta parte de la microcuenca. De igual manera se planeo las actividades a realizar durante la realización del estudio. (ANEXO 2.)

2) Puntos de monitoreo

2.1) Recorridos para el reconocimiento de los sitios de monitoreo.

El reconocimiento de los puntos de monitoreo, en la parte alta de la microcuenca, se la realizó con la participación de los actores locales de la Asociación Azaraty y la Asociación Yulumpala y los organismos vinculados al estudio.

En este reconocimiento se definió los puntos donde se realizara la medición periódica de los caudales. La parte alta de la microcuenca se considera desde la Bocatoma del Sistema de Riego Guargualla Licto por estar sobre los 3000 msnm, dicho sitio se considero como punto de monitoreo, desde este lugar se considero a los afluentes principales que desembocan en el Rio Guargualla aguas arriba tanto del margen derecho como del izquierdo.

En la parte baja de la microcuenca, se considero dos puntos para la medición de caudales, en acuerdo con los habitantes de las comunidades Gosoy San Luis y Gosoy San Alberto. (ANEXO 3)

2.2) Información geográfica de los puntos de monitoreo.

En la definición, de los puntos de monitoreo se levanto la información geográfica de cada sitio de estudio.

De los recorridos realizados por toda la Microcuenca del Rio Guargualla, se tomaron 12 puntos, para la ejecución de los aforos correspondientes.

Cuadro 1. Información de los puntos de monitoreo de la Microcuenca del Rio Guargualla.

| Código | Identificación | Longitud | Latitud | Altura (msnm) | Observación |
|---------------|---|-----------------|----------------|----------------------|--|
| H-789 | Punto Estación Hidrométrica INAMHI | 766508 | 9793354 | 2813 | Punto en el R. Guargualla |
| QH | Quebrada Huancon | 768050 | 9789883 | 3100 | Afluente secundario |
| BSRGL | Punto Bocatoma Sistema Riego Guargualla Licto | 773404 | 9790063 | 3057 | Punto en el R. Guargualla |
| RZ | Rio Zanampala | 774105 | 9789972 | 3180 | Afluente principal al R. Guargualla |
| QR | Quebrada Rumipamba | 773605 | 9786877 | 3240 | Afluente secundario |
| RS | Rio Shaigua | 774013 | 9786261 | 3242 | Afluente principal al R. Guargualla |
| RY | Rio Yulumpala | 773941 | 9786306 | 3245 | Afluente principal al R. Guargualla |
| QY | Quebrada Yuracrumi | 774217 | 9783960 | 3322.5 | Afluente al R. Yulumpala |
| RT | Rio Tambillo | 775189 | 9782632 | 3368 | Afluente al R. Yulumpala |
| RM | Rio Mishahuanchi | 775186 | 9782626 | 3368 | Afluente al R. Yulumpala |
| QC | Quebrada Calalanda | 776146 | 9780331 | 3496 | Afluente al R. Mishahuanchi |
| QT | Quebrada Tablameza | 776180 | 9780407 | 3493.5 | Afluente al R. Mishahuanchi |

Fuente: Tapia C (2009)

2.3) Definición de los puntos principales y secundarios de monitoreo.

De los puntos de monitoreo mostrados en el Cuadro 1. De los cuales algunos de ellos son **principales** puntos de aforo y otros son **secundarios**, dentro de este estudio.

a) Puntos principales de monitoreo

Se consideran puntos principales de monitoreo, debido a que son afluentes o puntos estratégicos dentro del Rio. En dichos puntos se realizo un monitoreo permanente de los caudales durante el tiempo de ejecución de la investigación. Estos son puntos que

constituyen la **red hídrica** de este estudio y que están ubicados según la cartografía base dentro del área de influencia del Río Guargualla. (ANEXO 4.)

b) Puntos secundarios de monitoreo

En la microcuenca también existen afluentes secundarios o menores, y para poder caracterizar de mejor manera a toda la microcuenca, en este estudio se decidió realizar uno o dos aforos de acuerdo a disposición del tiempo y de la accesibilidad al punto. (ANEXO 4).

c. Elaboración de los mapas temáticos.

1) Utilización de la información recopilada en el campo

Con la información recolectada durante los recorridos de campo, se definió los puntos a tomar en cuenta para el monitoreo de caudales de acuerdo a su importancia para el estudio. La información que se muestra en el Cuadro 1, servirá para la elaboración de los mapas temáticos.

2) Discusión para la elaboración de los mapas temáticos.

Se discutió la información recopilada en el campo, con las instituciones que apoyan el estudio (CESA, INAR y ECOPAR), para quedar de acuerdo en los puntos que van a constituir la **red de monitoreo de caudales** (Puntos principales de monitoreo), y los puntos que se van a tomar en cuenta, pero considerados como Puntos secundarios para el estudio.

Con estas aclaraciones realizadas conjuntamente, se elaboran los mapas temáticos que ilustran la ubicación de la red de monitoreo participativo de caudales del Río Guargualla y otros puntos que caracterizan la microcuenca. (ANEXO 4).

c. Instalación de la Red de Monitoreo de caudales.

La Red de monitoreo de caudales de la Microcuenca del Río Guargualla comprende los puntos principales de monitoreo, mencionados anteriormente. Para la instalación de esta Red se ejecuto los siguientes procedimientos.

1) Selección del sitio

Para la instalación de la red de monitoreo, se recorrió el sitio de cada punto de monitoreo, para determinar el lugar adecuado para la realización de los aforos permanentes y dejar instalada la regleta graduada que permitirá la lectura de los niveles de agua.

Este sitio, tiene que tener características que en lo posible sostengan que el ancho de la sección y el flujo hídrico sea uniforme en un tramo de algunos metros

2) Aforamiento

Para instalar la red de monitoreo de caudales, fue necesario realizar un primer aforamiento en cada punto de estudio, para lo cual se realizo el siguiente procedimiento. (ANEXO 5)

2.1) Medición de la sección transversal

Este procedimiento, involucra medir el ancho del rio y de acuerdo a este realizar la división la sección del Rio en subsecciones, considerando de que el numero de subsecciones que se deben obtener va de acuerdo al ancho de la sección, es decir que a mayor ancho del rio mayor numero de subsecciones se deben obtener.

2.2) Medición del Tirante

La medición de las profundidades de la sección transversal del rio, se la realizo en cada subsección, con la utilización de un tubo graduado que integra el kit del molinete. El tirante, corresponde a la medida entre el lecho del rio y el espejo de agua.

Estas mediciones son útiles para el cálculo del área de la sección del río y para calcular la ubicación en la que vamos a ubicar el molinete, para determinar la velocidad de la corriente.

2.3) Calculo de la Velocidad

Este cálculo, se lo realizo con la utilización del Molinete SEBA Universal Current Meter F1 No. 2308, facilitado por el INAR.

Para la determinación de la velocidad, se hizo lecturas con el molinete en cada subsección ubicando el aparato en el mismo punto donde se tomo la información del tirante, y se realizan 3 repeticiones de las lecturas ubicando el molinete al 20%, 60% y 80% de la medida que de tirante correspondiente.

Las lecturas que se obtienen con el molinete se dan en revoluciones/segundo, cada lectura resulta en un tiempo de 30 segundos en el cual el molinete permanece inmerso en el agua recogiendo información, este dato hay que llevarlo a m/s con la utilización de la formula que presenta el catalogo del molinete.

Para utilizar la formula de velocidad presentada en el catalogo, primero se debe obtener el valor (n):

$$n = \frac{\# \text{ de revoluciones}}{30 \text{ segundos}}$$

El valor (n) es adimensional, y se calcula dividiendo el numero de revoluciones registradas en el lector electrónico que posee el molinete, para 30 segundos que es el tiempo de acción del instrumento en el agua.

Con el valor n, es posible utilizar las siguientes formulas para determinar la velocidad al 20%, 60% y 80% de la medida del tirante en cada subsección.

| | | | |
|----|----------------------|-----------|----------------------------------|
| Si | $0.00 < \eta < 1.34$ | Entonces, | $\eta = 0.0058 + 0.2569 * \eta$ |
| Si | $1.34 < \eta < 3.95$ | | $\eta = 0.0168 + 0.2487 * \eta$ |
| Si | $3.95 < \eta < 10$ | | $\eta = -0.0069 + 0.2547 * \eta$ |

La velocidad media de la subsección se obtiene con la siguiente fórmula, propuesta por la Organización Internacional de Normalización, (1979):

$$V_m = 0.25 (V_{0.2} + 2V_{0.6} + V_{0.8})$$

Donde:

V_m = Velocidad media

$V_{0.2}$ = Velocidad al 20% de la profundidad de la vertical

$V_{0.6}$ = Velocidad al 60% de la profundidad de la vertical

$V_{0.8}$ = Velocidad al 80% de la profundidad de la vertical

De igual manera, se obtiene la velocidad para cada subsección, que luego se procesaran en la obtención de caudal.

2.4) Determinación del Caudal (Q)

Para la determinación del caudal se utiliza la información que fue registrada en las hojas de campo y se aplico el método aritmético de sección media considerado por la Organización Internacional de Normalización, (1979), que consiste en lo siguiente:

Método de sección media: Se considera que la sección transversal está compuesta de un número de subsecciones, cada una de ellas limitadas por dos verticales adyacentes. Si V_1 es la velocidad media en la primera vertical y V_2 la velocidad media de la vertical adyacente, y si d_1 y d_2 representan las profundidades totales respectivas en las verticales 1 y 2, y b es la distancia horizontal entre las verticales, entonces el caudal Q del segmento será:

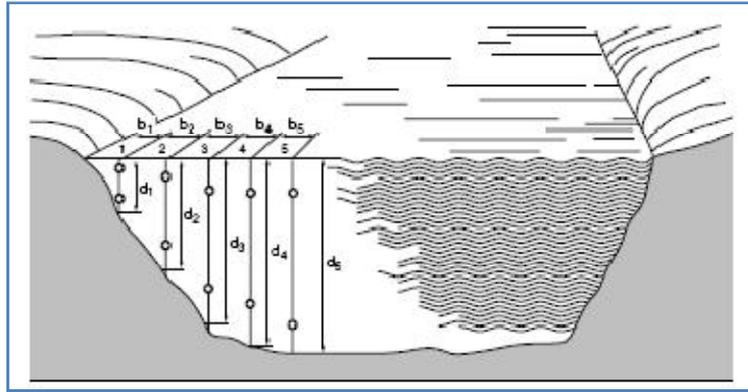


Figura 6. Vista transversal de un Río en el que se muestra los puntos de observación

$$Q = \frac{v_1 b_1 + v_2 b_2}{2} + \frac{v_3 b_3 + v_4 b_4}{2} + v_5 b_5$$

El caudal total, se obtiene sumando el resultado de los caudales parciales de cada subsección de la sección transversal.

Para la determinación del caudal se utilizaron todos los procedimientos mencionados, los mismos que han sido sintetizados en una hoja de cálculo que maneja el INAR Chimborazo.

3) Instalación de varillas graduadas en la red de monitoreo

Se utilizó varillas graduadas en las cuales cada división marcada con distinto color representa 10 cm, la longitud de la varilla varía de acuerdo al punto de monitoreo ya que la profundidad de los puntos no es uniforme. No en todos los sitios se utilizó la varilla graduada ya que en ciertos puntos de monitoreo fue posible dibujar una regleta con pintura.

Para graduar las varillas, se consideró la profundidad máxima registrada durante el aforamiento, de tal manera que la regleta debía ser enterrada en la orilla del río hasta esa profundidad o a su vez pintada al nivel de agua registrado.

La permanencia de la regleta es muy útil, para obtener datos periódicos de niveles de agua y posteriormente procesarlos a caudales. (ANEXO 6)

3. Para el cumplimiento del segundo objetivo

Establecer la oferta hídrica existente en los afluentes de la microcuenca, mediante aforos y el procesamiento de la información.

a. Aforamientos

Mediante salidas periódicas al campo, se efectuaron aforos al menos una vez por mes en cada punto principal de monitoreo, utilizando el molinete y la metodología antes descrita.

b. Obtención de datos periódicos de niveles de agua

Esta información se la obtuvo mediante la participación de los habitantes de las comunidades de la zona de estudio, para esto se capacitó a dos personas para que realicen la lectura frecuente de las regletas instaladas en cada lugar de monitoreo.

A las personas capacitadas, se les proporcionó de una libreta de campo para el registro de los niveles de agua, y de una cinta métrica para levantar la información. (ANEXO 7)

c. Procesamiento de la información levantada en el campo.

1) Elaboración de la curva de descarga

Para la elaboración de las curvas de descarga, se utilizó los datos de Caudal y Nivel medidos en cada aforamiento realizado en los puntos de monitoreo, siendo importante tener un mayor número de aforamientos en cada punto para obtener una curva más representativa.

La curva de descarga, representa el comportamiento del caudal del río en un periodo de tiempo, de acuerdo al nivel de agua que determine la regleta graduada.

Esta curva de descarga, presenta una ecuación la misma que permite utilizar los datos de niveles de agua, obtenidos mediante lecturas periódicas de la regleta instalada en todos los

puntos de monitoreo, de tal manera que reemplazando el valor del nivel de agua en la ecuación nos dan datos de caudales para la fecha y hora en que se realizo la lectura del nivel.

2) Elaboración de hidrogramas mensuales

Los hidrogramas mensuales, se elaboran con los datos de caudal obtenidos mediante el aforamiento o el procesamiento de los niveles en la curva de descarga de agua y las fechas en las que hizo el aforo o se realizo la lectura del nivel de agua en la regleta. Este procedimiento fue necesario realizarlo en cada punto principal de monitoreo.

El análisis grafico de los hidrogramas, permite visualizar el caudal máximo y mínimo que se presenta en el transcurso del mes y de igual manera se puede determinar cuál es el caudal promedio para el mes en cuestión.

3) Comportamiento mensual de los caudales.

Realizado el análisis de los hidrogramas mensuales en cada punto de monitoreo, se utilizo, los caudales promedios mensuales, de tal manera que se pueda usar estos datos para representarlos en un grafico, el cual nos muestre el comportamiento del caudal del punto de monitoreo durante los meses en que se realizo la investigación.

4) Análisis de la Precipitación.

Se coloco un pluviómetro en la zona de recarga hídrica de los puntos principales de monitoreo, y de igual forma que en el levantamiento de la información de caudales, se logro capacitar a una persona habitante de la parte alta de la microcuenca, para el levantamiento de la información de precipitación, en el transcurso de los meses de investigación. (ANEXO 8).

El pluviómetro que se utilizo es de tipo casero, que consiste de un soporte de madera en el cual se coloca un recipiente al mismo que se le ha retirado la tapa y enés de esta, se coloco un embudo ya que este elemento permite el ingreso de agua al recipiente, cuando

se presenten las precipitaciones. Se capacito a las personas que realizaron las lecturas de los pluviómetros, que consiste en vaciar el agua contenida en el recipiente, en una probeta graduada y registrar el valor en milímetros en la hoja de campo, y además, se les entrego los materiales necesarios para el levantamiento de la información.

Según FUNDACION NATURA (2009). Para determinar los mm de precipitación, mediante la utilización de los pluviómetros caseros, se debe calcular el área del embudo que permite el ingreso de agua al recipiente utilizado; el valor del área se divide para la cantidad de agua recogida durante el un día, ya que la lectura de los pluviómetros es diaria en presencia de lluvias. Este procedimiento obedece a la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{V}{A} \times 10$$

Las precipitaciones, en este estudio son utilizadas para determinar el comportamiento de los caudales que se presenten en cada punto de monitoreo, en base a la pluviometría registrada durante el monitoreo del caudal. Es decir se realiza una comparación entre los caudales mensuales y los milímetros de precipitación registrados en el mes respectivo.

5) Oferta Hídrica.

La oferta hídrica de la red de monitoreo se la obtiene, determinando el caudal promedio de cada punto de monitoreo, durante los 6 meses de investigación.

Para determinar la Oferta Hídrica de la Microcuenca del Rio Guargualla, se considera la oferta hídrica media en la Estación Hidrométrica del INAMHI H-789 Guargualla AJ Chambo, durante el periodo de investigación, la misma que se obtiene, mediante los resultados de los aforamientos realizados en este sitio.

La oferta hídrica total de la microcuenca se obtiene mediante la sumatoria entre la oferta hídrica media y los caudales concesionados por la SENAGUA en la microcuenca.

El valor de la oferta hídrica total, se ajusta considerando una reducción de la oferta real del 40%, (avalado por la UNESCO) representado en caudal para mantener el régimen hidrológico mínimo y sostenimiento de los ecosistemas y las limitaciones en la disponibilidad de agua para diferentes usos por las alteraciones de la calidad del recurso hídrico. Con esta reducción se obtiene la oferta hídrica neta.

4. Para el cumplimiento del tercer objetivo

Realizar el análisis de la información hidrológica disponible en el INAMHI y la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA) de la microcuenca alta del Rio Guargualla.

a. Recopilación de Información.

Para la recolección de la Información secundaria, se recurrió ante instituciones competentes como el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) y la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA).

1) Información Hidrológica

La información hidrológica se la obtuvo en el INAMHI luego de realizar la gestión pertinente, con los datos obtenidos es posible, realizar un análisis del comportamiento de los caudales, en por lo menos unos diez años atrás y determinar qué relación existe con los caudales registrados en la investigación realizada.

Luego de realizado el análisis de esta información, se establecerán conclusiones de las posibles razones para el comportamiento de los caudales investigados.

2) Información de caudales concesionados.

La información de los caudales concesionados en la microcuenca del Rio Guargualla, se la obtuvo de la SENAGUA, con las gestiones que requiere la institución. Estos datos a nivel

local recaen en la Agencia de Aguas de Chimborazo, organización con la cual se coordino para adquirir los datos.

Esta información, permitirá tener una clara visión de la cantidad y uso que se está dando al agua que se genera en esta microcuenca, en función de las necesidades de los habitantes de las comunidades presentes en este territorio.

b. Análisis de la Información Hidrológica.

Se trabajo en los datos hidrológicos de la Estación del INAMHI “H-789 Guargualla AJ Chambo”, para la realización de hidrogramas y así lograr un análisis del comportamiento de los caudales en los últimos diez años, de tal manera, que se pueda hacer una comparación de la cantidad de agua que se generaba antes con la que existe en la actualidad.

c. Análisis de los caudales concesionados.

El análisis de los caudales concesionados, se la realizo mediante la revisión de la base de datos de concesiones de agua, obtenida en la SENAGUA, cuya institución representante es la Agencia de Aguas de Chimborazo en la ciudad de Riobamba.

De la base de datos de las concesiones de agua, se extrajo la información que recae dentro de la Microcuenca del Rio Guargualla, con dicha información, se realizo una cuantificación del caudal que se utiliza por los habitantes de las comunidades, para distintos usos como: Abrevadero, Consumo Domestico y Riego.

Según Díaz, P (2008), la cuantificación del caudal concesionado en la microcuenca, se ajusta con un factor de corrección de 0.8, debido a que la base de datos presenta irregularidades, sobre todo en el caudal concesionado y en la renovación de sentencias.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. **RED DE MONITOREO DE CAUDALES DE LA MICROCUENCA ALTA DEL RIO GUARGUALLA. (PUNTOS PRINCIPALES)**

Cuadro 2. Punto principales de monitoreo de caudales

| No. | Código | Identificación | Longitud | Latitud | Altura (msnm) | Observación |
|-----|--------|---|----------|---------|---------------|-------------------------------------|
| 1 | RY | Rio Yulumpala | 773941 | 9786306 | 3245 | Afluente principal al R. Guargualla |
| 2 | RS | Rio Shaigua | 774013 | 9786261 | 3242 | Afluente principal al R. Guargualla |
| 3 | RZ | Rio Zanampala | 774105 | 9789972 | 3180 | Afluente principal al R. Guargualla |
| 4 | BSRGL | Punto Bocatoma Sistema Riego Guargualla Licto | 773404 | 9790063 | 3057 | Punto en el R. Guargualla |
| 5 | H-789 | Punto Estación Hidrométrica INAMHI | 766508 | 9793354 | 2813 | Punto en el R. Guargualla |

Fuente: Tapia, C (2009)

En el cuadro 2, se identifican a los puntos principales que integran la Red de monitoreo de caudales, y se escogieron estos puntos debido a que en la cartografía base de la microcuenca el Rio Yulumpala, Rio Shaigua y Rio Zanampala son afluentes al Rio Guargualla; la Bocatoma del Sistema de Riego Guargualla es un punto de monitoreo en el Rio, se justifica el monitoreo en este sitio por la importancia del agua de riego que se capta para el Sistema de Riego Guargualla-Licto, mientras que la Estación Hidrométrica del Inamhi es un sitio en el cual se puede determinar la oferta hídrica de la microcuenca.

1. Río Yulumpala. (RY)

Este afluente, conjuntamente con el Río Shaigua constituyen al Río Guargualla cuando se juntan, por tal razón es considerado como afluente principal para este estudio, además, el Río Yulumpala que proviene del margen izquierdo de la microcuenca, se forma por todos los caudales generados en la Asociación Azaraty en su margen izquierdo y la Asociación Yulumpala del margen derecho. (ANEXO 4).

Cuadro 3. Características de los Suelos en los Márgenes del Rio Yulumpala (RY).
(ANEXO 9)

| TEXTURA | DRENAJE | REGIMEN HUMEDAD | PENDIENTE | Ha | UBICACIÓN |
|----------------|---------|-----------------|------------|---------|--|
| franco arenoso | Bueno | UDIC | menor 4% | 2666.47 | Margen derecho e izquierdo. Áreas muy húmedas |
| Limoso | Bueno | UDIC | < 5% | 1058.86 | Margen Derecho (Q. Tablameza) e Izquierdo (Q. Calalanda) |
| Franca | Bueno | USTIC | mayor 12 % | 1625.24 | Margen Izquierdo. |

Fuente: Plan de Ordenamiento Territorial de la Microcuenca del Rio Guargualla.
(2009)

Es necesario conocer la textura de los suelos que constituyen la zona de recarga y los márgenes de los afluentes, en este caso puntual del Rio Yulumpala; ya que conocida la textura se puede determinar el comportamiento del caudal en base a lo que pueda suceder con el agua que llega o se genera en un determinado tipo de suelos.

Características como el drenaje, el régimen de humedad, pendiente y textura, permiten tener una idea de la capacidad de almacenamiento hídrico, que poseen los páramos que son especialmente el área de intervención de este estudio.

Cuadro 4. Cobertura Vegetal en los Márgenes del Rio Yulumpala (RY). (ANEXO 9)

| COBERTURA | DESCRIPCION | Ha | UBICACION |
|------------------------|---|----------|---|
| Vegetación Nativa | 70% Matorral o Chaparro | 2500 | Margen Izquierdo (Q. Tablameza) |
| Vegetación Intervenida | 50% Bosque Intervenido, 50% matorral o chaparro | 1421.384 | Parte baja del Margen Izquierdo |
| Vegetación Nativa | Paramo | 5326.5 | Margen Izquierdo en mayor cantidad y Margen derecho en menor cantidad |

Fuente: Plan de Ordenamiento Territorial de la Microcuenca del Rio Guargualla.
(2009)

El conocimiento de las coberturas vegetales que rodean al afluente, sirve como información para determinar el grado de retención hídrica y para poder analizar ciertos impactos en la microcuenca si la cobertura vegetal a sido intervenida perjudicialmente.

a. Aforamientos realizados en el Rio Yulumpala (RY).

En el Rio Yulumpala se realizaron varios aforamientos, con el fin de tener suficiente información para la elaboración de la curva de descarga de agua para este punto de monitoreo.

Cuadro 5. Aforamientos en el Rio Yulumpala (RY)

| Aforos realizados "Rio YULUMPALA" (Julio-Diciembre 2008) | | | |
|---|--------------|------------------|---------------------------------|
| Fecha | Aforo | Nivel (m) | Caudal (m³/s) |
| 17-Jul-08 | 1 | 0.86 | 4.289 |
| 4-Sep-08 | 2 | 0.82 | 3.911 |
| 23-Sep-08 | 3 | 0.79 | 3.763 |
| 4-Oct-08 | 4 | 0.7 | 2.785 |
| 16-Oct-08 | 5 | 1.01 | 5.962 |
| 29-Nov-08 | 6 | 0.82 | 3.906 |
| 11-Dec-08 | 7 | 0.72 | 2.406 |

Fuente: Tapia, C (2009).

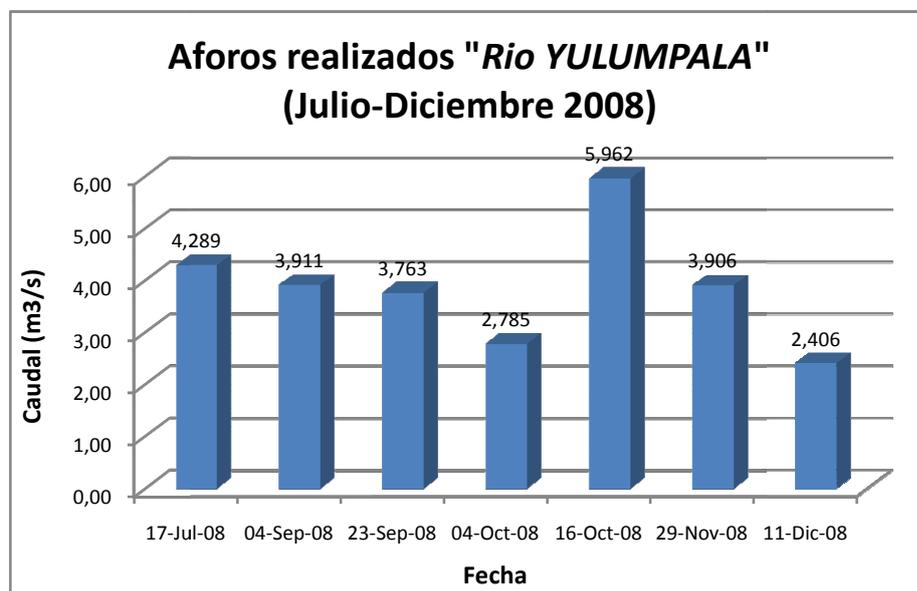


Grafico 1. Hidrograma del Rio Yulumpala (RY) con los aforos realizados.

