

**ESTUDIO DEL APROVECHAMIENTO HÍDRICO DE LA MICROCUENCA DEL
RÍO ALAO DESDE LOS USOS DE CONCESIÓN**

KARINA ROSANA BAUTISTA ROJAS

TESIS

**PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERA AGRÓNOMA**

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 “ESTUDIO DEL APROVECHAMIENTO HÍDRICO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ALAO DESDE LOS USOS DE CONCESIÓN” de responsabilidad de la señora egresada Karina Rosana Bautista Rojas, ha sido prolijamente revisado, quedando autorizada su presentación.

TRIBUNAL DE TESIS

Ing. Juan León

Director

Dr. Galo Montenegro

Miembro

ESCUELA SUPERÍOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Riobamba, Octubre 2009

DEDICATORIA

El presente trabajo que ha sido fruto de un gran esfuerzo no solo de mi parte, está dedicado principalmente a mis hijos, Daniel y Camila, a mi esposo Vidal, a mis padres Arturo Bautista y Alba Rojas y a mi ángel de la guarda José Cartagena querido amigo que aunque no está en cuerpo presente vive en mi corazón.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar a Dios por darme las fuerzas necesarias para salir adelante, a mis padres por su apoyo incondicional y sus consejos justo a tiempo, a mi esposo Vidal por todo su amor y comprensión y por ser el pilar en mi vida, a Daniel y Camila por ser la luz en mi camino.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo quien me abrió las puertas del saber, a mis maestros por enseñarme lo necesario para defenderme en mi vida profesional, especialmente al Ing Wilson Yáñez que no solo me brindó sabiduría en muchos aspectos sino también su amistad.

A Fundación Natura y GLOWS, especialmente a Sarita coordinadora del programa, al Foro