Discusión:

En el grafico 1, se presentan 7 aforamientos realizados durante el periodo de investigación en el Rio Yulumpala, punto principal de monitoreo.

Se tiene que el caudal más bajo se ubica en el mes de Diciembre con $2.4 \text{ m}^3/\text{s}$ justificándose porque en las primeras semanas de este mes, no se tuvo muchas precipitaciones y se entiende que la cantidad de agua existente en el afluente, resulta de la infiltración profunda o drenaje, del agua que almaceno la esponja hídrica que para este caso existe alrededor de 8000 ha de vegetación nativa de paramo como cubierta vegetal.

El caudal más alto se ubica en el mes de Octubre con $5.9 \text{ m}^3/\text{s}$, obedeciendo a las altas precipitaciones existentes a mediados del mes respectivo y al poseer en los márgenes de este afluente, suelos con texturas que van de finas a medias con un régimen de humedad Udico, lo que da lugar a que el suelo se sature rápidamente de agua y se produzca escurrimiento superficial al presentarse una pendiente mayor al 5%.

Los aforamientos realizados, son utilizados para representar el comportamiento de los caudales del Rio RY durante la investigación, mediante la realización de la curva de descarga de agua que se indica a continuación.

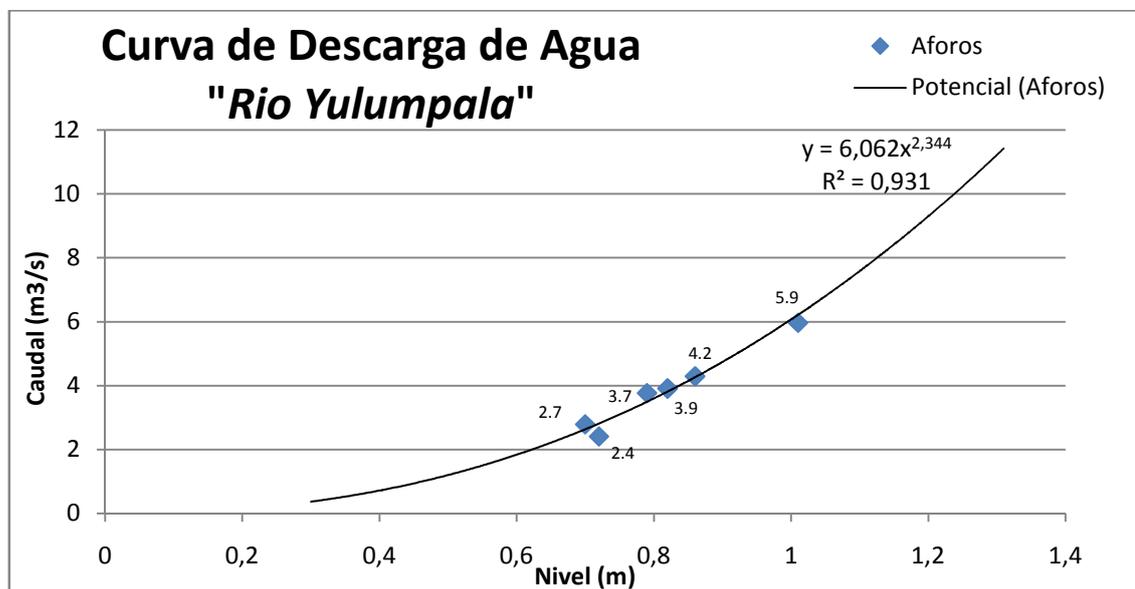


Gráfico 2. Curva de descarga de agua del Rio Yulumpala.

El gráfico 2, representa la curva de descarga de agua del Rio Yulumpala, la cual se elaboro mediante los aforos realizados en este punto de monitoreo, considerando el nivel de agua medido en el aforamiento en el eje de las abscisas y el caudal resultante en las ordenadas.

Del gráfico 2, se deduce que los valores de descarga de agua que más se ajustan a la línea de tendencia potencial son los comprendidos entre 3.7 y 4.2 m³/s, entre Julio y Diciembre de 2008, entendiéndose que la descarga hídrica del Río Yulumpala está dentro de este rango en el periodo de investigación.

Se trata de una curva potencial de descarga de agua, que, presenta su respectiva ecuación, la misma que se muestra a continuación:

$$y = 6.0625 x^{2.2222}$$

Donde:

y = Caudal (m³/s)

x = Nivel de Agua (m)

Esta ecuación, se utiliza para obtener el caudal del punto de monitoreo, mediante la utilización de las lecturas de niveles de agua en las regletas instaladas en el sitio.

Las lecturas de los niveles de agua se obtuvieron, con la participación de habitantes de la comunidad Guargualla Chico, para lo cual se logro capacitar a las personas con el fin de obtener datos reales periódicamente.

b. Monitoreo de Caudales en el Rio Yulumpala. (RY)

En el RY, se realizo el monitoreo participativo de los niveles de agua, desde Julio a Diciembre de 2008, dichos datos son traducidos a caudal, mediante la utilización de la ecuación de la curva de descarga mostrada anteriormente. Los datos de caudales de RY se muestran a continuación:

Cuadro 6. Caudales del Rio Yulumpala desde Julio a Diciembre 2008.

| Microcuenca del Rio Guargualla | R. Yulumpala | Caudal (m3/s) | | | | | | | | | | | Caudal promedio (m3/s) | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|---------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------------------|-------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | Julio 2008 | | | | | | | | | | | | | 4.097 | | | | | | | | | | |
| <i>17-Jul</i> | <i>18-Jul</i> | <i>20-Jul</i> | <i>21-Jul</i> | <i>23-Jul</i> | <i>23-Jul</i> | <i>26-Jul</i> | <i>27-Jul</i> | 4.289 | 4.986 | 4.613 | 4.358 | 3.312 | 3.312 | 3.813 | | 3.312 | | | | | | | | | |
| Agosto 2008 | | | | | | | | | | | | | 4.292 | | | | | | | | | | | | |
| <i>2-Aug</i> | <i>4-Aug</i> | <i>5-Aug</i> | <i>7-Aug</i> | <i>11-Aug</i> | <i>13-Aug</i> | <i>16-Aug</i> | <i>20-Aug</i> | <i>28-Aug</i> | 2.627 | 4.493 | 3.031 | 3.813 | | 6.273 | 3.813 | 7.261 | 3.507 | 3.813 | | | | | | | |
| Septiembre 2008 | | | | | | | | | | | | | 4.923 | | | | | | | | | | | | |
| <i>4-Sep</i> | <i>7-Sep</i> | <i>9-Sep</i> | <i>10-Sep</i> | <i>13-Sep</i> | <i>15-Sep</i> | <i>18-Sep</i> | <i>19-Sep</i> | <i>20-Sep</i> | <i>23-Sep</i> | <i>25-Sep</i> | <i>26-Sep</i> | <i>29-Sep</i> | | 3.911 | 3.593 | 4.986 | 5.782 | 3.386 | 4.142 | 4.493 | 6.351 | 5.921 | 3.763 | 6.497 | 7.580 |
| Octubre 2008 | | | | | | | | | | | | | 4.962 | | | | | | | | | | | | |
| <i>1-Oct</i> | <i>4-Oct</i> | <i>6-Oct</i> | <i>7-Oct</i> | <i>8-Oct</i> | <i>10-Oct</i> | <i>11-Oct</i> | <i>13-Oct</i> | <i>15-Oct</i> | <i>16-Oct</i> | <i>26-Oct</i> | 3.917 | 2.785 | | 5.782 | 3.699 | 7.907 | 4.736 | 6.063 | 4.493 | 4.374 | 5.962 | 4.860 | | | |
| Noviembre 2008 | | | | | | | | | | | | | 3.674 | | | | | | | | | | | | |
| <i>1-Nov</i> | <i>2-Nov</i> | <i>4-Nov</i> | <i>8-Nov</i> | <i>11-Nov</i> | <i>12-Nov</i> | <i>13-Nov</i> | <i>17-Nov</i> | <i>20-Nov</i> | <i>25-Nov</i> | <i>28-Nov</i> | <i>29-Nov</i> | 3.593 | | 2.436 | 4.589 | 2.598 | 3.386 | 3.010 | 5.199 | 2.853 | 4.241 | 2.281 | 5.993 | 3.906 | |

| Diciembre 2008 | | | | | | | | | | | | |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 3-Dec | 5-Dec | 6-Dec | 7-Dec | 8-Dec | 9-Dec | 10-Dec | 11-Dec | 13-Dec | 16-Dec | 17-Dec | 20-Dec | 3.802 |
| 4.025 | 3.607 | 4.589 | 4.245 | 3.709 | 3.408 | 3.607 | 2.406 | 5.199 | 3.813 | 3.507 | 3.507 | |

Fuente: Tapia, C (2008)

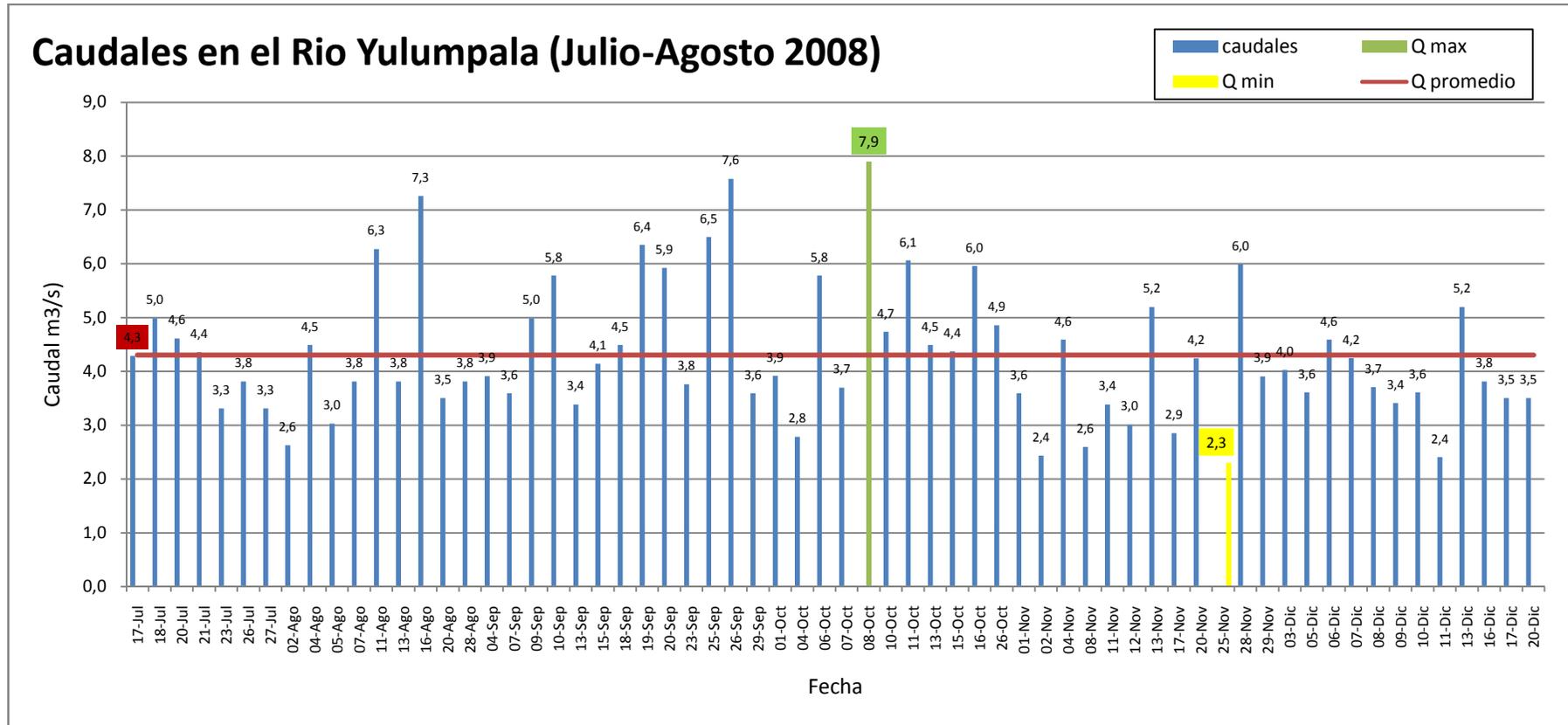


Grafico 3. Hidrograma del Rio Yulumpala (Julio-Diciembre 2008).

En el grafico 3, se muestra los caudales generados periódicamente en el Rio Yulumpala durante los meses de Julio a Diciembre del 2008, esta información se genero con la utilización de los niveles de agua, los mismos que se levanto participativamente con la comunidad Guargualla Chico.

El comportamiento de caudales del Rio Yulumpala es variable, como se puede apreciar en el grafico 3, esto debido a la influencia que ejercen las precipitaciones, lo que se refleja, en el incremento del valor de los caudales, especialmente en el meses de Agosto, Septiembre y Octubre en donde, se notan valores sobre el caudal promedio de Julio a Diciembre que es de $4.3 \text{ m}^3/\text{s}$, es así, que el caudal máximo registrado en el hidrograma del Rio Yulumpala, se ubica en Octubre con $7.9 \text{ m}^3/\text{s}$, correspondiendo a un mes con alta pluviometría, mientras que el caudal mínimo es de $2.3 \text{ m}^3/\text{s}$, registrado en Noviembre en el cual la mayoría de la información de caudal, se ubica por debajo del caudal promedio, que corresponde a un mes con menor precipitación con respecto a Octubre.

c. Caudales promedio en el Rio Yulumpala (RY).

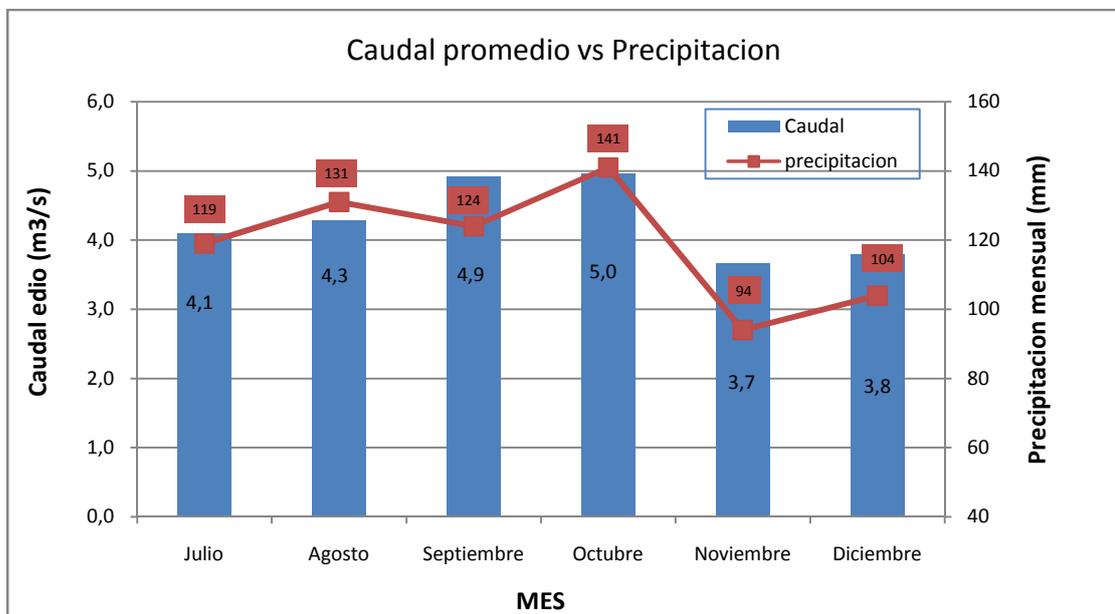


Grafico 4. Caudales promedio y Precipitación mensual en el Rio Yulumpala.

Discusión

En el grafico 4, se muestra el comportamiento de los caudales promedios de la información levantada de Julio a Diciembre, con respecto a la precipitación en cada mes en que se realizo el monitoreo del caudal en el Rio Yulumpala.

En el grafico 4, se puede notar la relación existente, entre el comportamiento del caudal promedio de la información recogida en cada mes con la precipitación mensual; en donde la precipitación ejerce mayor influencia durante los meses de Agosto, Septiembre y Octubre con un rango de 131 a 141 mm de precipitación; y es por esta razón que también existe un incremento del caudal correspondiente a estos meses, teniendo valores de 4.3 a 5 m³/s.

La información pluviométrica, muestra que en Noviembre y Diciembre las precipitaciones disminuyen con respecto a los meses anteriores, ya que se registran 94 y 104 mm de precipitación respectivamente, y es en estos dos meses en donde se obtuvo menor caudal con 3.7 m³/s para Noviembre y 3.8 m³/s en Diciembre.

El comportamiento de los caudales promedios, no presentan valores extremos o muy variables, pese a la influencia de las precipitaciones; este comportamiento puede explicarse, considerando que los márgenes del Rio Yulumpala, están constituidos por suelos con texturas francas a limosas, con un régimen de humedad Udico y buen drenaje, acompañados con una cobertura vegetal nativa; estas características provocaran que en presencia de precipitaciones, los suelos se saturen de agua y se produzcan escurrimientos que llegaran al Rio Yulumpala bajo la influencia de la pendiente que va del 4 al 12%; resultando en incremento de caudal durante las precipitaciones, mientras que cuando cesan las lluvias, los suelos con texturas finas y la cobertura vegetal almacenan notoriamente el agua, la misma que la liberaran paulatinamente por existir un buen drenaje; de igual manera estos fluidos llegaran al Rio Yulumpala, con lo que se explica que no se tuvieron caudales promedios extremos, en este afluente al Rio Guargualla.

2. Río Shaigua. (RS)

De acuerdo a la cartografía base de la microcuenca y a lo constatado en los recorridos en el campo, El Río Shaigua es afluente principal del Río Guargualla, proveniente del margen derecho de la microcuenca, este afluente recoge los caudales generados por el escurrimiento de el agua de parte de los páramos de la Asociación calces y parte de los de la Asociación Ilapo. (ANEXO 4)

Cuadro 7. Características de los suelos en los márgenes del Río Shaigua (RS)

| TEXTURA | DRENAJE | REGIMEN HUMEDAD | PENDIENTE | Ha | UBICACIÓN |
|----------|---------|-----------------|------------|---------|--|
| limoso | Bueno | UDIC | 5-25% | 1058.86 | Predomina en el margen Izquierdo. |
| arcillas | Malo | PERUDIC | menor 12% | 153.35 | En la parte alta del afluente da origen a los cauces |
| franca | Bueno | UDIC | mayor 12 % | 1119.83 | Margen Izquierdo y derecho de la parte baja del afluente |

Fuente: Tapia, C (2008). (ANEXO 9)

El cuadro 7, muestra algunas características derivadas a partir de los suelos en los márgenes del Río Shaigua, siendo importante conocer estas cualidades ya que ayudan a interpretar el comportamiento de los caudales existentes en este afluente en distintos meses del año.

Cuadro 8. Cobertura vegetal en los márgenes del Río Shaigua (RS).

| COBERTURA | DESCRIPCION | Ha | UBICACION |
|-------------------|--|----------|--|
| Cultivos | 70% cultivos de ciclo corto 30% pasto cultivado | 1013.341 | Márgenes izquierdo y derecho del afluente en la parte baja |
| Vegetación Nativa | 70% Matorral o Chaparro 30% Paramo | 633.39 | Margen derecho en la parte alta |
| Vegetación Nativa | Paramo | 1083.779 | Margen derecho parte alta donde se forma el afluente |

Fuente: Tapia, C (2008) (ANEXO 9)

En el cuadro 8, se indica la cobertura vegetal existente en los márgenes del Río Shaigua, el conocimiento de esta información, se justifica ya que la presencia o no presencia de la cobertura vegetal, se reflejara en el almacenamiento hídrico del agua proveniente de las precipitaciones o de las vertientes de estos sitios y por ende influirá en el comportamiento de los caudales provenientes de este afluente.

En los márgenes de este afluente, se ha encontrado que el irrespeto a la frontera agrícola determina que se encuentren cultivos, por encima de los 3600 m.s.n.m, derivándose afectaciones edafológicas provocadas por la erosión hídrica.

a. Aforamientos Realizados en el Rio Shaigua (RS).

En el Rio Shaigua, se realizaron varios aforamientos en el transcurso de la investigación, lo que permite tener información para realizar la curva de descarga en este punto de monitoreo de caudales.

Cuadro 9. Aforamientos en el Rio Shaigua (RS).

| Aforos realizados "Rio Shaigua" (Julio-Diciembre 2008) | | | |
|---|--------------|------------------|---------------------------------|
| Fecha | Aforo | Nivel (m) | Caudal (m³/s) |
| 17-Jul-08 | 1 | 0.62 | 2.777 |
| 4-Sep-08 | 2 | 0.48 | 1.673 |
| 23-Sep-08 | 3 | 0.55 | 2.366 |
| 4-Oct-08 | 4 | 0.51 | 1.382 |
| 16-Oct-08 | 5 | 0.61 | 3.101 |
| 29-Nov-08 | 6 | 0.41 | 1.057 |
| 11-Dec-08 | 7 | 0.4 | 0.908 |

Fuente: Tapia C, (2008)

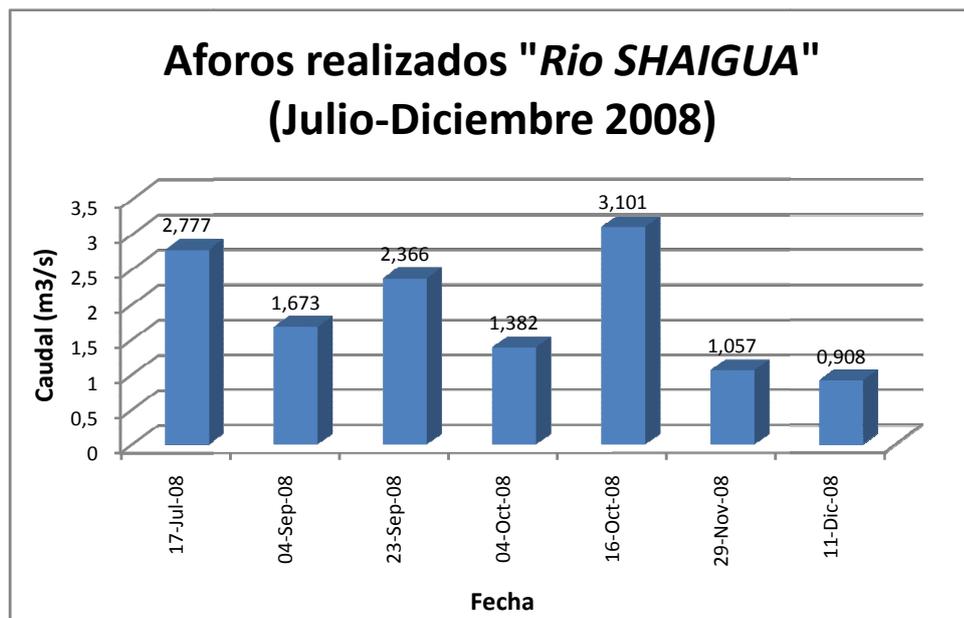


Grafico 5. Hidrograma del Rio Shaigua con los aforos realizados.

Discusión:

En el grafico 5, se muestra que se realizaron 7 aforamientos en el Rio Shaigua, durante el periodo de investigación, en este punto principal de monitoreo.

El caudal más bajo registrado se lo obtuvo en el mes de Diciembre con $0.9 \text{ m}^3/\text{s}$, esta información se justifica debido a que para las primeras semanas de este mes, las precipitaciones fueron escasas, entonces, se entiende que el caudal existente en el afluente, resulta del drenaje del agua almacenada por la cobertura vegetal, la misma que debe presentar porcentajes bajos de retención hídrica ya que posee alrededor de 1000 ha cuyo uso son los cultivos de ciclo corto, es decir la vegetación nativa ha sido considerablemente intervenida.

De los aforamientos realizados, el caudal más alto se ubica en el mes de Octubre con $3.1 \text{ m}^3/\text{s}$, obedeciendo a la influencia de las precipitaciones presentadas a mediados de este mes, las mismas que saturan los suelos de los márgenes de este afluente, ya que poseen texturas francas, arcillosas y limosas; además contienen un régimen de humedad Udico y una pendiente considerable, ocasionando que se produzca escurrimiento superficial con respecto a las altas precipitaciones.

Loa aforamientos mostrados en el hidrograma, se los utiliza para la elaboración de la curva de descarga de agua de este punto de monitoreo, la misma que indica el comportamiento de los caudales durante el tiempo que dura la investigación. Dicha curva se indica a continuación.

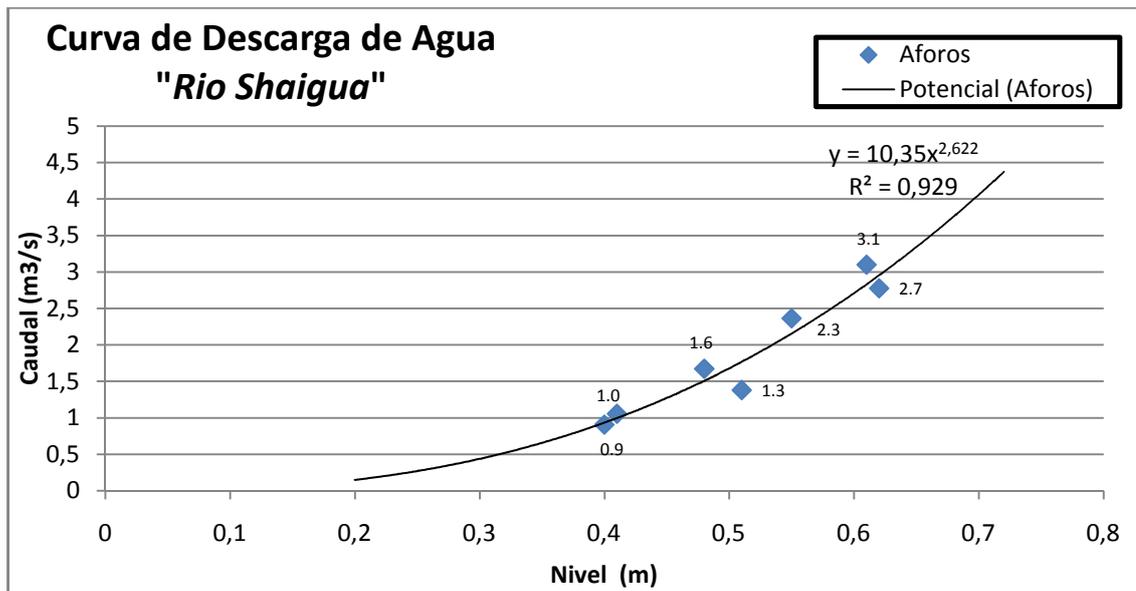


Gráfico 6. Curva de descarga de agua del Rio Shaigua.

El gráfico 6, representa la curva de descarga de agua del Rio Shaigua, esta curva, se obtuvo mediante los aforamientos realizados considerando, el nivel de agua de la regleta instalada y el caudal generado de cada aforo ejecutado.

De la curva de descarga, mostrada en el gráfico 6, se tiene que los valores que más se ajustan a la línea de tendencia son 0,9, 1,0 y 1,6 m³/s, comprendiéndose de que, la descarga hídrica del Rio Shaigua en el punto de monitoreo en este periodo de investigación fluctuara en estos valores.

La curva de descarga, contiene su fórmula respectiva en este caso es:

$$y = 10,353x^{2,622}$$

Donde:

y = Caudal (m³/s)

x = Nivel de Agua (m)

Mediante esta ecuación, es posible utilizar los niveles de agua, obtenidos mediante lecturas periódicas de la regleta que fueron realizadas participativamente con los habitantes de la Comunidad Guargualla Chico.

c. Monitoreo de Caudales en el Rio Shaigua. (RS)

El Rio Shaigua es un punto de monitoreo, en el cual se realizo el monitoreo participativo de caudales, mediante la lectura de niveles de agua los mismos que sirven para generar datos de caudales con la utilización de la ecuación de la curva de descarga de este punto, que fue mostrada anteriormente. De Julio a Diciembre de 2008, se obtuvo los siguientes datos de caudales:

Cuadro 10. Caudales del Rio Shaigua desde Julio a Diciembre 2008.

| MICROCUCIENCA DEL RIO GUARGUALLA | RIO SHAIGUA | Caudal (m3/s) | | | | | | | | | | | Caudal promedio (m3/s) | |
|----------------------------------|-------------|------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------------------------|------------|
| | | Julio 2008 | | | | | | | | | | | | |
| | | 17-Jul | 18-Jul | 21-Jul | 23-Jul | 26-Jul | 27-Jul | | | | | | 1.6 | |
| | | 2.8 | 1.4 | 1.6 | 1.2 | 1.4 | 1.2 | | | | | | | |
| | | Agosto 2008 | | | | | | | | | | | | |
| | | 5-Aug | 7-Aug | 11-Aug | 13-Aug | 20-Aug | 28-Aug | | | | | | 1.7 | |
| | | 1.1 | 1.4 | 2.4 | 1.4 | 1.3 | 1.4 | | | | | | | |
| | | Septiembre 2008 | | | | | | | | | | | | |
| | | 4-Sep | 6-Sep | 7-Sep | 8-Sep | 10-Sep | 13-Sep | 14-Sep | 16-Sep | 23-Sep | 24-Sep | 25-Sep | 28-Sep | 1.9 |
| | | 1.7 | 1.7 | 1.4 | 1.7 | 2.0 | 1.5 | 1.7 | 1.4 | 2.4 | 4.1 | 1.7 | 1.9 | |
| | | Octubre 2008 | | | | | | | | | | | | |
| | | 4-Oct | 8-Oct | 9-Oct | 11-Oct | 12-Oct | 13-Oct | 14-Oct | 16-Oct | 26-Oct | | | | 2.2 |
| | | 1.4 | 2.7 | 3.6 | 1.7 | 1.4 | 2.5 | 1.7 | 3.1 | 1.8 | | | | |
| | | Noviembre 2008 | | | | | | | | | | | | |
| | | 1-Nov | 2-Nov | 4-Nov | 8-Nov | 11-Nov | 12-Nov | 13-Nov | 17-Nov | 20-Nov | 25-Nov | 28-Nov | 29-Nov | 1.4 |
| | | 1.9 | 0.9 | 1.7 | 1.0 | 1.7 | 1.1 | 2.0 | 1.1 | 1.6 | 0.9 | 2.3 | 1.1 | |

| Diciembre 2008 | | | | | | | | | | | | | 1.5 |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--|-----|
| 3-Dec | 5-Dec | 6-Dec | 7-Dec | 8-Dec | 9-Dec | 10-Dec | 11-Dec | 13-Dec | 16-Dec | 17-Dec | 20-Dec | | |
| 1.5 | 1.4 | 1.7 | 1.6 | 1.4 | 1.3 | 1.4 | | 2.0 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | | |

Fuente: Tapia, C (2008)

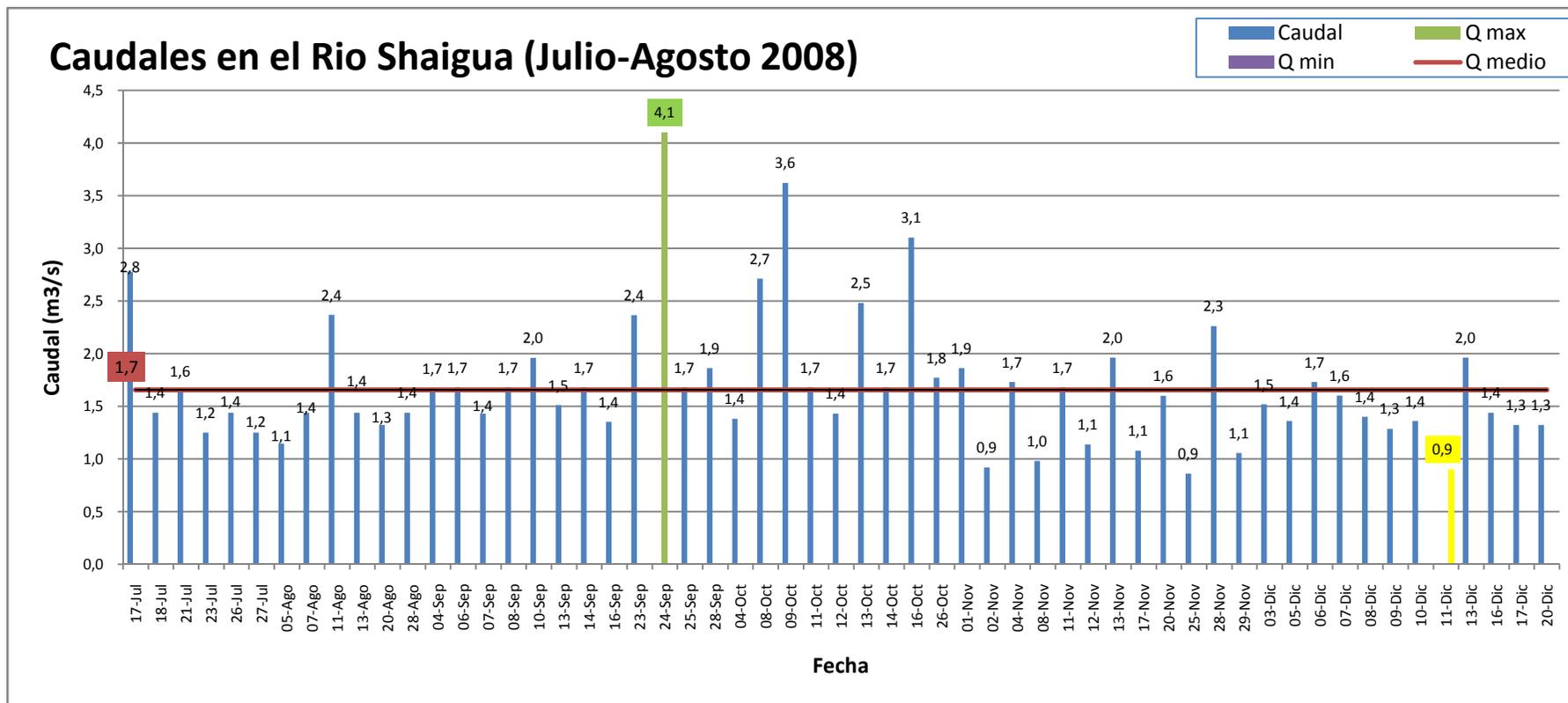


Grafico 7. Hidrograma del Rio Shaigua (Julio- Diciembre 2008).

En el grafico 7, se indican los caudales generados en el Rio Shaigua, en el periodo de investigación que va de Julio a Diciembre de 2008, esta información fue generada mediante el procesamiento de los niveles de agua que fueron levantados participativamente en el campo.

Observando el grafico 7, se nota que en el mes de Agosto, Septiembre y Octubre, los valores de caudal son considerables, ya que alcanzan el caudal medio que es de $1.7 \text{ m}^3/\text{s}$ y en algunos casos superan este valor, entendiéndose que es en estos meses donde la incidencia de las precipitaciones fue mayor con respecto a los meses considerados; es así que a finales del mes de Septiembre se registra el caudal máximo cuyo valor es $4.1 \text{ m}^3/\text{s}$, mientras que el caudal mínimo se ubica en el mes de Diciembre con $0.9 \text{ m}^3/\text{s}$, lo que da a entender que este fue un mes con menor precipitación al igual que Noviembre en el cual los valores de caudal son bajos.

d. Caudales promedios en el Rio Shaigua (RS).

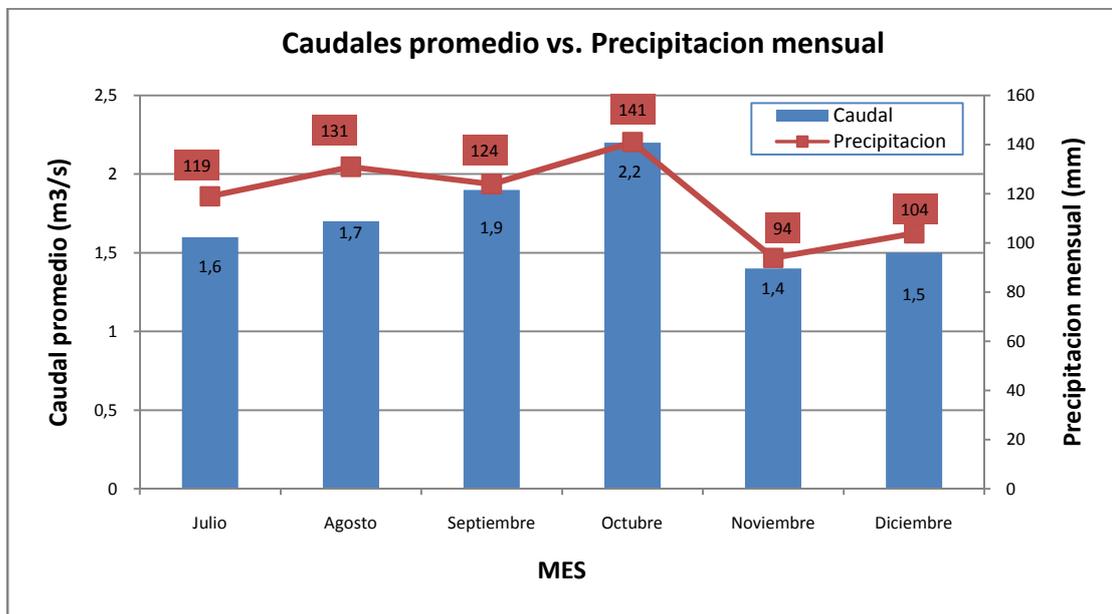


Grafico No 8. Caudales promedio vs Precipitación mensual en el Rio Shaigua.

Discusión:

En el grafico 8, se indica el comportamiento de los caudales promedios del Rio Shaigua con respecto a la precipitación mensual, en el periodo de Julio a Diciembre 2008.

El grafico 8, refleja la relación existente, entre el comportamiento del caudal promedio del Rio Shaigua con la precipitación mensual, en donde se nota que la precipitación mensual, es mayor en los meses de Agosto, Septiembre y Octubre, con un rango de 131 a 141 mm de precipitación, lo cual da lugar, a que se tengan caudales igualmente altos para estos meses, registrándose valores que va de 1.7 a 2.2 m³/s.

La fluctuación de la información pluviométrica, indica que, en los meses de Noviembre y Diciembre existe menor precipitación con respecto a los meses anteriores, con valores de 94 y 104 mm de precipitación y de igual manera los valores de caudal disminuyeron par estos meses teniéndose 1.4 y 1.5 m³/s, respectivamente.

Considerando que las precipitaciones ejercen influencia en el comportamiento del caudal de este afluente, es necesario mencionar que a diferencia del Rio Yulumpala, los márgenes del Rio Shaigua, poseen una cobertura vegetal considerablemente intervenida debido al avance de la frontera agrícola, por lo cual deducimos que la capacidad de almacenamiento hídrico es menor en comparación con los márgenes del Rio Yulumpala, lo que dará lugar a que, en presencia de meses con alta precipitación ciertamente el caudal del Rio Shaigua se incrementara, mientras que en meses de estiaje el caudal disminuirá notablemente, pues no existe un buen almacenamiento hídrico en la cobertura vegetal.

En los márgenes de Rio Shaigua, se tienen suelos con texturas limosas, arcillosas y francas, con un régimen de humedad Udico con pendientes del 5 al 25%. Las coberturas vegetales que se encuentran sobre este tipo de suelos son vegetación nativa en un 60% y 40 % son cultivos.

Con estos antecedentes, se entiende que en los suelos donde existe vegetación natural la capacidad de retención de agua es mayor por la existencia de la microflora y microfauna en

el suelo. Mientras que en los suelos cultivados va existir mayor escurrimiento superficial ya que presentan texturas finas, permitiendo la saturación de agua y además por influencia de la pendiente el agua corre hacia las partes bajas, lo cual si influye en el caudal del Río Shaigua.

3. Río Zanampala. (RZ)

En la cartografía, el Río Zanampala se considera como afluente principal del Río Guargualla ubicado en su margen derecho, el caudal existente proviene de los páramos de la Asociación Calces. (ANEXO 4)

Los márgenes que dan lugar a este afluente constituyen características propias en cuanto a sus suelos y coberturas vegetales.

Cuadro 11. Características de los Suelos en los Márgenes del Río Zanampala (RZ).

| TEXTURA | DRENAJE | REGIMEN HUMEDAD | PENDIENTE | Ha | UBICACIÓN |
|---------|---------|-----------------|------------|---------|---|
| limoso | Bueno | UDIC | 5-25% | 153.27 | parte alta del afluente |
| franca | Bueno | UDIC | mayor 12 % | 1000.32 | Margen Izquierdo y derecho de la parte alta y baja del afluente |

Fuente: Tapia, C. (2008) (ANEXO 9)

El cuadro 11, muestra algunas características que presentan los suelos de los márgenes del Río Zanampala, en base a las texturas de los suelos identificados en este sitio. Es necesario determinar la textura del suelo, ya que sirve para establecer los acontecimientos que pueda suceder con el agua proveniente de las precipitaciones o de las vertientes de paramo.

Los suelos de los márgenes de este afluente, presentan texturas limosas y francas, con un régimen de humedad Udico, esto da lugar a que en presencia de precipitaciones, los suelos tienden a saturarse rápidamente y por efecto se producirá escurrimiento superficial ya que existe una pendiente comprendida entre 5 -25%.

Cuadro 12. Cobertura Vegetal en los Márgenes del Rio Zanampala (RZ).

| COBERTURA | DESCRIPCION | Ha | UBICACION |
|-----------------------------|---|---------|---|
| Pastos y Vegetación Natural | 70 % pasto cultivado 30% Matorral o Chaparro | 358.855 | Margen Izquierdo en la parte baja |
| Vegetación Nativa | Paramo | 1000 | Partes altas donde se origina el afluente |

Fuente: Tapia, C. (2008) (ANEXO 9)

En el cuadro 12, se evidencia que en los márgenes del Rio Zanampala, la cobertura vegetal nativa ya se encuentra intervenida, ya que se han establecido áreas dedicadas a la producción de pastos, puesto que en algunas de estas superficies ya se les ha proveído de riego; pero esta actividad a determinado de que se tengan áreas susceptibles ya que el riego provoca el deterioro de los suelos, provocado por la erosión hídrica, derivándose en frecuentes derrumbes en los sitios con pendientes pronunciadas.

a. Aforamientos realizados en el Rio Zanampala (RZ).

En el Rio Zanampala, se realizaron varios aforamientos en el transcurso de la investigación, con el propósito de tener datos para elaborar la curva de descarga de agua para este punto de monitoreo.

Cuadro 13. Aforamientos en el Rio Zanampala (RZ).

| Aforos realizados "Río ZANAMPALA" (Agosto-Diciembre 2008) | | | |
|---|-------|-----------|----------------------------|
| Fecha | Aforo | Nivel (m) | Caudal (m ³ /s) |
| 28-Aug-08 | 1 | 0.25 | 0.394 |
| 23-Sep-08 | 2 | 0.32 | 0.447 |
| 21-Oct-08 | 3 | 0.35 | 0.415 |
| 11-Dec-08 | 4 | 0.24 | 0.301 |

Fuente: Tapia C, (2008)

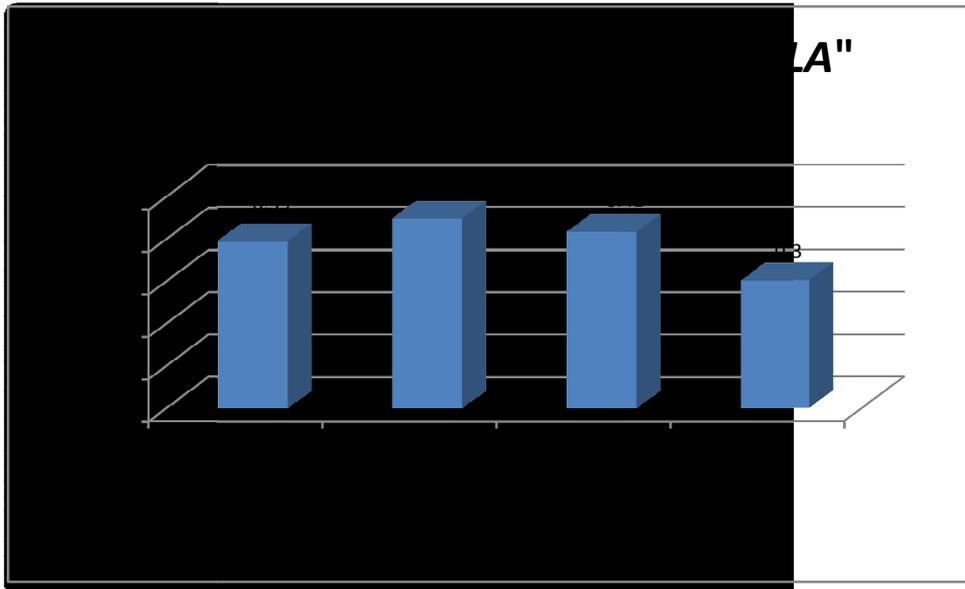


Grafico No 9. Hidrograma del Rio Zanampala con los aforamientos realizados.

Discusión:

En el grafico 9, se muestra que en el Rio Zanampala se realizaron cuatro aforamientos, considerando de que este afluente es un punto de monitoreo principal para esta investigación.

De los aforamientos realizados en el Rio Zanampala, se tiene que es poca la variación en cuanto a caudal ya que existe una variación de 0.3 a 0.4 m³/s, con lo cual se entiende que se trata de un afluente pequeño, lo que se debe a que hay caudales concesionados en la parte alta de este afluente.

El caudal más bajo se obtuvo en el aforamiento realizado en la segunda semana de Diciembre con valor de 0.3 m³/s, considerando de que para estas fechas las precipitaciones fueron escasas, y el caudal existente se entiende que proviene del escurrimiento del agua almacenada en la parte alta en donde consideramos la zona de recarga hídrica, mientras que en la parte baja la retención hídrica va a ser menor ya que existen superficies con pastos en donde se identifican problemas de erosión.

El aforamiento realizado en Septiembre da como resultado $0.44 \text{ m}^3/\text{s}$, el mismo que representa al caudal más alto obtenido de los aforamientos realizados, justificándose este resultado en vista de que para dicho mes se evidencio altas precipitaciones. Es especialmente cuando las precipitaciones son altas en donde se detectan problemas de derrumbes, debido a que se produce la saturación del suelo dando lugar a la escorrentía superficial que acarrea grandes cantidades de suelo, puesto que la cobertura vegetal es pasto en pendientes pronunciadas lo que ha generado que el suelo a perdido estabilidad estructural.

Estos aforamientos que se realizaron, generan datos con los cuales es posible elaborar la curva de descarga de agua, la cual es una herramienta para generar la mayor cantidad de información, y determinar el comportamiento de los caudales durante el monitoreo.

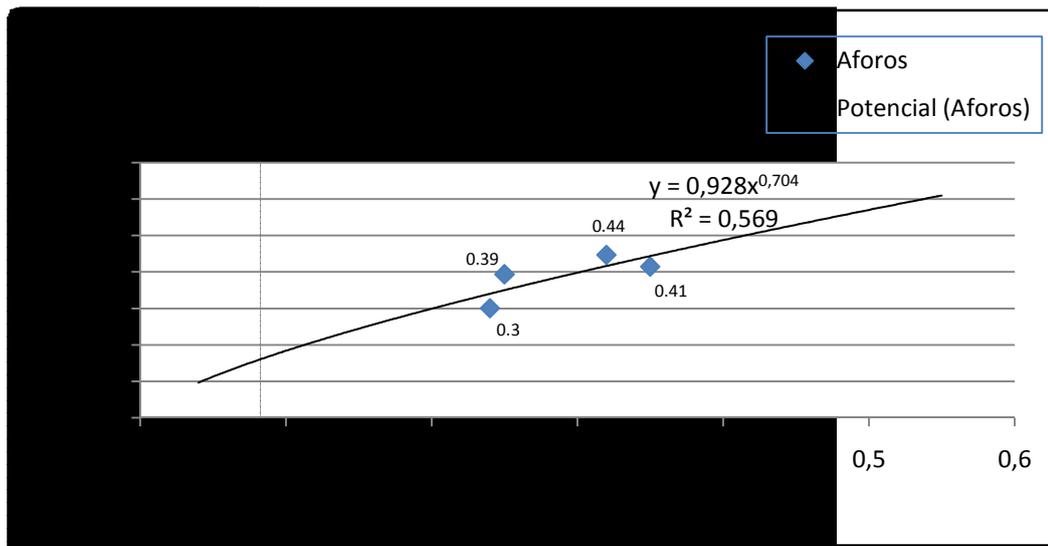


Gráfico 10. Curva de descarga de agua del Rio Zanampala.

Para la obtención de la curva de descarga, se tomaron en cuenta los cuatro aforos realizados con la utilización del Molinete SEBA Universal, considerando el nivel de agua y el caudal medido en distintas fechas durante el período de estudio, como se muestra en el gráfico 10.

El gráfico 10, muestra que la información obtenida en los aforamientos, no muestran un comportamiento que les permita ajustarse en la curva potencial de descarga de agua, esto se puede explicar por la gran cantidad de sedimentos que frecuentemente se acarrea por este afluente, lo cual provoca que la sección del punto de monitoreo varíe notablemente en cada aforamiento, existiendo incoherencias en los niveles de agua medidos con el caudal resultante, durante cada aforamiento. Es decir que el comportamiento lógico que debe presentar una sección transversal es que, a mayor nivel de agua el caudal debe incrementarse.

La curva de descarga de agua, es útil para determinar el caudal cuando se tiene los datos de niveles de agua, los cuales resultan de lecturas de campo por parte de una persona habitante de la comunidad en las regletas instaladas.

La curva de descarga, contiene su fórmula respectiva en este caso es:

$$y = 0.9289x^{2.222}$$

Donde:

y = Caudal (m³/s)

x = Nivel de Agua (m)

Esta ecuación, permite traducir los datos de nivel de agua levantados participativamente en las regletas instaladas en el punto de monitoreo.

c. Monitoreo de Caudales en el Rio Zanampala. (RZ)

El Rio Zanampala es un punto de monitoreo principal, dentro de la red que se estableció en el Rio Guargualla, en el cual se realizo el monitoreo participativo de caudales, esto se realizo con la intervención de la comunidad en el levantamiento de información, para obtener datos periódicos de caudales, durante los meses de Agosto a Diciembre 2008, en donde se obtuvo los siguientes datos de caudales:

Cuadro 14. Caudales del RZ desde Agosto a Diciembre 2008.

| MICROCUCIENCA DEL RIO GUARGUALLA | RIO ZANAMPALA | Caudal (m3/s) | | | | | | | | | | Caudal medio mensual (m3/s) | |
|----------------------------------|---------------|------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------|-----------------------------|-------------|
| | | Agosto 2008 | | | | | | | | | | | 0.43 |
| | | 1-Aug | 5-Aug | 7-Aug | 11-Aug | 13-Aug | 20-Aug | 28-Aug | | | | | |
| | | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | | | | | |
| | | Septiembre 2008 | | | | | | | | | | | 0.43 |
| | | 4-Sep | 7-Sep | 11-Sep | 14-Sep | 23-Sep | 28-Sep | | | | | | |
| | | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.4 | 0.4 | | | | | | |
| | | Octubre 2008 | | | | | | | | | | | 0.5 |
| | | 1-Oct | 5-Oct | 7-Oct | 9-Oct | 13-Oct | 17-Oct | 19-Oct | 21-Oct | | | | |
| | | 0.5 | 0.3 | 0.5 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0.4 | | | | |
| | | Noviembre 2008 | | | | | | | | | | | 0.38 |
| | | 2-Nov | 4-Nov | 8-Nov | 12-Nov | 13-Nov | 17-Nov | 20-Nov | 25-Nov | 28-Nov | | | |
| 0.3 | 0.6 | 0.3 | 0.4 | 0.7 | 0.4 | 0.5 | 0.3 | 0.8 | | | | | |
| Diciembre 2008 | | | | | | | | | | | 0.46 | | |
| 3-Dec | 5-Dec | 6-Dec | 7-Dec | 8-Dec | 9-Dec | 10-Dec | 11-Dec | 16-Dec | 17-Dec | 20-Dec | | | |
| 0.5 | 0.5 | 0.6 | 0.5 | 0.5 | 0.4 | 0.5 | 0.3 | 0.5 | 0.4 | 0.4 | | | |

Fuente: Tapia, C (2008).

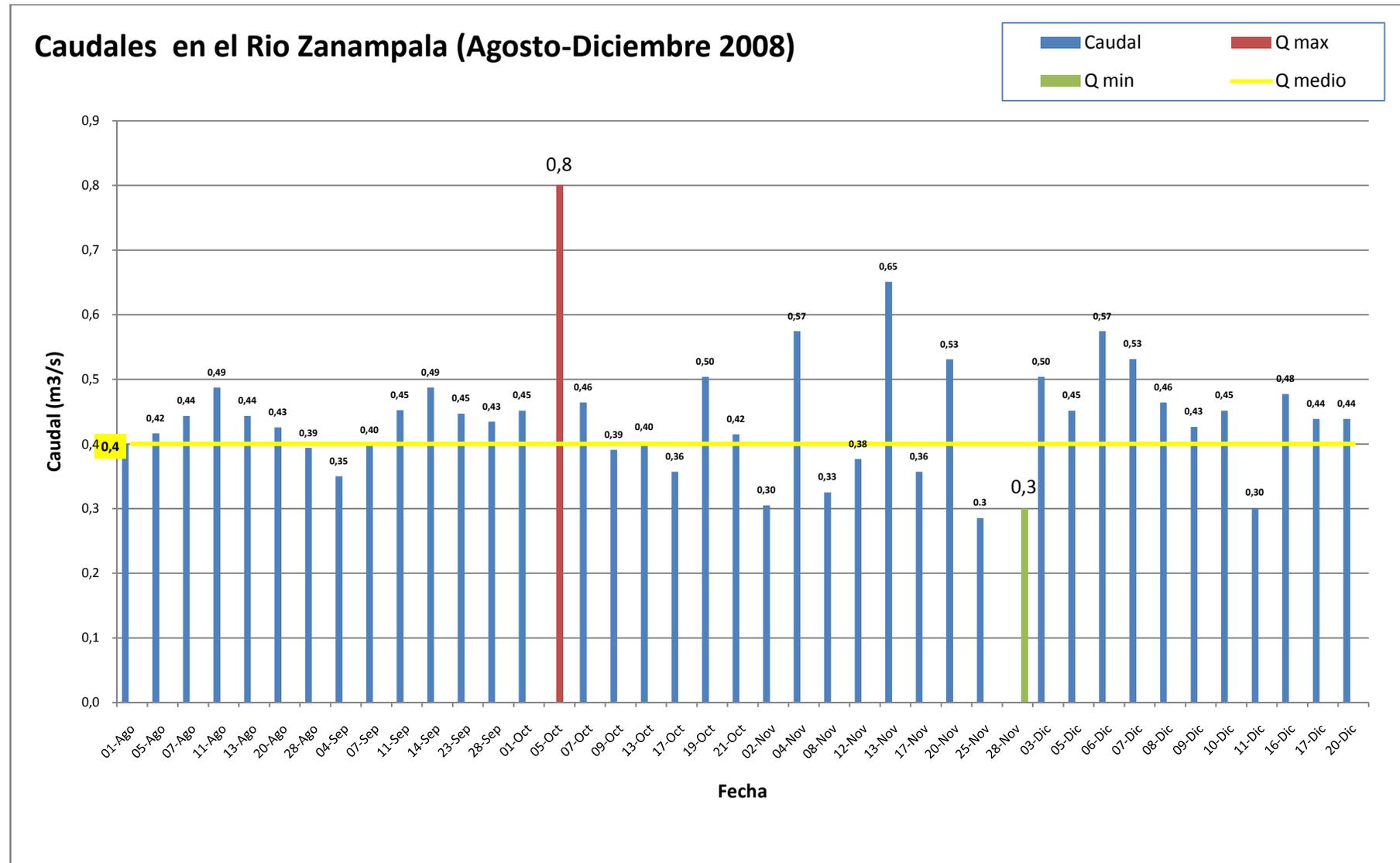


Grafico 11. Hidrograma del Rio Zanampala (Agosto-Diciembre 2008).

En el grafico 11, se muestra los caudales existentes, en el Rio Zanampala afluente principal al Rio Guargualla, durante el periodo de Agosto a Diciembre de 2008, la información de caudal se genero mediante el procesamiento de la información levantada participativamente en este punto de monitoreo.

En el grafico 11, el monitoreo de caudales del Rio Zanampala, presenta un caudal promedio de $0.4 \text{ m}^3/\text{s}$, notándose que se tienen caudales sobre el promedio en los meses de Agosto, Septiembre, Octubre y también Diciembre, lo que da a entender que en este afluente la precipitación fue determinante para el comportamiento del caudal, es por eso que el caudal máximo se registra dentro de los meses mencionados, específicamente en el mes de Octubre con un valor de $0.8 \text{ m}^3/\text{s}$.

En el mes de Noviembre es donde, se pueden apreciar que existen caudales bajos, incluso registrando valores por debajo del caudal promedio con respecto a los otros meses de estudio, si estamos considerando que la precipitación es directamente proporcional con el caudal, tendremos que en Noviembre la incidencia de las precipitaciones es menor, es así que, el caudal mínimo del monitoreo se ubica en este mes con un valor de $0.3 \text{ m}^3/\text{s}$.

A diferencia de los monitoreos de caudales realizados en los otros afluentes detallados anteriormente, en el Rio Zanampala para el mes de Diciembre se tienen caudales con valores altos que sobrepasan el caudal promedio, lo que no sucede en el Rio Yulumpala y Rio Shaigua, en los cuales se registraron caudales bajos en este mes; este hecho, da lugar a entender que en el área de la zona de recarga del Rio Zanampala, se tuvo mayor incidencia de la precipitación en este mes, con respecto a los otros afluentes.

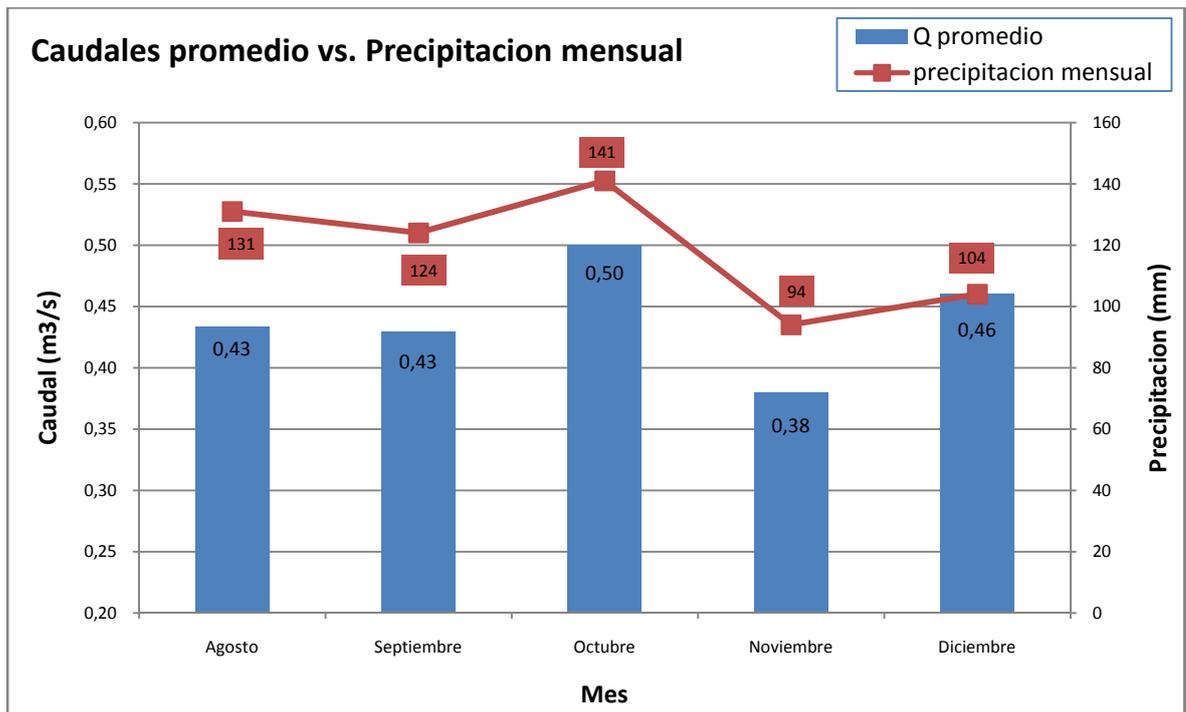


Gráfico 12. Caudales promedio vs. Precipitación mensual en el Rio Zanampala.

Discusión:

El gráfico 12, indica el comportamiento de los caudales promedios de cada mes de monitoreo en el Rio Zanampala, considerando a la precipitación mensual, el monitoreo se realizó desde Agosto a Diciembre 2008.

El comportamiento del caudal durante estos meses de investigación, se presenta de manera uniforme en el Rio Zanampala, ya que se puede visualizar en el gráfico 12, que existe un rango que va de 0.4 a 0.5 m³/s.

El gráfico 12, indica que la incidencia de la precipitación es mayor en los meses de Agosto, Septiembre y Octubre con un rango de 131 a 141 mm de precipitación, esta influencia de la precipitación hace que en este afluente se tengan caudales de 0.43 a 0.5 m³/s. Analizando el mes de Diciembre el pluviómetro registra 104 mm de precipitación, información que es menor al rango de los meses de mayor pluviometría, pero en este mes

se evidencia un caudal promedio de $4.6 \text{ m}^3/\text{s}$; suponemos que la precipitación para el área del Rio Zanampala es distinta a la superficie donde estuvo instalado el pluviómetro.

La información pluviométrica presentada en el grafico 12, indica que en el mes de Noviembre se registra 94 mm de precipitación, que resulta el valor más bajo de los meses analizados, lo que da lugar a tener un valor de caudal de $0.38 \text{ m}^3/\text{s}$.

En los márgenes que dan lugar a este afluente, presentan suelos de texturas franco arcillosos y limosos, con régimen de humedad Udico y Per Udico, en los cuales se desarrolla la vegetación natural en su gran mayoría y también existen cultivos de ciclo corto y pastos.

Estas características, ejercen influencia en el comportamiento del caudal, ya que donde existe mayor vegetación natural existe mayor retención de agua y poca escorrentía; mientras que en los suelos cultivados la retención de agua disminuye y aumenta el escurrimiento superficial, porque estos suelos presentan pendientes del 12 al 25%.

4. Bocatoma del Sistema Guargualla Licto. (BSRGL)

Este sitio, que representa la captación de agua del Rio Guargualla al Sistema de Riego Guargualla Licto, se considero para este estudio para, conocer el caudal que fluye por el rio, luego de que el sistema capta un caudal que oscila entre 0.5 a $1 \text{ m}^3/\text{s}$ (según la época del año), de tal manera que se conozca el caudal existente luego de la toma del sistema en distintos meses del año. Considerando que este sitio no es un afluente, sino que se trata de un punto en el Rio Guargualla, que también forma parte de la red de monitoreo de caudales. (ANEXO 4)

a. **Aforamientos realizados en la Bocatoma del Sistema de Riego Guargualla Licto (BSRGL).**

Cuadro 15. Aforamientos en la Bocatoma del Sistema de Riego Guargualla Licto.

| Aforos realizados "BOCATOMA SRGL" (Junio-Diciembre 2008) | | | |
|--|-------|-----------|----------------------------|
| Fecha | Aforo | Nivel (m) | Caudal (m ³ /s) |
| 18-Jun-08 | 1 | 0.9 | 4.927 |
| 24-Sep-08 | 2 | 0.92 | 4.503 |
| 30-Oct-08 | 3 | 1.13 | 9.834 |
| 12-Nov-08 | 4 | 0.93 | 4.242 |
| 20-Nov-08 | 5 | 1.01 | 5.977 |
| 11-Dec-08 | 6 | 0.76 | 3.391 |

Fuente: Tapia C, (2008)

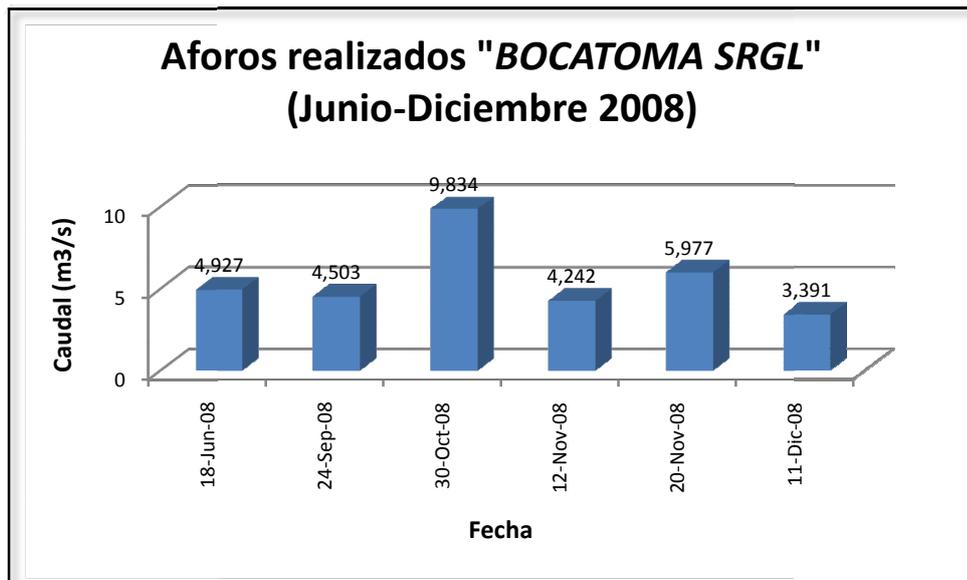


Gráfico 13. Hidrograma de la Bocatoma del Sistema del Riego Guargualla Licto con los aforos realizados.

Discusión:

En el gráfico 13, se muestra que en la Bocatoma SRGL, se realizaron seis aforamientos, los mismos que se ejecutaron desde Junio a Diciembre de 2008, en el periodo de investigación.

De los aforamientos realizados, se tiene que el valor de caudal más bajo se registra en Diciembre con $3.3 \text{ m}^3/\text{s}$, lo que refleja que las precipitaciones en las primeras semanas de este mes fueron escasas; como este punto de monitoreo recoge el flujo hídrico proveniente de los afluentes tratados anteriormente, se entiende que este aforamiento también tiene que ser bajo ya que en los afluentes también se registraron valores bajos.

El aforamiento realizado, a finales del mes de Octubre denota un valor de $9.8 \text{ m}^3/\text{s}$, el mismo que es el caudal más alto obtenido mediante aforamientos realizados en el campo; este valor indica que para esta fecha la incidencia de las precipitaciones fue mayor en el área de estudio, y es evidente que el caudal es mayor en los afluentes analizados ya que este punto de monitoreo recoge el caudal proveniente de los mismos.

Los datos de los aforos visualizados en el hidrograma, se utilizan para la elaboración de la curva de descarga de agua de este punto de monitoreo, la misma que reflejara el comportamiento del caudal en periodo antes mencionado.

La curva de descarga de agua de la Bocatoma del Sistema de Riego Guargualla Licto se muestra a continuación:

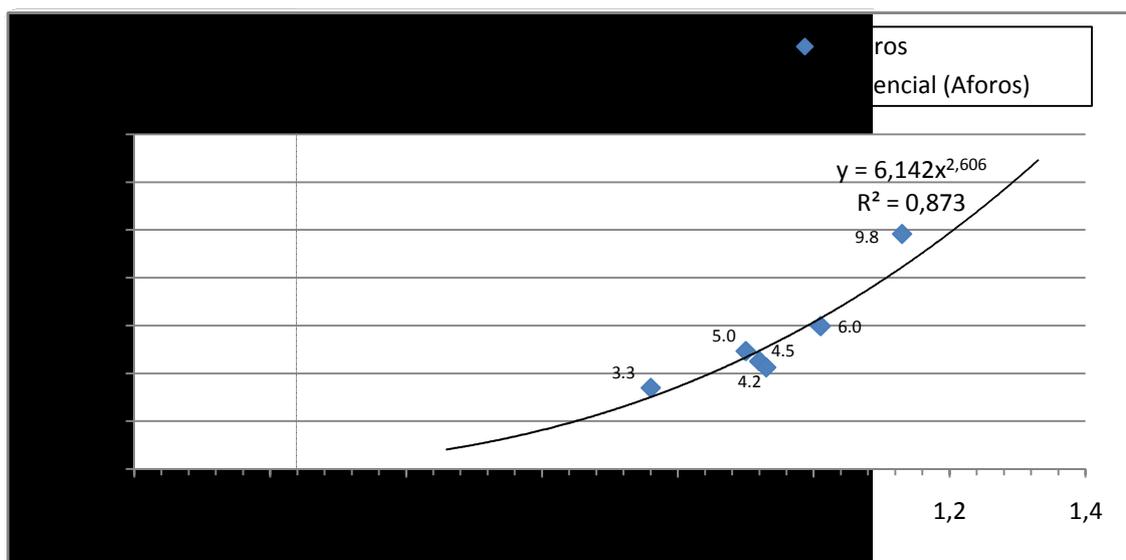


Gráfico 14. Curva de descarga de agua de la Bocatoma SRGL

La curva de descarga de agua del gráfico 14, se obtuvo mediante los aforos realizados en distintos tiempos durante la época de investigación, considerando el nivel de agua que marca en la regleta y el caudal medido.

En el gráfico 14, se tiene que de todos los aforamientos realizados, la información que más se ajusta a la línea potencial son los caudales comprendidos entre 5 y 6 m³/s; es decir, que la descarga hídrica normal está comprendida en este rango, al menos en los meses de Junio a Diciembre de 2008.

Con la curva generada, se obtiene una ecuación la cual sirve para determinar el valor del caudal mediante los datos de nivel de agua tomados en el campo participativamente con las comunidades.

Ecuación de la curva de descarga de agua de la Bocatoma del Sistema de Riego Guargualla Licto:

$$y = 6.1424x^{2.2222}$$

Donde:

y = Caudal (m³/s)

x = Nivel de Agua (m)

c. Monitoreo de Caudales en la Bocatoma del Sistema de Riego Guargualla Licto (BSRGL).

La Bocatoma SRGL es un punto considerado dentro de la red, en el cual se realizo el monitoreo participativo de caudales desde Junio a Diciembre de 2008, para lo cual se recopiló información de las regletas instaladas, es decir de los niveles de agua, los mismos que son traducidos a caudal mediante la ecuación que genera la curva de descarga, de tal manera que se tiene una serie de datos periódicos de caudales.

Cuadro 16. Caudales de la BSRGL desde Junio a Diciembre 2008.

| MICROCUCENCA DEL RIO GUARGUALLA | BOCATOMA DEL SISTEMA DE RIEGO GUARGUALLA LICTO | Caudal (m3/s) | | | | | | | Caudal medio mensual (m3/s) | | |
|---------------------------------|--|------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------------------|---------------|------------|
| | | Junio 2008 | | | | | | | | | |
| | | <i>18-Jun</i> | <i>24-Jun</i> | | <i>25-Jun</i> | | <i>27-Jun</i> | | 5.2 | | |
| | | 4.9 | 5.4 | | 6.6 | | 4.0 | | | | |
| | | Julio 2008 | | | | | | | | | |
| | | <i>2-Jul</i> | <i>14-Jul</i> | <i>18-Jul</i> | <i>21-Jul</i> | <i>23-Jul</i> | <i>26-Jul</i> | <i>27-Jul</i> | 5.6 | | |
| | | 7.0 | 6.1 | 5.4 | 6.1 | 4.7 | 5.4 | 4.7 | | | |
| | | Agosto 2008 | | | | | | | | | |
| | | <i>5-Aug</i> | <i>7-Aug</i> | <i>11-Aug</i> | | <i>13-Aug</i> | | <i>20-Aug</i> | <i>28-Aug</i> | 5.3 | |
| | | 4.3 | 5.4 | 8.8 | | 5.4 | | 4.9 | 5.4 | | |
| | | Septiembre 2008 | | | | | | | | | |
| | | <i>4-Sep</i> | <i>7-Sep</i> | <i>10-Sep</i> | | <i>14-Sep</i> | | <i>24-Sep</i> | <i>28-Sep</i> | 5.1 | |
| | | 4.7 | 4.0 | 5.4 | | 7.0 | | 4.5 | 4.9 | | |
| | | Octubre 2008 | | | | | | | | | |
| | | <i>1-Oct</i> | <i>5-Oct</i> | <i>7-Oct</i> | <i>9-Oct</i> | <i>13-Oct</i> | <i>17-Oct</i> | <i>19-Oct</i> | <i>21-Oct</i> | <i>30-Oct</i> | 5.7 |
| | | 5.1 | 3.7 | 5.2 | 4.4 | 4.5 | 4.0 | 5.7 | 5.4 | 9.8 | |
| | | Noviembre 2008 | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|-----------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------------|--------|------------|
| | | 2-Nov | 4-Nov | 8-Nov | 12-Nov | 13-Nov | 17-Nov | 20-Nov | 25-Nov | 28-Nov | 4.8 | | |
| | | 3.4 | 6.5 | 3.7 | 4.2 | 7.3 | 4.0 | 6.0 | 3.2 | 6.4 | | | |
| | | Diciembre 2008 | | | | | | | | | | | |
| | | 3-Dec | 5-Dec | 6-Dec | 7-Dec | 8-Dec | 9-Dec | 10-Dec | 11-Dec | 16-Dec | 17-Dec | 20-Dec | 5.1 |
| | | 5.7 | 5.1 | 6.5 | 6.0 | 5.2 | 4.8 | 5.1 | 3.4 | 5.4 | 4.9 | 4.9 | |

Fuente: Tapia C, (2008)

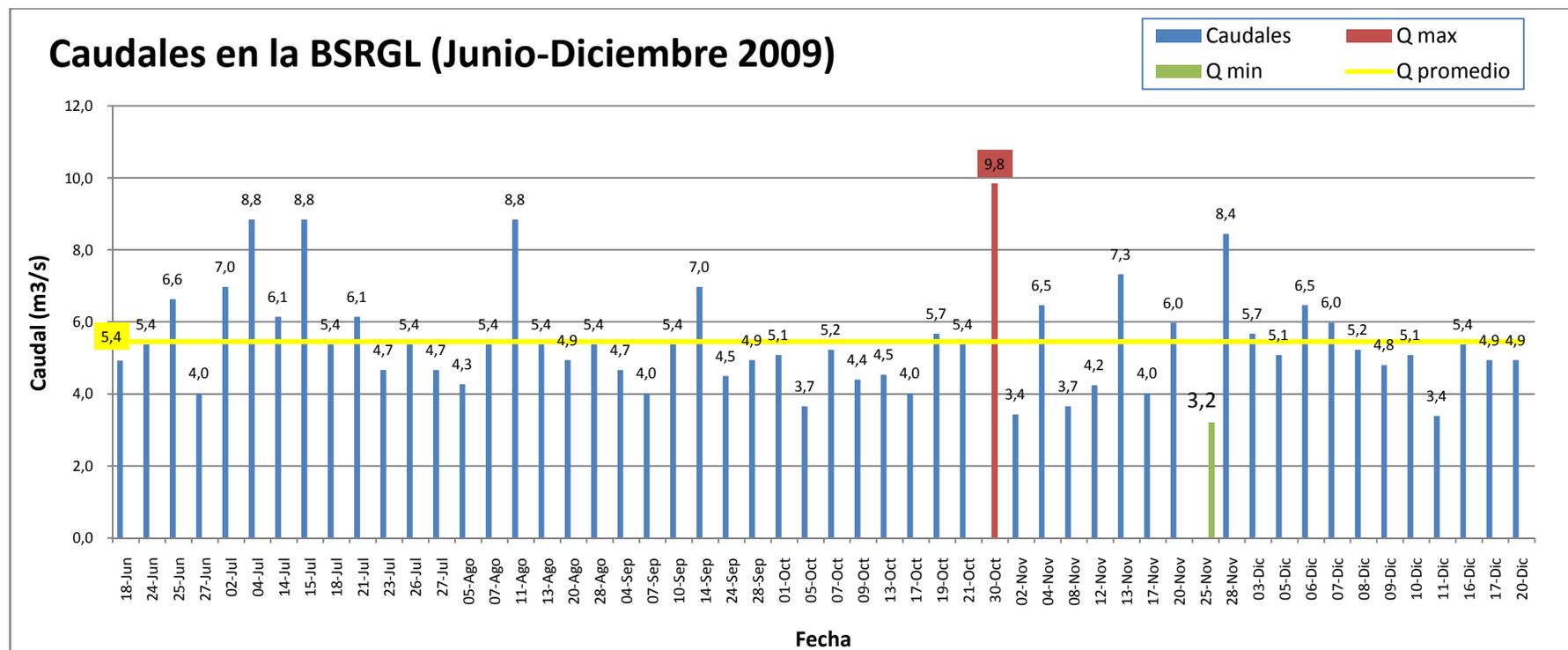


Grafico 15. Hidrograma de la Bocatoma del Sistema de Riego Guargualla Licto (Junio-Diciembre 2008).

En el grafico 15, se indican los datos generados en el monitoreo de los caudales, que se realizo en la Bocatoma SRGL desde Junio a Diciembre de 2008, esta información presentada se obtuvo con el levantamiento de los datos de niveles de agua en el campo, y el procesamiento de estos en la curva de descarga respectiva.

Del monitoreo de caudales mostrados en el grafico 15, el caudal promedio registrado en la Bocatoma SRGL es de $5.4 \text{ m}^3/\text{s}$, teniéndose caudales altos en los meses de Julio a Octubre con valores que igualan o superan el caudal promedio, entendiéndose que es en estos meses en donde las precipitaciones incidieron notablemente.

El caudal mínimo es de $3.2 \text{ m}^3/\text{s}$, y se lo registro en el mes de Noviembre en la cual la información de caudales muestra algunos valores debajo del caudal promedio, lo que significa que las precipitaciones en este mes son escasas, las mismas que en el mes siguiente, es decir Diciembre vuelven a presentarse incidiendo en el comportamiento de los caudales de este mes, ya que muestra valores más altos que Noviembre.

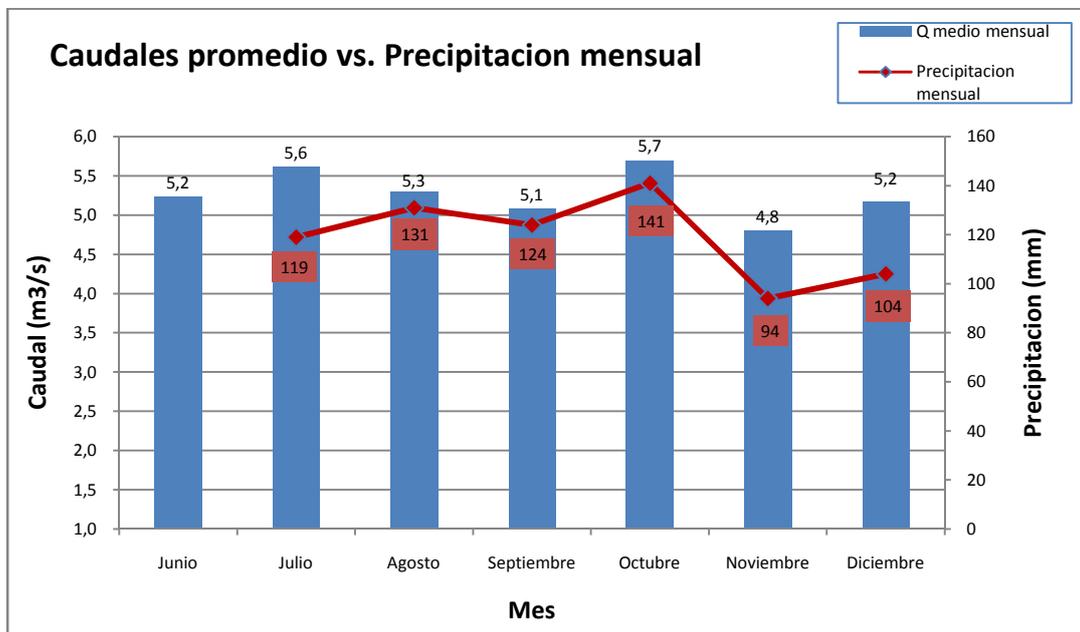


Grafico 16. Caudales promedio vs. Precipitación mensual en la BSRGL.

Discusión:

El grafico 16, muestra los datos obtenidos de caudales medios mensuales con respecto a la precipitación mensual en la Bocatoma SRGL, durante Junio a Diciembre.

Como se puede visualizar en el grafico 16, el comportamiento de los caudales en este punto de monitoreo, tiende a ser uniforme ya que se tienen valores comprendidos entre 5.08 y 5.7 m³/s.

Si analizamos la información pluviométrica del grafico 16, indica que la incidencia de la precipitación es mayor en los meses de Agosto, Septiembre y Octubre, teniéndose un rango que va de 131 a 141 mm de precipitación, notándose un incremento de caudal pues se tienen valores de 5.3, 5.1 y 5.7 m³/s.

En los meses de Julio y Diciembre, también existen caudales altos cuyos valores son 5.6 y 5.2 m³/s, sin embargo los datos de precipitación no están dentro del rango alto antes mencionado, pues se tienen valores de 119 mm y 104 mm en los meses respectivos, esto hace pensar de que se tiene distinto comportamiento de la precipitación para cada afluente; es decir, que en alguna de las superficies que conforman un afluente la precipitación fue mayor a la registrada por el pluviómetro que estuvo ubicado en un lugar distinto a la superficie en donde la precipitación no fue la misma.

5. Estación Hidrométrica del INAMHI (H-789) Guargualla AJ Chambo

Sitio en el cual, el INAMHI realiza aforos temporales, al Rio Guargualla antes de la desembocadura con el Rio Chambo y además genera información diaria de caudal a través de lecturas limnimétricas (regletas graduadas), este punto es considerado dentro de este estudio como principal, debido a que en este sitio del Rio Guargualla, se recoge toda el agua proveniente de la microcuenca alta, media y baja, por lo que es importante conocer la cantidad de agua (oferta hídrica) que existe en este punto.

a. **Aforamientos realizados en la Estación Hidrométrica del Inamhi H-789 Guargualla AJ Chambo**

En la Estación Hidrométrica H-789 Guargualla AJ Chambo, se realizo cuatro aforamientos, los mismos que se muestran a continuación:

Cuadro 17. Aforamientos en la Estación Hidrométrica H-789 Guargualla AJ Chambo.

| Aforos realizados "H-789" (Agosto – Diciembre 2008) | | | |
|---|-------|-----------|----------------------------|
| Fecha | Aforo | Nivel (m) | Caudal (m ³ /s) |
| 21-Aug-08 | 1 | 0.5 | 8.46 |
| 24-Sep-08 | 2 | 0.52 | 6.595 |
| 29-Oct-08 | 3 | 0.65 | 8.311 |
| 11-Dec-08 | 4 | 0.43 | 3.841 |

Fuente: Tapia C, (2008)

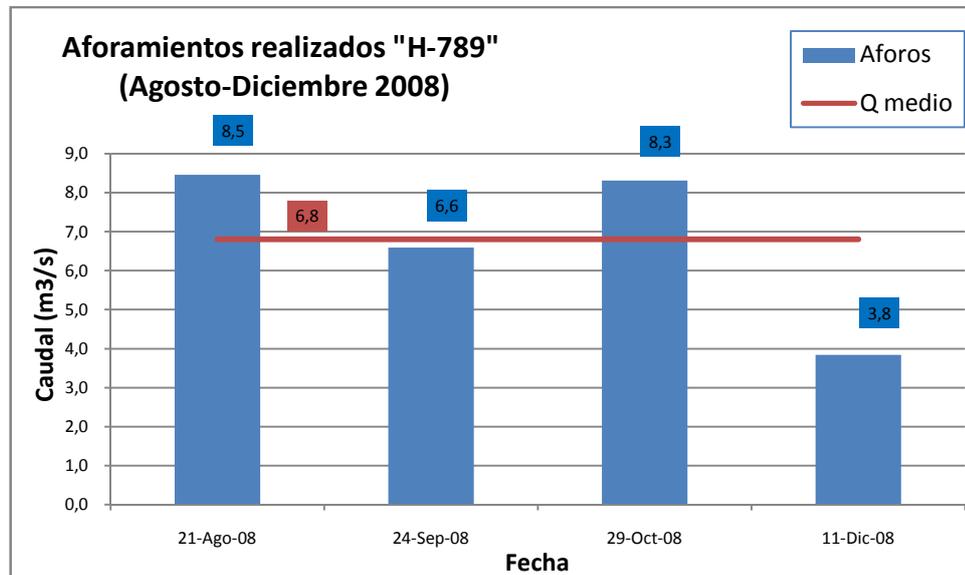


Gráfico 17. Hidrograma de la Estación Hidrométrica del Inamhi H-789 Guargualla AJ Chambo con los aforamientos realizados

En el gráfico 17, se puede observar los datos de los 4 aforos ejecutados en H-789 que en este estudio es un punto principal de monitoreo, de esta información presentada se tiene que el caudal más bajo se obtuvo en la medición realizada en Diciembre con 3.8 m³/s,

mientras que Agosto y Octubre se tienen 8.5 y 8.3 m³/s respectivamente, correspondiendo a valores de caudal altos.

El valor de caudal medio para estos meses de investigación, es de 6.8 m³/s.

Estos aforamientos, se usaran como datos complementarios a los aforamientos realizados por el INAMHI desde el año 2004, lo que permitirá elaborar la curva de descarga para este punto de la red de monitoreo

La información de los resultados de aforos realizados por el INAMHI, fue proporcionada por la institución en cuestión previo el trámite pertinente.

Cuadro 18. Aforamientos realizados en H-789 (2004-2008)

| Aforo | Nivel (m) | Caudal (m3/s) | Fecha | Responsable |
|--------------|------------------|----------------------|--------------|--------------------|
| 1 | 0.53 | 3.34 | 23-May-04 | INAMHI |
| 2 | 0.48 | 3.2 | 12-Nov-04 | INAMHI |
| 3 | 0.36 | 1.79 | 27-Feb-05 | INAMHI |
| 4 | 0.71 | 6.91 | 3-Sep-05 | INAMHI |
| 5 | 0.32 | 1.59 | 18-Feb-06 | INAMHI |
| 6 | 0.5 | 3.56 | 14-Jun-06 | INAMHI |
| 7 | 0.42 | 2.32 | 7-Nov-06 | INAMHI |
| 8 | 0.49 | 2.82 | 20-Nov-07 | INAMHI |
| 9 | 0.41 | 1.72 | 7-Mar-07 | INAMHI |
| 10 | 0.57 | 7.57 | 29-Aug-07 | INAMHI |
| 11 | 0.27 | 2.27 | 5-Dec-07 | INAMHI |
| 12 | 0.55 | 6.14 | 22-Apr-08 | INAMHI |
| 13 | 0.5 | 8.46 | 21-Aug-08 | AUTOR |
| 14 | 0.52 | 6.595 | 24-Sep-08 | AUTOR |
| 15 | 0.65 | 8.311 | 29-Oct-08 | AUTOR |
| 16 | 0.43 | 3.841 | 11-Dec-08 | AUTOR |

Fuente: INAMHI

Los datos del cuadro 18, se utilizan para elaborar la curva de descarga de agua de H-789, que se muestra a continuación:

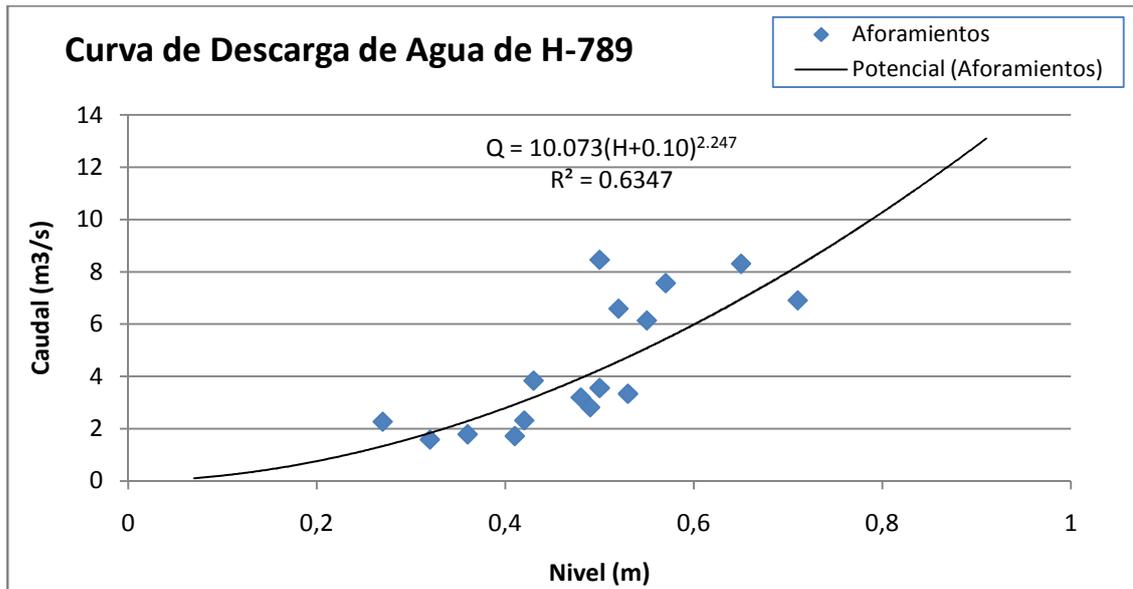


Gráfico 18. Curva de Descarga de Agua de H-789.

El gráfico 18, muestra la curva de descarga de agua de Estación Hidrométrica H-789, la cual se elaboró considerando los 16 aforamientos realizados en este punto de monitoreo a partir del año 2004 hasta el 2008 indicados en el cuadro 17.

Para elaborar la curva de descarga, se toma en cuenta los datos de nivel de agua en el eje de las abscisas y el caudal obtenido en el eje de las ordenadas, de tal manera que se obtiene una línea de tendencia que involucra a todos los aforamientos ejecutados.

La línea de tendencia de los aforos, es la curva de descarga de agua la cual representa el comportamiento del caudal con respecto a los niveles limnimétricos. La curva presenta la siguiente ecuación de la H-789:

$$Q = 10.073 (H + 0.10)^{2.247}$$

Donde:

Q = Caudal

H = Nivel de Agua

La ecuación de la curva de descarga de la Estación Hidrométrica H-789, permite trabajar con las lecturas limnométricas que se realizan diariamente en este punto de monitoreo, por parte de una persona que habita cerca de la estación, de tal manera que se obtienen datos de caudal diario los mismos que son procesados mensualmente para tener información de todos los meses del año. Los datos que presentan cada año permiten tener una idea del comportamiento del caudal a través del tiempo. Como se muestra en el siguiente cuadro.

b. Análisis de la información recolectada en el INAMHI

Cuadro 19. Caudales medios mensuales de la Estación Hidrométrica H-789 Guargualla AJ Chambo

| ESTACION HIDROMETRICA DEL RIO GURAGUALLA | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|-------|
| CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m3/S) | | | | | | | | | | | | | | |
| Series de Datos Hidrométricos | | | | | | | | | | | | | | |
| Periodo: 1990-2008 | | | | | | | Código: H-789 | | | | | | | |
| Nombre: H-789 Guargualla AJ Chambo | | | | | | | Elevación: 2813 | | | | | | | |
| Latitud: 1°52'5" | | | | | | | Longitud: 78°36'17" | | | | | | | |
| AÑOS | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | SUMA | MEDIA |
| 1990 | 2.442 | 3.091 | 4.835 | 4.276 | 5.472 | 7.951 | 5.46 | 4.46 | 3.597 | 3.528 | 3.165 | 2.7 | 50.977 | 4.25 |
| 1991 | 2.108 | 3.938 | 2.363 | 2.574 | 3.07 | 4.255 | 10.17 | 8.581 | 5.303 | | | | | 4.71 |
| 1992 | 5.941 | 7.728 | 6.148 | 5.604 | 4.137 | 3.159 | 2.339 | | | | | | | 5.01 |
| 1993 | 3.585 | 4.21 | 10.047 | 6.738 | 4.658 | 8.087 | 10.3 | 6.825 | 7.88 | 4.667 | 5.594 | 5.498 | 78.089 | 6.51 |
| 1994 | 4.638 | 5.148 | 4.888 | 6.72 | 7.513 | 10.292 | 6.021 | 8.203 | 5.745 | 1.823 | 2.269 | 1.527 | 64.787 | 5.40 |
| 1995 | 1.381 | 0.892 | 0.765 | 2.347 | 2.141 | 2.323 | 5.012 | 1.568 | 2.174 | 1.136 | 1.178 | 0.728 | 21.645 | 1.80 |
| 1996 | 1.518 | 1.983 | 2.31 | 1.984 | 1.982 | 9.322 | 5.799 | 5.681 | 3.774 | 2.529 | 2.464 | | | 3.58 |
| 1997 | 1.857 | 3.621 | 3.764 | 3.759 | 5.6 | 3.174 | 11.452 | 3.538 | 3.742 | 2.636 | 3.549 | 3.078 | 49.77 | 4.15 |
| 1998 | 2.433 | 2.505 | 3.168 | 4.96 | 5.237 | 7.668 | 13.092 | 7.576 | 4.083 | 3.616 | 3.11 | 1.897 | 59.345 | 4.95 |
| 1999 | 1.997 | 3.567 | 5.173 | 8.371 | 7.547 | 6.208 | 5.767 | 6.775 | 3.313 | 3.085 | 1.561 | 1.883 | 55.247 | 4.60 |
| 2000 | 1.694 | 2.911 | 3.535 | 5.412 | 11.629 | 9.121 | 5.308 | 6.1 | 4.203 | 3.686 | 1.43 | 1.629 | 56.658 | 4.72 |
| 2001 | 1.524 | 1.979 | 1.852 | 4.029 | | | | | | | | | | |
| 2002 | 3.246 | 0.835 | | | | | | | | | | | | |
| 2003 | 1.936 | 2.3175 | 2.2185 | 2.4188 | 4.3758 | 6.9914 | 5.7636 | 4.0959 | 2.962 | 2.6288 | 2.2185 | 3.4408 | | 3.28 |
| 2004 | 1.3586 | 1.8466 | 4.6659 | 4.6659 | 5.2774 | 8.7655 | 7.3665 | 4.6659 | 3.5668 | 3.8263 | 3.1964 | 2.4188 | | 3.27 |
| 2005 | 1.4342 | 2.5226 | 3.1964 | 6.101 | 3.3174 | 5.1206 | 4.3758 | 2.962 | 2.5226 | 2.0278 | 1.7594 | 2.2185 | | 4.35 |
| 2006 | 1.994 | 2.431 | 2.042 | 2.482 | 2.752 | 4.324 | 3.363 | 3.409 | 3.794 | 2.53 | 2.912 | 3.136 | 35.169 | 2.49 |
| 2007 | 3.35 | 1.45 | 2.50 | 4.62 | 4.11 | 10.15 | 3.12 | 3.77 | 3.41 | 2.64 | 2.93 | 2.05 | | 4.79 |
| 2008 | 2.88 | 4.41 | 3.90 | 6.14 | 3.63 | 4.22 | 6.75 | 8.46 | 6.59 | 8.33 | | 3.84 | | 6.66 |
| suma | 27.171 | 36.276 | 44.742 | 49.623 | 61.63 | 69.344 | 92.995 | 68.982 | 55.119 | 34.618 | 33.702 | 27.714 | 601.916 | 50.16 |
| media | 2.264 | 3.023 | 3.728 | 4.511 | 5.135 | 6.304 | 7.749 | 5.748 | 4.593 | 3.147 | 2.808 | 2.309 | 51.323 | 4.28 |
| Mínima | 1.381 | 0.892 | 0.765 | 1.984 | 1.982 | 2.323 | 3.363 | 1.568 | 2.174 | 1.136 | 1.178 | 0.728 | | 0.73 |
| Máxima | 4.638 | 5.148 | 10.047 | 8.371 | 11.629 | 10.292 | 13.092 | 8.581 | 7.88 | 4.667 | 5.594 | 5.498 | | 13.09 |

Fuente: INAMHI

Los datos presentados en el cuadro 19, dan a conocer los caudales medios mensuales desde el año 1990 hasta el 2008. Lo que permite realizar una grafica del comportamiento anual del caudal durante este periodo de tiempo, como se muestra a continuación:

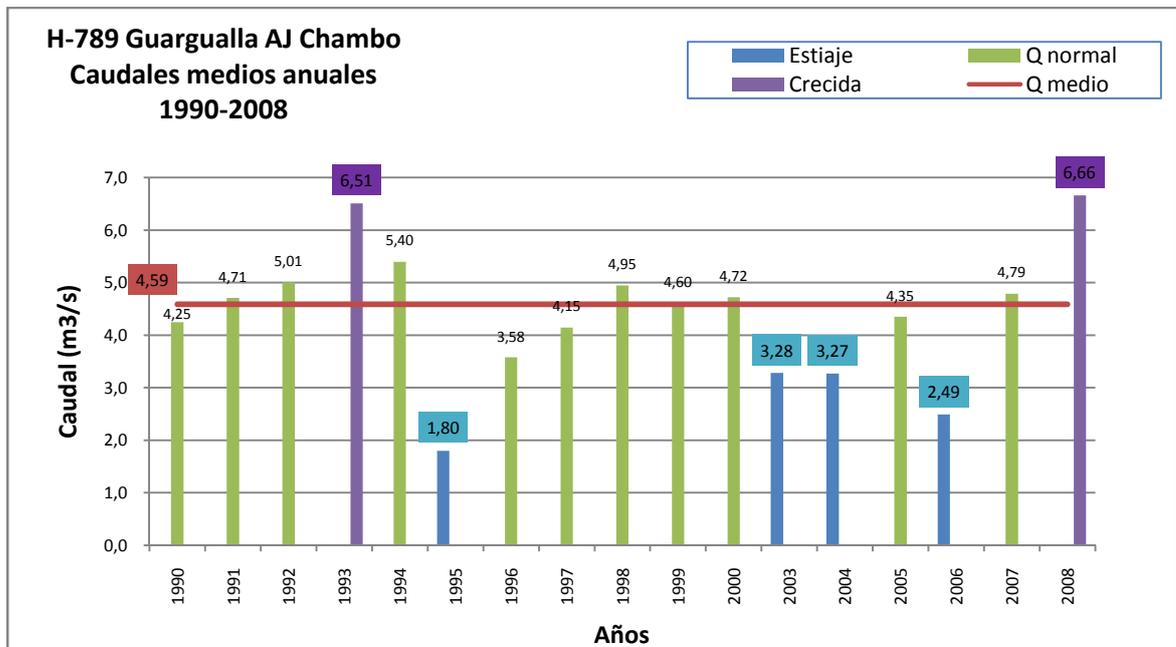


Grafico 19. Caudales medios anuales 1990-2008

La grafica 19, muestra la fluctuación de los caudales en los últimos 17 años en la Estación Hidrométrica H-789, considerando el caudal medio anual desde 1990-2008.

El caudal promedio de descarga en este periodo es de $4.5 \text{ m}^3/\text{s}$ por año, también se puede observar que existe un dato bajo de caudal con $1.8 \text{ m}^3/\text{s}$ en 1995 el cual significa un año en el que hubo estiaje; existe caudales altos de 6.5 y $6.6 \text{ m}^3/\text{s}$ en 1993 y 2008, con respecto al último año es lo que se pudo comprobar con esta investigación.

Visualizando en la grafica 19 y el cuadro 18, se pueden establecer diferentes rangos de caudal en la Estación Hidrométrica H-789.

Cuadro 20. Rangos de caudal para la Estación Hidrométrica H-789
Guargualla AJ Chambo

| Rango Q medio anual | Número de años por rango | % | Interpretación Total 17 años |
|---------------------------|--------------------------|------|------------------------------|
| < 3.5 m ³ /s | 4 | 23.5 | caudales de estiaje |
| 3.6 - 6 m ³ /s | 11 | 64.7 | caudales normales |
| > 6.1 m ³ /s | 2 | 11.7 | caudales de crecida |

Fuente: Tapia C (2009)

B. OFERTA HIDRICA MEDIA DE LA RED DE MONITOREO DE CAUDALES DE LA MICROCUENCA DEL RIO GUARGUALLA.

La oferta hídrica media de la red de monitoreo, se la determino mediante el monitoreo de caudales en los puntos considerados para la Red, durante seis meses desde (Junio-Diciembre de 2008), en donde se obtuvieron varios datos hidrométricos como se mostro anteriormente, de dichos datos, se determino la oferta hídrica media de cada punto.

Cuadro 21. Oferta hídrica media de los puntos de la Red de monitoreo de caudales.

| Código | Nombre | Detalle | Oferta hídrica media (m ³ /s) | Periodo de monitoreo (2008) |
|--------|--|---------------------------|--|-----------------------------|
| RY | Rio Yulumpala | Afluente al R. Guargualla | 4.3 | Julio - Diciembre |
| RS | Rio Shaigua | Afluente al R. Guargualla | 1.7 | Julio - Diciembre |
| RZ | Rio Zanampala | Afluente al R. Guargualla | 0.4 | Agosto - Diciembre |
| BSRGL | Bocatoma del Sistema de Riego Guargualla Licto | Punto en el R. Guargualla | 5.4 | Junio - Diciembre |
| H-789 | Estación Hidrológica del INAMHI "Guargualla AJ Chambo" | Punto en el R. Guargualla | 6.6 | Agosto - Diciembre |

Fuente: Tapia C (2009)

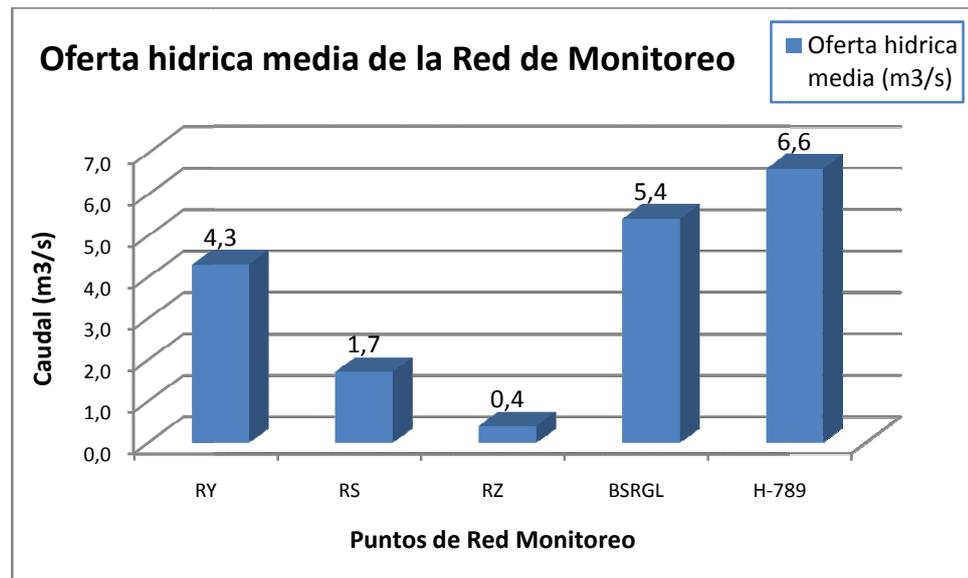


Grafico 20. Oferta hídrica media de la Red de monitoreo de caudales del Rio Guargualla.

En el cuadro 21, se indica que de los 5 puntos que conforman la Red de monitoreo de caudales del Rio Guargualla, 3 de estos corresponden a afluentes que dan lugar al Rio principal y los otros 2 puntos son puntos en el cauce del Rio situados estratégicamente.

La grafica 20, muestra que de los 3 afluentes considerados en la Red, es el Rio Yulumpala quien aporta con la mayor descarga de oferta hídrica media con 4.3 m³/s, esto se debe a la superficie que representa este afluente pues se trata de 5350 ha.

El afluente que le sigue al anterior, con respecto a la oferta es el Rio Shaigua que realiza una descarga de 1.7 m³/s, este afluente posee una superficie de 2332 ha.

El Rio Zanampala es el afluente que menos descarga hídrica realiza al Rio Guargualla con un valor 0.4 m³/s con respecto al área de influencia que es de 1153 ha.

La Bocatoma del Sistema de Riego Guargualla Licto y la Estación Hidrométrica del Inamhi H-789 Guargualla AJ Chambo, son puntos que integran la Red de monitoreo, pero no son afluentes sino sitios estratégicos del Rio Guargualla, en los cuales se realizo el monitoreo de caudales con el fin de saber si en el caso de la Bocatoma SRGL, la cantidad de agua en

este periodo de investigación satisface los requerimientos hidrométricos del Sistema de Riego Guargualla Licto, determinando que luego de la captación del sistema se tiene una oferta media de 5.4 m³/s, y en el caso de la Estación Hidrométrica H-789 se realizó el monitoreo con el propósito de conocer la oferta hídrica media del Río Guargualla que para este periodo es de 6.6 m³/s.

C. OFERTA HIDRICA DEL RIO GUARGUALLA.

La oferta hídrica en la Estación Hidrométrica H-789 Guargualla AJ Chambo, representa la descarga del Río Guargualla al Río Chambo durante el periodo de investigación.

Para determinar la oferta hídrica del Río Guargualla, es necesario conocer los caudales concesionados existentes en la microcuenca, para lo cual se recopiló información de las concesiones que se encuentran registradas en la Agencia de Aguas de Chimborazo.

Cuadro 22. Concesiones de Agua en la Microcuenca del Río Guargualla.

| Jurisdicción | Cuenca | Subcuenca | Microcuenca | Uso | Concesiones | Caudal (l/s) |
|--------------|---------|------------|----------------|-------------------|-------------|---------------|
| Chimborazo | Pastaza | Río Chambo | Río Guargualla | Abrevadero | 27 | 2.5 |
| Chimborazo | Pastaza | Río Chambo | Río Guargualla | Consumo Domestico | 53 | 19.8 |
| Chimborazo | Pastaza | Río Chambo | Río Guargualla | Riego | 101 | 2101.2 |
| TOTAL | | | | | 181 | 2123.5 |

Fuente: Agencia de Aguas Chimborazo

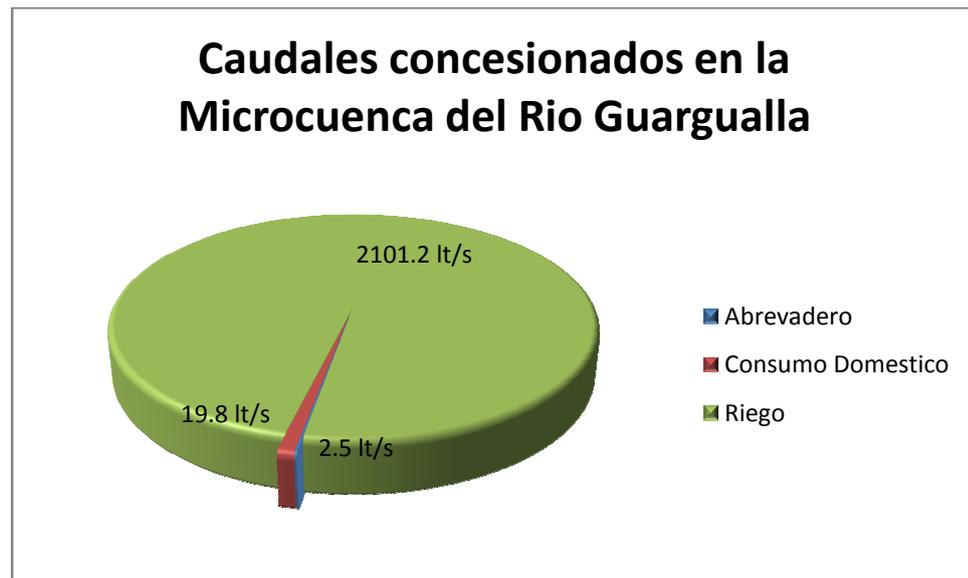


Grafico 21. Caudales concesionados de la Microcuenca del Rio Guargualla.

En el cuadro 22, se indican las concesiones existentes en la microcuenca del Rio Guargualla, en donde se han identificado 3 tipos de usos para los caudales concesionados estos son Abrevadero, Consumo Domestico y Riego.

En total existen 181 concesiones, de las cuales 27 son para abrevadero, 53 para consumo domestico y 101 para riego, sumando $2.1 \text{ m}^3/\text{s}$, caudal que se encuentra concesionado

Cuadro 23. Oferta hídrica de la microcuenca del Rio Guargualla.

| Microcuenca | Oferta media | Caudal concesionado en Uso | Caudal concesionado aproximado (fc) | Oferta Total | Oferta Neta | Indicé de escases | Apreciación de la escases |
|----------------|-----------------------|----------------------------|-------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|---|
| Nombre | m^3/s | m^3/s | m^3/s | m^3/s | m^3/s | % | |
| Rio Guargualla | 6.6 | 2.1 | 1.68 | 8.28 | 4.97 | 25.36 | Caudal en uso apreciable respecto a la oferta |

Fuente: Tapia C, (2009).

Según Díaz P, (2007). El caudal concesionado se multiplica por un factor de corrección que es 0.8, por presentarse en la base de datos de la subcuenca irregularidades así como concesiones no actualizadas.

La oferta hídrica media de la microcuenca es de $6.6 \text{ m}^3/\text{s}$, información obtenida durante los seis meses de monitoreo.

La oferta hídrica total es de $8.2 \text{ m}^3/\text{s}$, y se obtiene de la suma entre la oferta hídrica media y los caudales concesionados de la microcuenca, considerando las adjudicaciones realizadas por la Agencia de aguas de la Secretaria Nacional del Agua (SENAGUA).

Es necesario realizar un ajuste, en los datos obtenidos de la Agencia de Aguas acerca de las concesiones debido a que estos datos presentan errores como duplicación de datos, nombre de la adjudicación, coordenadas y concesiones no actualizadas. Por esto, se ajusto el valor de las concesiones hídricas multiplicándola por el factor de corrección 0.8 para determinar el **caudal concesionado aproximado** que da un valor de $1.68 \text{ m}^3/\text{s}$.

La oferta neta se determina, ajustando la oferta total con una reducción del 40% (avalado por la UNESCO) que representa el caudal para mantener el régimen hidrológico mínimo y sostenimiento de los ecosistemas. Con esta reducción se obtiene un $4.9 \text{ m}^3/\text{s}$ como oferta neta.

Según Díaz P (2007), el **índice de escases** se determina con la oferta total y el caudal concesionado existente, se hace una relación entre las dos tomando como el 100% a la oferta y determinando el valor del caudal concesionado al porcentaje que le corresponde.

No se considera a la oferta media, debido que para obtener el índice de escases se debe obtener con la oferta hídrica total que la microcuenca ofrece antes de ser adjudicada.

De acuerdo a las Naciones Unidas cuando el índice de escases supere el 20% significa que existen caudales concesionados o en uso apreciables con respecto a la oferta, cuyo caudal corre el peligro para mantener el régimen hídrico mínimo.

La microcuenca del Río Guargualla presenta una oferta total de 8.2 m³/s y el caudal concesionado en uso es de 2.1 m³/s que según el índice de escases de la oferta sobre las concesiones es apreciable, por lo que será necesario ordenar la oferta con los caudales en uso para prevenir futuras crisis, siendo necesario dar un adecuado control procesos de ordenamiento de la microcuenca.

D. MEDICION DE CAUDALES EN LOS PUNTOS SECUNDARIOS DE MONITOREO DE LA MICROCUENCA DEL RIO GUARGUALLA.

Cuadro 24. Puntos secundarios de monitoreo.

| No. | Código | Identificación | Longitud | Latitud | Altura (msnm) | Observación |
|-----|--------|--------------------|----------|---------|---------------|---------------------------------|
| 1 | QT | Quebrada Tablameza | 776180 | 9780407 | 3493.5 | Afluente al R. Mishahuanchi |
| 2 | QC | Quebrada Calalanda | 776146 | 9780331 | 3496 | Afluente al R. Mishahuanchi |
| 3 | RM | Río Mishahuanchi | 775186 | 9782626 | 3368 | Afluente al R. Yulumpala |
| 4 | RT | Río Tambillo | 775189 | 9782632 | 3368 | Afluente al R. Yulumpala |
| 5 | QY | Quebrada Yuracrumi | 774217 | 9783960 | 3322.5 | Afluente al R. Yulumpala |
| 6 | QR | Quebrada Rumipamba | 773605 | 9786877 | 3240 | Afluente menor al R. Guargualla |
| 7 | QH | Quebrada Huancon | 768050 | 9789883 | 3100 | Afluente menor al R. Guargualla |

Fuente: TAPIA C. (ANEXO 4).

En el cuadro 24, se muestra la información de los puntos secundarios de monitoreo, los mismos que corresponden a afluentes que están dentro de la microcuenca pero no fueron considerados para la Red de Monitoreo considerando que unos de ellos no son afluentes directos al Río Guargualla o son afluentes menores del mismo, sin embargo fue necesario realizar uno o dos aforamientos para caracterizar toda la microcuenca.

1. Quebrada Tablameza (QT).

Cuando el caudal de esta quebrada se junta con el proveniente de la quebrada Calalanda, se forma el Río Mishahuanchi, recogiendo los escurrimientos del límite de la microcuenca del

Riό Guargualla. La quebrada Tablameza contiene el caudal proveniente del margen izquierdo de la Asociación Azaraty y del derecho de la Asociación Yulumpala.

2. Quebrada Calalanda (QC).

Es un afluente al Riό Mishahuanchi, el caudal existente en esta quebrada se forma por el escurrimiento de los páramos pertenecientes a la Asociación Azaraty en el margen izquierdo.

3. Riό Mishahuanchi (RM).

Cuando este Riό se une al Tambillo conforman al Riό Yulumpala, por lo que es considerado como punto de monitoreo secundario.

4. Riό Tambillo (RT).

Este es afluente del Riό Yulumpala, por tal razón es considerado como punto de monitoreo secundario, el caudal existente en este afluente se forma en las partes altas de los páramos de la Asociación Yulumpala ubicado en el margen derecho del Riό del mismo nombre.

5. Quebrada Yuracrumi (QY).

Se considera punto de monitoreo secundario, por ser afluente del Riό Yulumpala (afluente Riό Guargualla), además es un pequeño afluente que proviene de los páramos de la Asociación Azaraty del margen izquierdo del Riό Yulumpala.

6. Quebrada Rumipamba (QR).

También, es un afluente menor, por lo que es considerado como punto de monitoreo secundario para este estudio. Esta quebrada recoge los escurrimientos de las partes altas de la Asociación Guargualla Chico, que se ubica en el margen izquierdo del Riό Guargualla.

7. Quebrada Huancon (QH).

Es un afluente menor de la parte baja de la microcuenca que se encuentra ubicado en el margen derecho del Río Guargualla, se forma por el escurrimiento del agua de las partes de la Asociación Gosoy San Alberto y la Comunidad Gosoy San Luís en la parte baja.

Cuadro 25. Resultados de los Aforos en los puntos secundarios

| Código | Identificación | Aforos (m3/s) | | Caudal (m3/s) |
|--------|--------------------|---------------|-----|---------------|
| | | 1 | 2 | |
| QT | Quebrada Tablameza | 1.3 | | 1.3 |
| QC | Quebrada Calalanda | 1.0 | | 1.0 |
| RM | Rio Mishahuanchi | 1.9 | 1.8 | 1.9 |
| RT | Rio Tambillo | 0.7 | 0.6 | 0.6 |
| QY | Quebrada Yuracrumi | 0.4 | | 0.4 |
| QR | Quebrada Rumipamba | 0.3 | 0.2 | 0.2 |
| QH | Quebrada Huancon | 0.4 | | 0.4 |

Fuente: Tapia C, (2009)

En el cuadro 25, se muestran los resultados de los aforamientos realizados en los puntos secundarios de monitoreo, en los cuales se realizó 1 o 2 aforamientos de acuerdo a la accesibilidad al punto.

De acuerdo a la cartografía de la microcuenca se considera que, el caudal de la Quebrada Tablameza se junta con el de la Quebrada Calalanda para formar el Río Mishahuanchi a una altura de 3.493 msnm, aguas abajo el Río Mishahuanchi se une con el caudal del Río Tambillo a 3.368msnm, y forman el Río Yulumpala, el caudal que genera la Quebrada Yuracrumi desemboca en el Río Yulumpala en la cota 3.322 msnm; el Río Yulumpala es afluente principal del Río Guargualla y está considerado dentro de la Red Hídrica en este estudio.

La Quebrada Rumipamba y la Quebrada Huancon son afluentes menores al Río Guargualla, cuyo caudal se junta en los 3240 y 3.100 msnm respectivamente.

VI. CONCLUSIONES

- La red de monitoreo de caudales está integrada por los siguientes puntos de monitoreo: Rio Yulumpala, Rio Shaigua, Rio Zanampala, Bocatoma del Sistema de Riego Guargualla Licto y Estación Meteorológica del INAMHI.
- El caudal promedio que se tiene durante el monitoreo periódico de caudales en el Rio Yulumpala es de $4.3 \text{ m}^3/\text{s}$, el caudal mínimo se registro a finales del mes de Noviembre con $2.3 \text{ m}^3/\text{s}$ y el caudal máximo se presento a inicios del mes de Octubre con $7.9 \text{ m}^3/\text{s}$. El comportamiento de los caudales medios mensuales, se muestra de manera uniforme ya que varían en un rango que va de $3.7 \text{ m}^3/\text{s}$ a $5 \text{ m}^3/\text{s}$, considerándose que al mes de Noviembre de corresponde el valor bajo del rango y para Octubre el más alto.
- En el monitoreo de caudales periódicos realizado en el Rio Shaigua, afluente principal al Rio Guargualla, desde Julio a Diciembre 2008, presenta un caudal promedio de $1.7 \text{ m}^3/\text{s}$, un máximo de $4.1 \text{ m}^3/\text{s}$ y un mínimo de $0.9 \text{ m}^3/\text{s}$. Los caudales medios mensuales del Rio Shaigua, presentan cierta uniformidad en los meses Julio, Agosto, Noviembre y Diciembre, con un rango de caudal que va de 1.4 a $1.6 \text{ m}^3/\text{s}$; se aprecia incremento de caudal en Septiembre y Octubre con $1.9 \text{ m}^3/\text{s}$ y $2.2 \text{ m}^3/\text{s}$.
- El monitoreo periódico de caudales en el Rio Zanampala, se realizo de Agosto a Diciembre de 2008, en el cual se tiene que el caudal promedio es de $0.4 \text{ m}^3/\text{s}$, el máximo es $0.8 \text{ m}^3/\text{s}$ y un mínimo de $0.3 \text{ m}^3/\text{s}$. Existe uniformidad en lo que se refiere a los caudales medios mensuales del Rio Zanampala afluente al Rio Guargualla, pues se tiene un rango de variación de 0.4 a $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$, notándose el valor más alto en el mes de Noviembre.
- En la Bocatoma del Sistema de Riego Guargualla Licto, se realizo el monitoreo de caudales, durante los meses de Junio a Diciembre 2008, en el que se obtuvo un

caudal promedio de $5.4 \text{ m}^3/\text{s}$, el caudal máximo es de $9.8 \text{ m}^3/\text{s}$ y el mínimo es de $3.2 \text{ m}^3/\text{s}$. Los caudales medios mensuales realizados presentan un rango comprendido entre 5 y $5.7 \text{ m}^3/\text{s}$ de caudal, lo que da a comprender que existe suficiente agua para los requerimientos del sistema de riego Guargualla Licto pues ellos utilizan de 0.7 a $1 \text{ m}^3/\text{s}$, según la época del año.

- Considerando los datos del INAMHI, con respecto a los caudales medios anuales desde el año 1990 hasta el 2008, se realizó un cuadro de rangos de caudales con el comportamiento de los 17 años analizados, en donde se determinó que los valores de caudal menores a $3.5 \text{ m}^3/\text{s}$ tienen una interpretación de épocas de estiaje; de 3.6 a $6 \text{ m}^3/\text{s}$ corresponden a caudales normales y valores que superan los $6 \text{ m}^3/\text{s}$ se interpretan como épocas de crecida. El caudal medio en 17 es de $4.5 \text{ m}^3/\text{s}$, existiendo valores que se interpretan como épocas de crecida para los años 1993 y 2008 con 6.5 y $6.6 \text{ m}^3/\text{s}$; y valores interpretados como épocas de estiaje en los años 1995, 2003, 2004 y 2006 con valores comprendidos entre 1.8 a $3.2 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Considerando los 5 puntos que integran la Red de Monitoreo de caudales del Río Guargualla, 3 de estos corresponden a afluentes que dan lugar al Río principal y los otros 2 puntos son puntos en el cauce del Río situados estratégicamente. Con esto se tiene que los 3 afluentes que son el Río Yulumpala, Río Shaigua y Río Zanampala presentan una oferta media de 4.3 , 1.7 y $0.4 \text{ m}^3/\text{s}$ respectivamente; respecto a los puntos estratégicos que son la Bocatoma del Sistema de Riego Guargualla Licto y Estación Hidrométrica del INAMHI H-789 la oferta hídrica media es de 5.4 y $6.6 \text{ m}^3/\text{s}$.
- El caudal concesionado en uso que presenta la microcuenca es de $2.1 \text{ m}^3/\text{s}$, identificándose 181 concesiones las mismas que se clasifican para distintos usos: 27 para Abrevadero, 53 para Consumo Doméstico y 101 para Riego
- La oferta hídrica total de la microcuenca es de $8.2 \text{ m}^3/\text{s}$, la misma que se obtiene de sumar la oferta media $6.6 \text{ m}^3/\text{s}$ y el caudal concesionado aproximado que es 1.6

m^3/s , para obtener la oferta neta se reduce la oferta total en un 40% para mantener el régimen hidrológico mínimo y sostenimiento del ecosistema. Con lo cual se ha determinado que la oferta hídrica neta del Rio Guargualla en esta investigación es de $4.9 \text{ m}^3/\text{s}$

VII. RECOMENDACIONES

- Realizar el monitoreo de caudales en los puntos considerados para la Red Hídrica del Río Guargualla, por lo menos un año completo para tener datos anuales con los que se tenga una visión más clara del comportamiento hídrico, especialmente en épocas de estiaje. Además el monitoreo de caudales debe ir acompañado de la medición de precipitaciones en distintos ecosistemas de la microcuenca.
- Instalar una estación de monitoreo de caudal permanente en la Bocatoma del Sistema de Riego Guargualla Licto, para medir periódicamente el caudal sobrante luego de la toma del canal de riego, ya que esto permitirá tener información para saber si es posible reformar la concesión del sistema de riego, de tal manera que se pueda captar mayor caudal en las épocas de estiaje y beneficiar a todos y a mas usuarios del Sistema Guargualla Licto
- Utilizar la estación total, para determinar un valor más exacto del área de la sección donde se va a medir los caudales, puesto que en los ríos provenientes de las microcuencas no se tiene uniformidad en la sección.
- Es recomendable realizar una actualización de la base de datos de las concesiones que maneja la Agencia de Aguas de Chimborazo, debido a que se ha encontrado irregularidades en varios aspectos como la ubicación, nombre del adjudicatario, caudal y las actualizaciones de la concesión.
- En el área de influencia del Río Zanampala, es recomendable trabajar en temas de frontera agrícola ya que esta actividad provoca desgaste del suelo, lo que refleja en constantes derrumbes y por ende se provoca la contaminación del agua de este afluente por sedimentación.
- Se recomienda realizar estudios de actividades antrópicas que se realiza en la microcuenca como carga animal, quema de pajonales, erosión, y escorrentía

superficial para determinar el grado de afectación de estos impactos al ecosistema único que es el paramo.

- Es necesaria realizar actividades de protección de los perímetros inmediatos de las vertientes de agua, humedales y sitios de recarga hídrica, con la finalidad de lograr una regeneración natural de estos espacios y evitar el deterioro de los mismos lo que provocaría desajustes hídricos de la microcuenca.

VIII. RESUMEN

En la presente investigación se propuso: Establecer una red de monitoreo participativo de caudales en los afluentes de la microcuenca alta del Rio Guargualla para conocer la oferta hídrica. Mediante la siguiente metodología: Sociabilización a los actores locales de la zona de estudio, levantamiento de información geográfica de los afluentes principales que conforman la Red hídrica del Rio Guargualla mediante recorridos por la parte alta, media y baja de la microcuenca determinando los puntos de monitoreo de caudales, los ecosistemas existentes y las actividades antrópicas que se realizan en la zona, monitoreo periódico de los caudales en los puntos seleccionados mediante el uso del molinete y el método de sección media para obtener el caudal, tabulación de la información recolectada en campo con el uso de la hoja electrónica de aforos proporcionada por el INAR Chimborazo, elaboración de una curva de descarga hídrica para cada punto de monitoreo, ejecución de hidrogramas mensuales de la Red de monitoreo, toma de datos de precipitación con la implementación de estaciones pluviométricas, recolección de información hidrométrica en el INAMHI de 17 años atrás y los caudales concesionados por la Secretaria Nacional de Agua. Para determinar la oferta hídrica del Rio Guargualla se determino el caudal promedio del Rio en los 6 meses que duro el estudio, considerando el caudal ecológico mínimo para la conservación de la biodiversidad. Obteniéndose los siguientes resultados: La Red Hídrica está conformada por los siguientes afluentes Rio Yulumpala con un caudal de $4.3 \text{ m}^3/\text{s}$, Shaigua con $1.7 \text{ m}^3/\text{s}$, Zanampala con $0.4 \text{ m}^3/\text{s}$, Bocatoma del Sistema Guargualla Licto con $5.4 \text{ m}^3/\text{s}$ y estación Hidrométrica del Inamhi con $6.8 \text{ m}^3/\text{s}$ siendo este el valor de oferta hídrica.

IX. SUMMARY

The proposal of this research work is to establish a participative monitoring net of Guargualla River tributary high micro basin currents in order to find out the hydrologic offer that the river has. Different activities in this research were: Socializing local actors in the study zone, to design geographical information about the main tributaries that constitute this hydro net by observing the high , medium and low land and determine the current points; determine ecosystems and human activities in this place; periodical monitoring of the currents in the select points by using a turnstile and a method called medium section for obtaining the current force; tabulate field information by using an electronic page given by INAR – Chimborazo; elaborate a hydrologic discharge curve for each monitoring point; execute monthly hydrographs of the monitoring net; taking precipitation data by implementing rainfall measurement stations; collecting hydrologic information at INAMHI for the last 17 years and the tributaries that have concession at the Water National Secretary. In order to establish the hydrologic offer, the river average current on the last six months of the study was determined considering the minimal ecological current that is needed to preserve biodiversity. The results: the hydrologic net has Yulumpala River as a tributary with a current of $4.3 \text{ m}^3/\text{s}$, Shaigua River with a current of $1.7 \text{ m}^3/\text{s}$, Zanampala River with a current of $0.4 \text{ m}^3/\text{s}$, Guargualla Licto Water Intel System with a current of $5.4 \text{ m}^3/\text{s}$, and the INAMHI Hydrometric station with a current of $6.8 \text{ m}^3/\text{s}$. These are the hydrologic offer values.

X. BIBLIOGRAFIA

1. DORSI GERMANN/EBERHARD GOHL. Monitoreo Participativo de Impactos. En línea: http://sleekfreak.ath.cx:81/3wdev/GTZGATE/PIM2_ES.PDF (Consultado Junio 2 de 2008)
2. Organización Internacional de Normalización, 1979: Liquid Flow Measurement in Open Channels: Velocity-area Methods. Segunda edición, ISO 748, Ginebra.
3. UCHILE, 2005. Aforo en un Cauce Natural. En línea: http://mct.dgf.uchile.cl/AREAS/guia_equipo2.pdf (Consultado Junio 1 de 2008)
4. IDEAN, 2002. Mediciones de aforos de cauces naturales. En línea: <http://www.idean.gov.co/química/metodología/muestra.html> (Consultado Junio 3 de 2008)
5. SANCHEZ J, 2000. Hidrología Superficial: Medidas y Tratamiento de Datos. En línea: <http://web.usal.es/~javisan/hidro/temas/T050.pdf> (Consultado Junio 3 de 2008)
6. Equipo de la USU – MAG/BIRF 3730 EC, Aforo de Agua con Molinete
7. JIMÉNEZ, F. 2005. Gestión integral de cuencas hidrográficas. Enfoques y estrategias actuales. CATIE Recursos, Ciencia y decisión. No.2. En línea: http://www.sia.marn.gob.gt/CONAGUA/CTMIRH/subtemas/3/2_Cuencas_Hidrograficas.pdf (Consultado Junio 4 2008)
8. ALFARO, C. 2004. Manejo Integrado de las Cuencas Hidrográficas. En línea: <http://www.conicit.go.cr/boletin/boletin24/cuencas.shtml>. (Consultado Junio 5 2008).

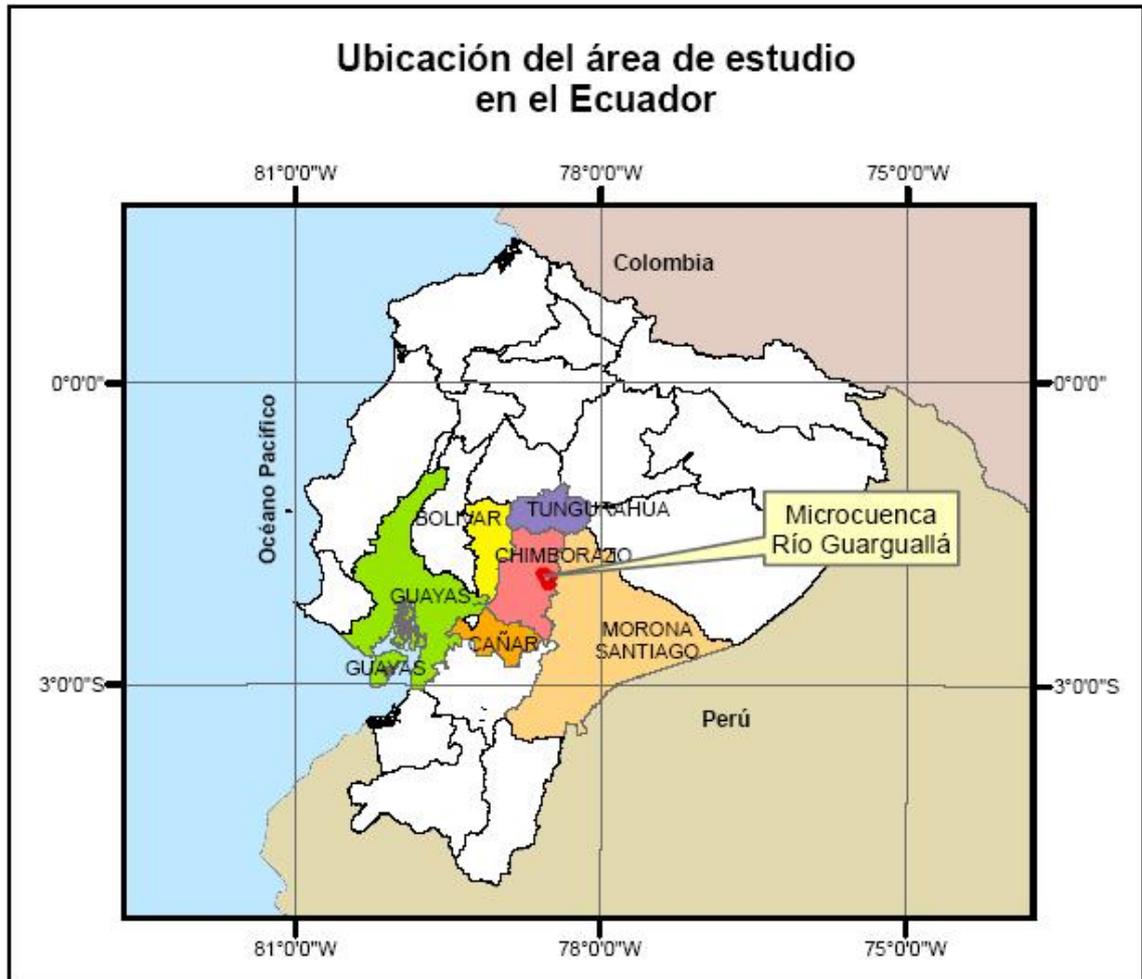
9. YEPEZ, O.2004. Plan de manejo de paramos ASARATY y su contribución a la conservación del Parque Nacional Sangay. En línea: http://www.asaraty.gob.gt/_Cuencas_Hidrograficas.pdf. (Consultado Junio 4 2008).

10. EDUC. Demanda Hídrica. En línea: <http://tq.educ.ar/mendoza/4-089a/index.htm>. (Consultado Junio 5 2008).

11. IDEAN, 1998. Oferta y Demanda del recurso Hídrico en Colombia. En línea: www.idean.gov.co/química/metodología/muestra. (Consultado Junio 2 2008).

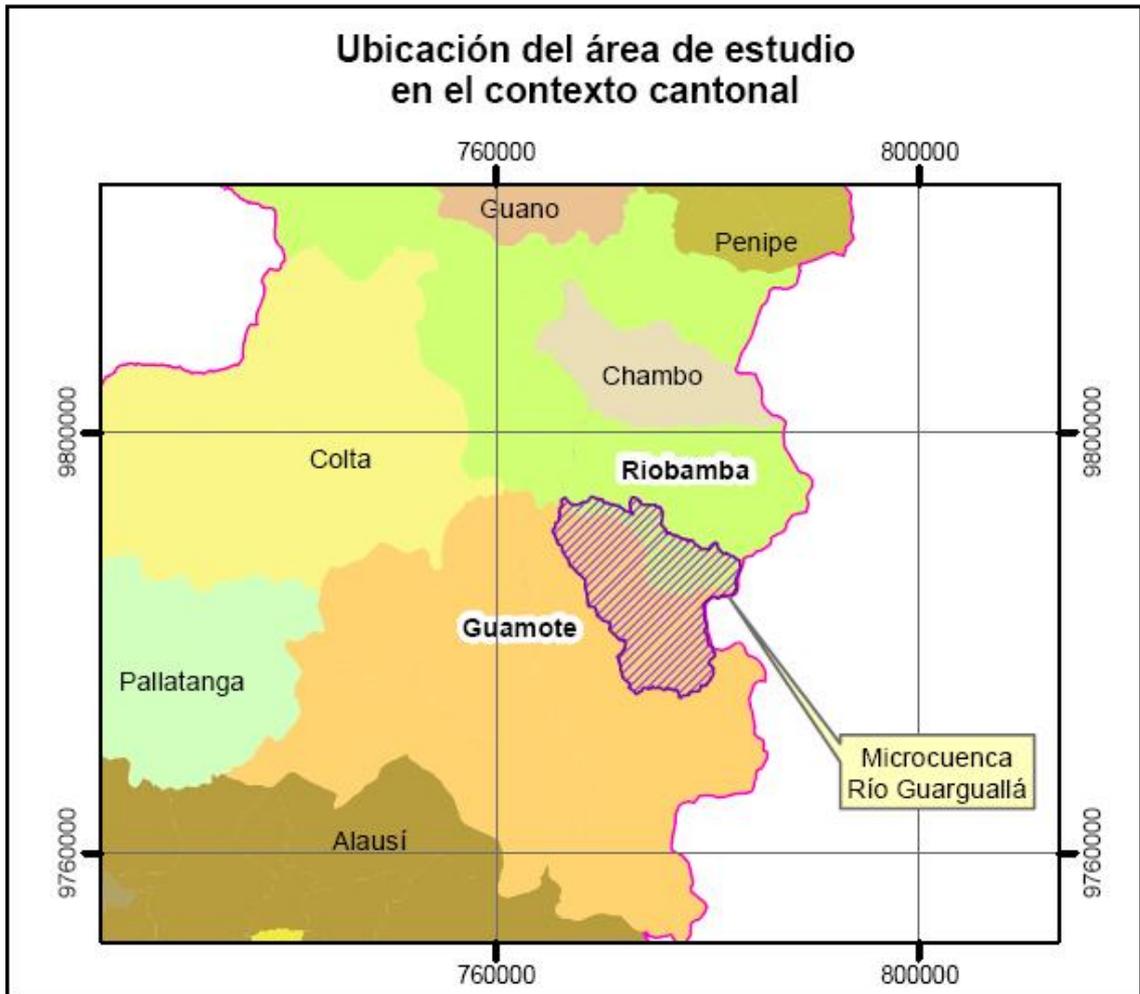
XI. ANEXOS

ANEXO 01. LOCALIZACION DE LA MICROCUENCA DEL RIO GUARGUALLA

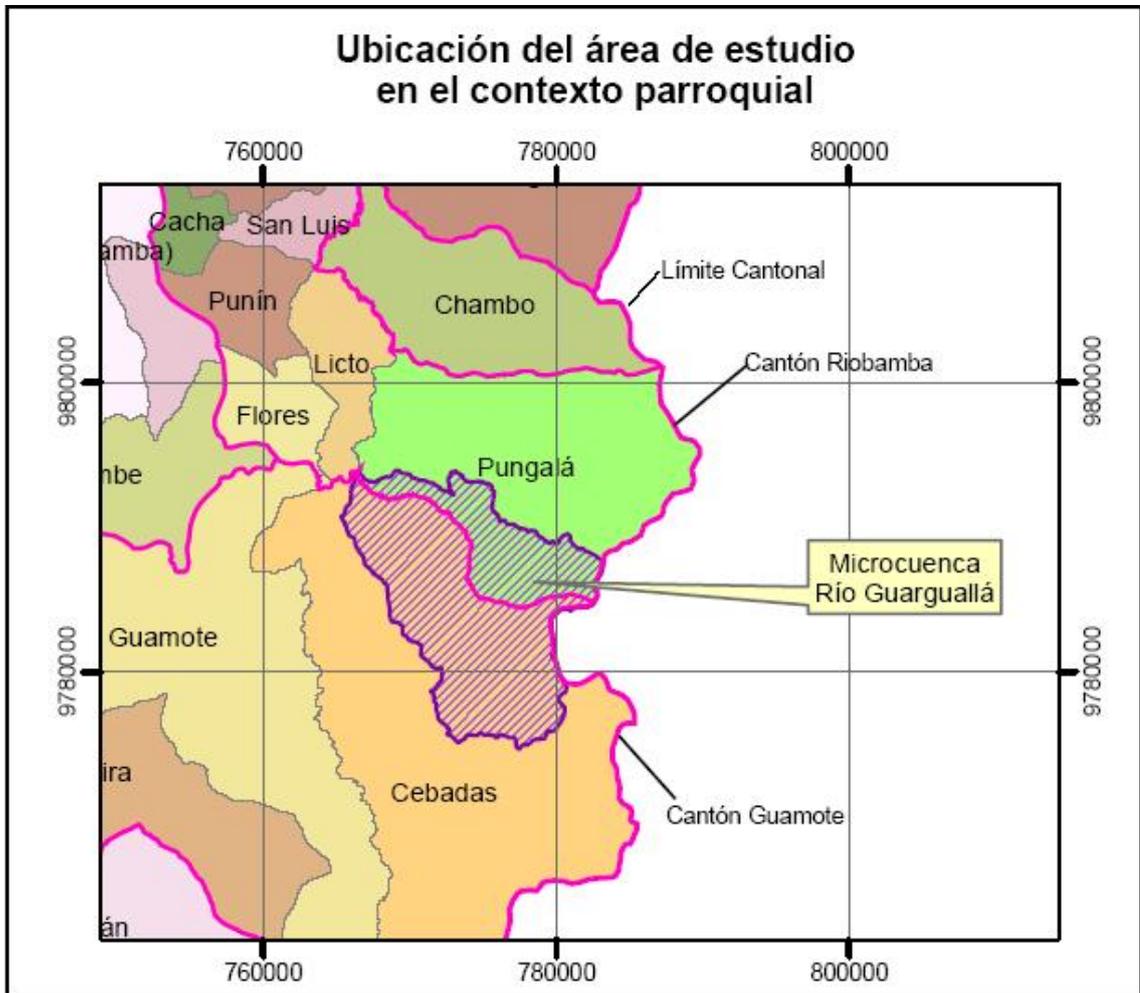




Mapa 2. Localización de la Microcuenca del Río Guargualla en el Contexto Provincial
Fuente: Tapia, C (2009)



Mapa 3. Localización de la Microcuenca del Río Guargualla en el Contexto Cantonal
Fuente: Tapia, C (2009)



Mapa 4. Localización de la Microcuenca del Río Guargualla en el Contexto Parroquial

ANEXO 02. PLANEACION PARTICIPATIVA EN LA MICROCUENCA DEL RIO GUARGUALLA



Foto 1. Reunión con los actores locales de la parte alta de la Microcuenca, en la Asociación Azaraty Fuente: Tapia, C (2009)



Foto 2. Los actores locales de la Asociación Azaraty, que la integran varias comunidades. Fuente: Tapia, C (2009)



Foto 3. Planificación, para las salidas al campo con los comuneros habitantes del paramo. Fuente: Tapia, C (2009)



Foto 4. Sociabilización, en las comunidades de Gosoy San Luis y Gosoy San Alberto (Parte baja de la Microcuenca). Fuente: Tapia, C (2009)

ANEXO 03. RECONOCIMIENTO DE LOS PUNTOS DE MONITOREO DE LA PARTE BAJA Y ALTA DE LA MICROCUENCA DEL RIO GURGUALLA.



Foto 4. Estación Hidrométrica del INAMHI (Punto Principal de Monitoreo). Fuente: Tapia, C (2009)



Foto 5. Reconocimiento de la Quebrada Huancon (Punto Secundario de Monitoreo), junto con los habitantes de la comunidad de Gosoy San Luís. Fuente: Tapia, C (2009)



Foto 6. Reconocimiento de la parte baja de la microcuenca, junto con Hugo Vinueza Técnico del CESA y los habitantes de la comunidad de Gosoy San Alberto. Fuente: Tapia, C (2009)



Foto 7. Reconocimiento de la Bocatoma del Sistema de Riego Guargualla Licto (Punto Principal de monitoreo), junto con el Ingeniero Héctor Espinoza Técnico del INAR. Fuente: Tapia, C (2009)



Foto 6. Reconocimiento de la parte baja de la microcuenca, junto con Hugo Vinueza Técnico del CESA y los habitantes de la comunidad de Gosoy San Alberto. Fuente: Tapia, C (2009)



Foto 7. Reconocimiento de la Bocatoma del Sistema de Riego Guargualla Licto (Punto Principal de monitoreo), junto con el Ingeniero Héctor Espinoza Técnico del INAR. Fuente: Tapia, C (2009)



Foto 7. Reconocimiento del Río Zanampala (Punto Principal de monitoreo), junto con el Sr. Aurelio Guayan dirigente de la Asociación Yulumpala. Fuente: Tapia, C (2009)



Foto 8. Reconocimiento del Río Shaigua (Punto Principal de monitoreo), junto con el Ingeniero Héctor Espinoza Técnico del INAR. Fuente: Tapia, C (2009)



Foto 9. Reconocimiento del Río Yulumpala (Punto Principal de monitoreo), junto con el Ingeniero Héctor Espinoza Técnico del INAR. Fuente: Tapia, C (2009)



Foto 10. Reconocimiento de la parte alta de la microcuenca, junto con Hugo Vinuesa Técnico del CESA. Fuente: Tapia, C (2009)



Foto 11. Reconocimiento de la Quebrada Yuracrumi (Afluente del Río Yulumpala), junto con los miembros de la Asociación Azaraty. Fuente: Tapia, C (2009)



Foto 12. Reconocimiento de los paramos de la Asociación Azaraty, con el acompañamiento de sus miembros. Fuente: Tapia, C (2009)



Foto 13. Reconocimiento de los paramos de la Asociación Yulumpala. Fuente: Tapia, C (2009)

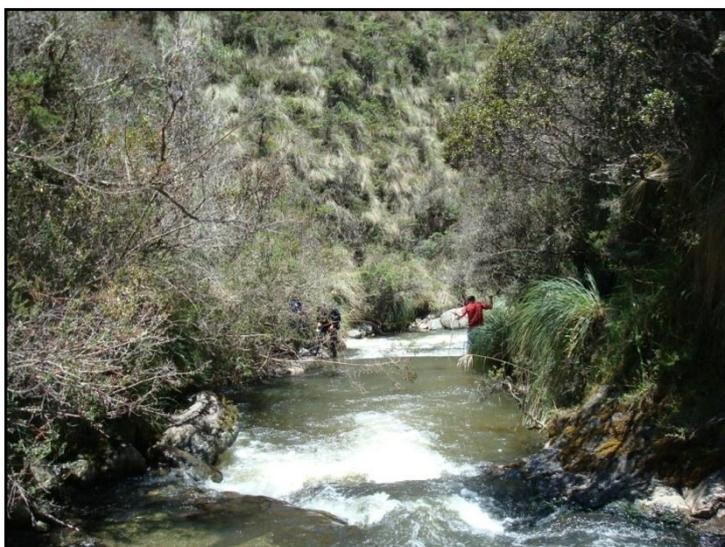


Foto 13. Reconocimiento del Río Tambillo cuando se junta al Río Mishahuanchi y formar el Yulumpala. Fuente: Tapia, C (2009)

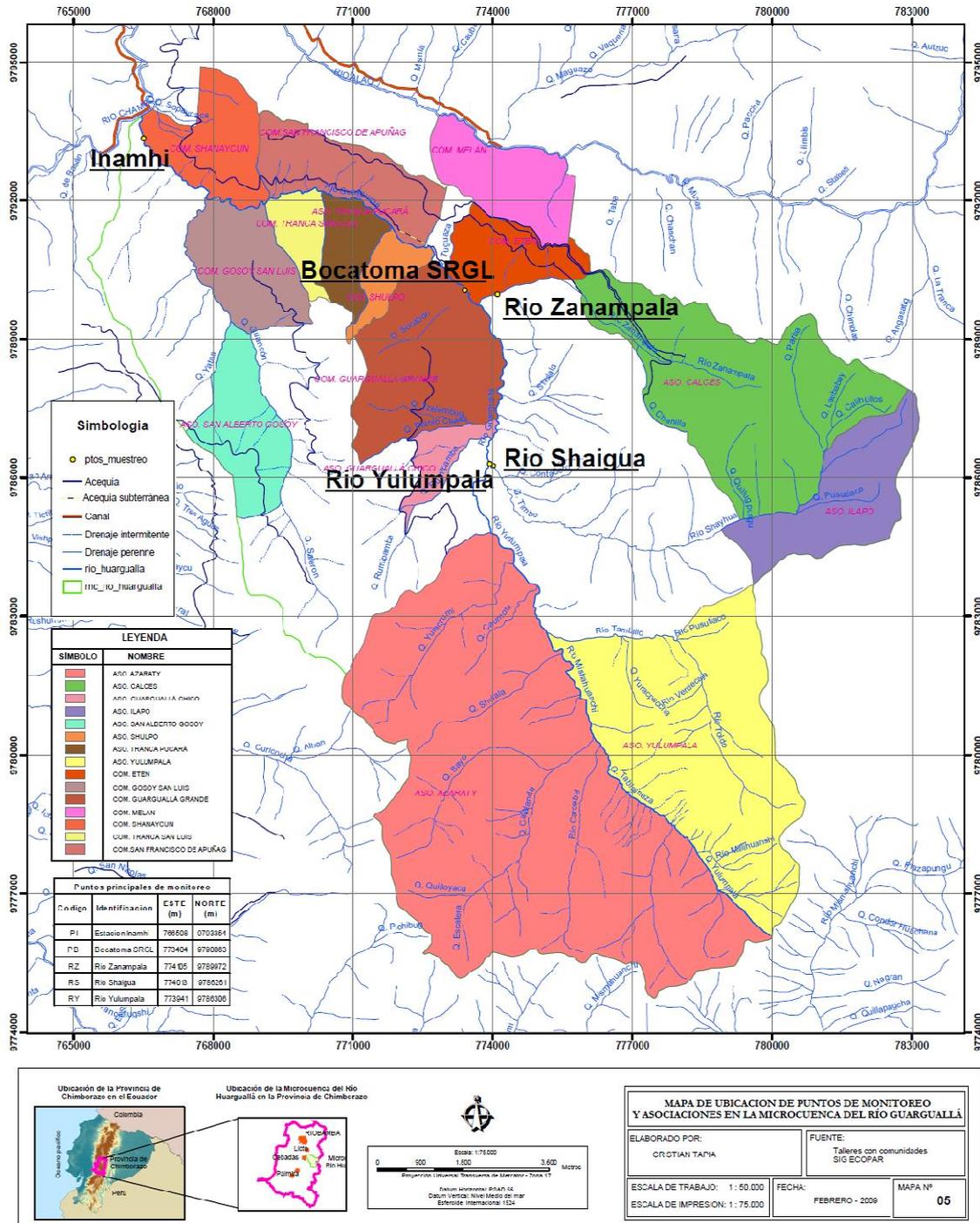


Foto 14. Reconocimiento de la Quebrada Calalanda en los páramos de la Asociación Azaraty. Fuente: Tapia, C (2009)

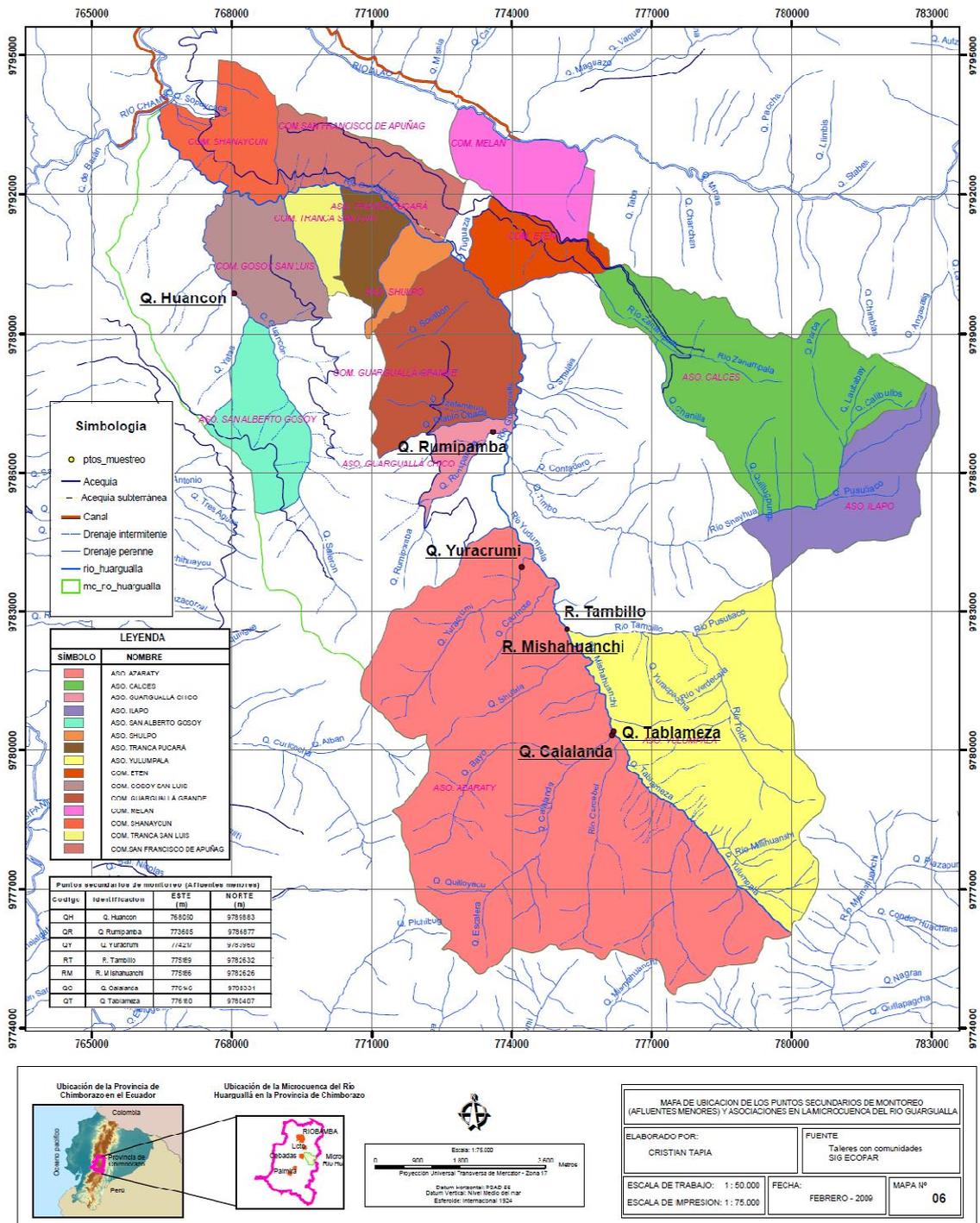


Foto 15. Reconocimiento de la Quebrada Tablameza al unirse al caudal de la Quebrada Calalanda, dan lugar al Río Mishahuanchi, en el límite de la Microcuenca. Fuente: Tapia, C (2009)

ANEXO 04. PUNTOS DE MONITOREO PRINCIPALES, SECUNDARIOS Y LAS ASOCIACIONES EN LA MICROCUENCA DEL RIO GUARGUALLA.



Mapa 5. Mapa de ubicación de los puntos principales de monitoreo (RED HIDRICA) y Asociaciones en la Microcuenca del Río Guargualla. Fuente: Tapia, C (2009).



Mapa 6. Mapa de ubicación de los puntos secundarios de monitoreo (Afluentes menores) y Asociaciones en la Microcuenca del Río Guargualla. Fuente: Tapia, C (2009)

ANEXO 05. PROCEDIMIENTO PARA LA REALIZACION DE LOS AFOROS.

Foto 16. Medición de la sección transversal del Rio Shaigua. Fuente: Tapia, C (2009)



Foto 17. División de la sección transversal en subsecciones. Fuente: Tapia, C (2009)



Foto 18. Medición de la profundidad en cada subsección. Fuente: Tapia, C (2009)



Foto 19. Ubicación del molinete al 20%, 60% y 80% de la profundidad de la vertical, para medir la velocidad del agua. Fuente: Tapia, C (2009)



Foto 20. Medición de la velocidad con el uso del molinete. Fuente: Tapia, C (2009)



Foto 21. Lector electrónico que registra las revoluciones de la hélice del molinete, dato para obtener la velocidad en m/s. Fuente: Tapia, C (2009)

FORMULARIO DE AFORO EN CAMPO

FORMULARIO DE CAMPO

DATOS REFERENCIALES

CUENCA

SUBCUENCA

MICROCUENCA

Código del SITIO

RIO QUEBRADA ACEQUIA OTRO

AFORO No.

FECHA

HORA

m.s.n.m.

COORDENADAS N

COORDENADAS E

TOTAL No. SEGMENTOS

SEGMENTOS (m) TOTAL No. SEGMENTOS

| | | | | | | | | | | | |
|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|---|
| | b1 | b2 | b3 | b4 | b5 | b6 | b7 | b8 | b9 | b10 | |
| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K |

= h Ref. h Ref.

ANCHO DEL ESPEJO DE AGUA =

| | | | | | | | | | | | |
|-----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| PROFUNDIDAD (m) | d0 | d1 | d2 | d3 | d4 | d5 | d6 | d7 | d8 | d9 | d10 |
|-----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|

| | | | | | | | | | | | |
|------------------------|----------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| PROFUNDIDAD MÁXIMA (m) | <input type="text"/> | | | | | | | | | | |
| 0.2 | | | | | | | | | | | |
| 0.4 | | | | | | | | | | | |
| 0.6 | | | | | | | | | | | |
| 0.8 | | | | | | | | | | | |

MEDICION DE LA VELOCIDAD MEDIA EN LA VERTICAL /Molinete/ Método de puntos reducidos

| | | | | | | | | | | |
|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|
| | d1 | d2 | d3 | d4 | d5 | d6 | d7 | d8 | d9 | IMPULSOS |
| v superficie | | | | | | | | | | |
| 0.2 | | | | | | | | | | |
| 0.4 | | | | | | | | | | |
| 0.6 | | | | | | | | | | |
| 0.8 | | | | | | | | | | |
| v lecho | | | | | | | | | | |
| PROPELA | | | | | | | | | | |

NOMBRE DEL RESPONSABLE

V = V0.6

V = (V0.2 + V0.8) / 2

V = 0.25 (V0.2 + 2V0.6 + V0.8)

V = 0.1 (Vsuperficie + 3V0.2 + 3V0.6 + 2V0.8 + Vlecho)

V = 0.1 (Vsuperficie + 2V0.2 + 2V0.4 + 2V0.6 + 2V0.8 + Vlecho)

HOJA DE CALCULO DE CAUDAL

Datos Referenciales

Cuenca: Pastaza
 Subcuenca: Chambo
 Microcuenca: Guargualla

Río: Yulumpala
 Quebrada:
 Acequia:
 Otro:

Código del sitio: RY
 Aforo #: 007

Coordenadas: N 9786306 E 773941
 m.s.n.m. 3245
 Fecha: 12/11/2008
 Hora: 12h20

Ancho del espejo de agua (m): 6.65
 Ancho del segmento b (m): 0.67
 Total No. de segmentos: 10
 Profundidad máxima del vertical d (m): 0.72
 Molinete SEBA - Propela No. 2.1450.250.125

Responsable: Cristian Tapia

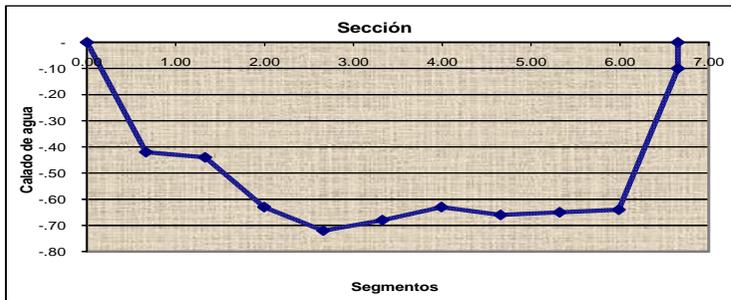
Medición de la sección transversal
 Molineta SEBA - Propela No.

2.1450.250.125

| Sección | | Datos | | Profundidad | Datos | |
|---------|-----|-------|------|-------------|-------|-----|
| INICIO | | | | d0 | 0.31 | - |
| 2 | A-B | b1 | 0.67 | d1 | 0.42 | # 1 |
| 3 | B-C | b2 | 0.67 | d2 | 0.44 | # 1 |
| 4 | C-D | b3 | 0.67 | d3 | 0.63 | # 1 |
| 5 | D-E | b4 | 0.67 | d4 | 0.72 | # 1 |
| 6 | E-F | b5 | 0.67 | d5 | 0.68 | # 1 |
| 7 | F-G | b6 | 0.67 | d6 | 0.63 | # 1 |
| 8 | G-H | b7 | 0.67 | d7 | 0.66 | # 1 |
| 9 | H-I | b8 | 0.67 | d8 | 0.65 | # 1 |
| 10 | I-J | b9 | 0.67 | d9 | 0.64 | # 1 |
| 11 | J-K | b10 | 0.67 | d10 | 0.10 | # 1 |
| FIN | | | 6.65 | d11 | - | - |

| Area | Autocad | Medición de la velocidad media en la vertical d(n) | | | | |
|--------|---------|--|-----|-----|-----|-----|
| | | Vlecho | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.8 |
| 0.2427 | | | | | 17 | |
| 0.2860 | | | | | 37 | |
| 0.3558 | | | | | 75 | |
| 0.4489 | | | | | 132 | |
| 0.4655 | | | | | 106 | |
| 0.4356 | | | | | 92 | |
| 0.4289 | | | | | 57 | |
| 0.4356 | | | | | 68 | |
| 0.4289 | | | | | 103 | |
| 0.2461 | | | | | | |
| - | | | | | | |

Ancho del espejo de agua 6.65 10



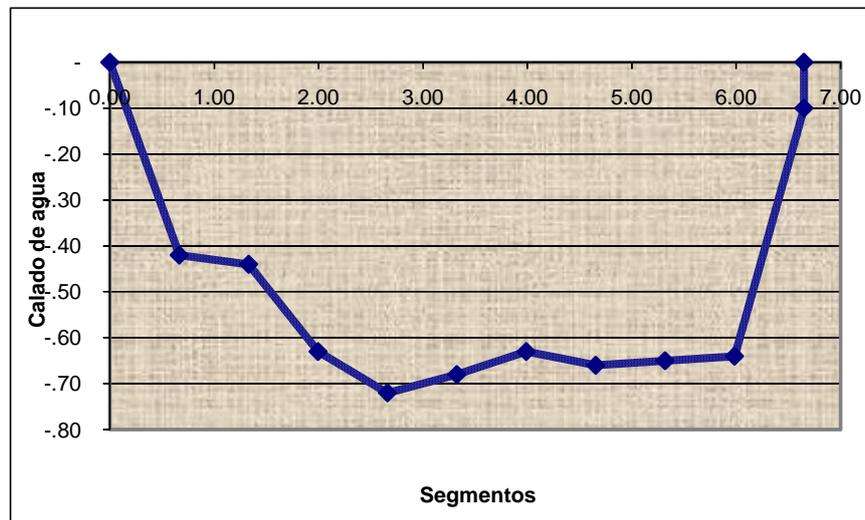
| Cálculo de caudal | Metodo aritmético de: | Sección media | Q=Vmedia*Acad |
|---------------------------------------|-----------------------|----------------|---------------|
| | | Caudal m3/s. Q | 2.406 |
| | | Autocad | |
| Area de la sección m2. A | | 3.7739 | 0.0000 |
| Velocidad de corriente de agua m/s. V | | 0.638 | #DIV/0! |
| Verificación | | | |
| Caudal m3/s. Q | | 2.406 | |

Hoja Electrónica para el Cálculo del Caudal. Fuente: Espinoza H (2008)

Hoja de cálculo de caudalesAforo # **007***Datos referenciales*

| | |
|------------------------------------|---|
| Río: <u>Yulumpala</u> | Cuenca: <u>Pastaza</u> |
| Quebrada: <u>-</u> | Subcuenca: <u>Chambo</u> |
| Acequia: <u>-</u> | Microcuenca: <u>Guargualla</u> |
| Otro: <u>-</u> | |
| | N E |
| Código del sitio: <u>RY</u> | Coordenadas: <u>9,786,306</u> <u>773,941</u> |
| m.s.n.m. <u>3,245</u> | Fecha: <u>11/12/2008</u> |
| | Hora: <u>12h20</u> |

| | |
|---|-----------------------|
| Ancho del espejo de agua (m): | <u>6.65</u> |
| Ancho del segmento b (m): | <u>0.67</u> |
| Total No. de segmentos: | <u>10</u> |
| Profundidad máxima del vertical d (m): | <u>0.72</u> |
| Molinete SEBA - Propela No. | <u>2.1450.250.125</u> |

Seccion transversal de cálculo

| | | |
|--|----------|--------------|
| Velocidad de corriente de agua m/s. | V | 0.638 |
| Area de la sección m2. | A | 3.774 |

| | | |
|---------------------|----------|--------------|
| Caudal m3/s. | Q | 2.406 |
|---------------------|----------|--------------|

Metodo aritmético de:

Responsable:Cristian Tapia

ANEXO 06. INSTALACION DE LAS REGLETAS HIDROMETRICAS EN LA RED DE MONITOREO.



Foto 21. Regleta pintada en la Bocatoma del Sistema de Riego Guargualla Licto. Fuente: Tapia, C (2009)



Foto 22. Instalacion de la regleta en el Rio Sanampala. Fuente: Tapia, C (2009)



Foto 23. Regleta instalada en el Rio Shaigua. Fuente: Tapia, C (2009)

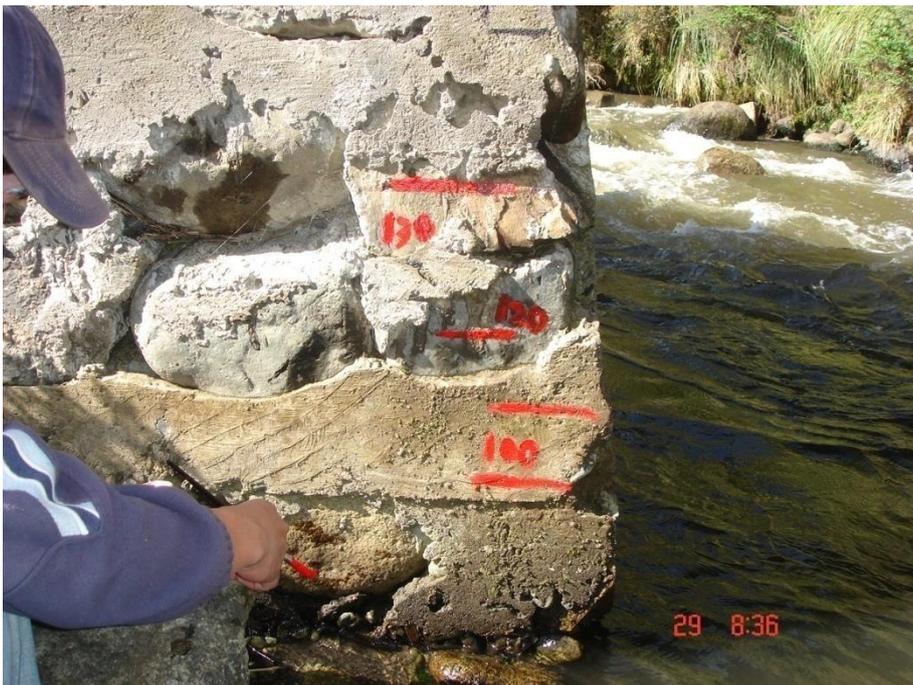


Foto 24. Regleta pintada en el Rio Yulumpala. Fuente: Tapia, C (2009)

ANEXO 08. UBICACIÓN DE PLUVIOMETROS EN LA MICROCUENCA DEL RIO GUARGUALLA.



Foto 25. Ubicación de Pluviómetro en la parte media de la Microcuenca del Rio Guargualla. Fuente: Tapia, C (2009)



Foto 26. Pluviómetro ubicado junto al Rio Guargualla. Fuente: Tapia, C (2009)



Foto 27. Pluviómetro ubicado en la parte alta de la Microcuenca del Río Guargualla. Fuente: Tapia, C (2009)

HOJA DE DATOS DE PRECIPITACIÓN

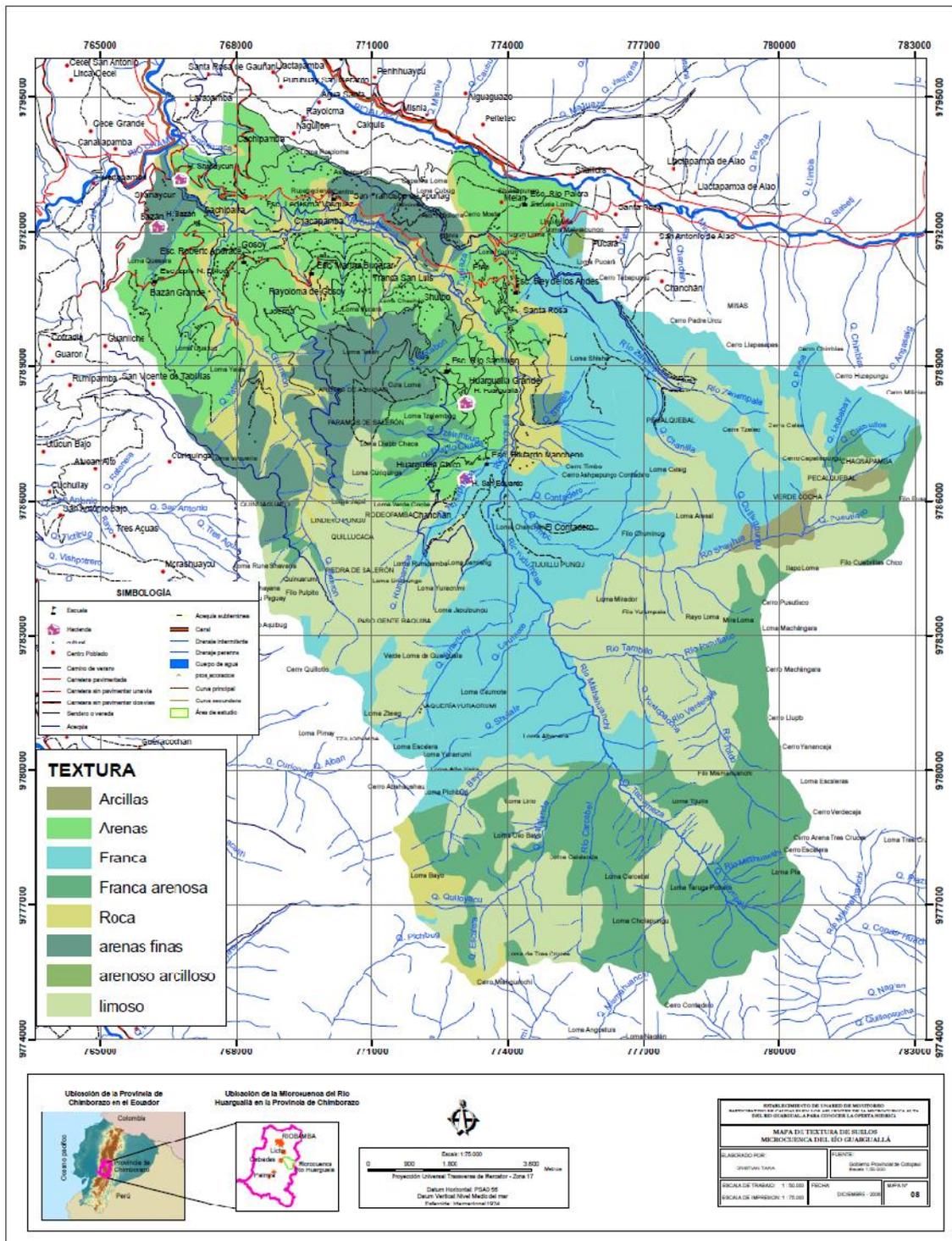
MICROCUENCA: RIO:
 CÓDIGO DEL SITIO: NOMBRE DEL RESPONSABLE:.....
 MES: PLUVIOMETRO N#:
 UBICACIÓN:

En observaciones registrar: Despejado, nublado, llovizna, aguacero, otro.

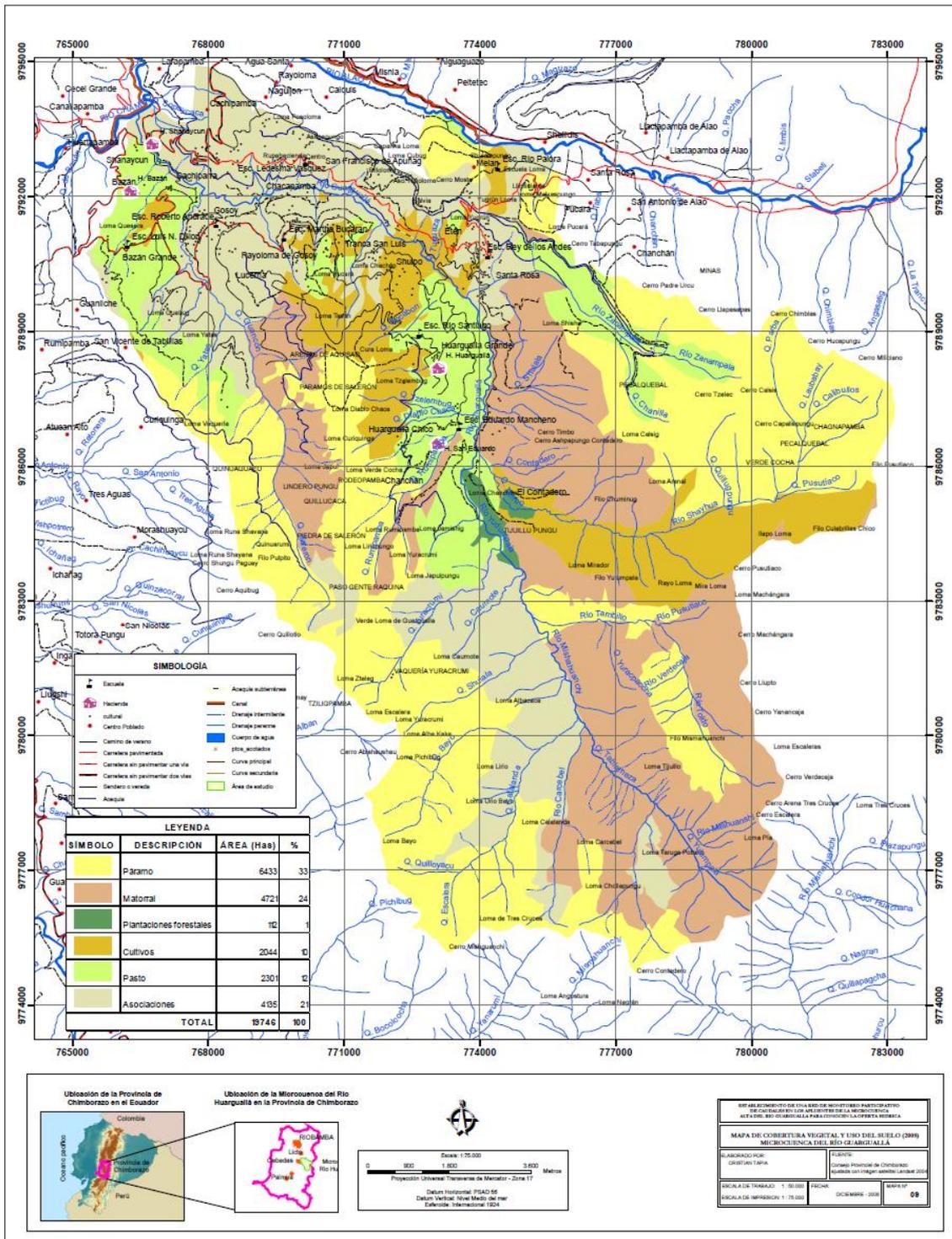
| DIA | HORA | CANTIDAD () | OBSERVACIONES |
|------------|-------------|---------------------|----------------------|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |
| 6 | | | |
| 7 | | | |
| 8 | | | |
| 9 | | | |
| 10 | | | |
| 11 | | | |
| 12 | | | |
| 13 | | | |
| 14 | | | |
| 15 | | | |
| 16 | | | |
| 17 | | | |
| 18 | | | |
| 19 | | | |
| 20 | | | |
| 21 | | | |
| 22 | | | |
| 23 | | | |
| 24 | | | |
| 25 | | | |
| 26 | | | |
| 27 | | | |
| 28 | | | |
| 29 | | | |
| 30 | | | |
| 31 | | | |

.....

ANEXO 9. SUELOS Y COBERTURAS VEGETALES EN LA MICROCUENCA DEL RIO GUARGUALLA.



Mapa 8. Mapa de Texturas de Suelo en la Microcuenca del Río Guargualla. Fuente: Tapia, C (2009)



Mapa 9. Mapa de Coberturas Vegetales en la Microcuenca del Río Guargualla. Fuente: Tapia, C (2009)



Foto 28. Paramo de la Asociación Azaraty en la Microcuenca del Río Guargualla. Fuente: Tapia, C (2009)



Foto 29. Pajonales en el paramo de la Microcuenca. Fuente: Tapia, C (2009)



Foto 30. Áreas para pastos y Ganadería. Fuente: Tapia, C (2009)



Foto 31. Producción de pastos para la Ganadería en la cobertura vegetal. Fuente: Tapia, C (2009)



Foto 32. Carga animal intensiva en la Microcuenca del Rio Guargualla. Fuente: Tapia, C (2009)



Foto 33. Matorrales que mantienen vegetación nativa. Fuente: Tapia, C (2009)



Foto 34. Vegetación Nativa en la Microcuenca del Rio Guargualla. Fuente: Tapia, C (2009)



Foto 35. Superficies de terreno dedicadas a la producción de cultivos de ciclo corto. Fuente: Tapia, C (2009)



Foto 36. Avance de la frontera agrícola para la explotación agrícola. Fuente: Tapia, C (2009)



Foto 37. Paramo de la Asociación Yulumpala en la Microcuenca del Rio Guargualla. Fuente: Tapia, C (2009)



Foto 38. Quema de los Paramos en los Paramos de la Microcuenca. Fuente: Tapia, C (2009)



Foto 39. Pequeñas extensiones de plantaciones de especies exóticas. Fuente: Tapia, C (2009)

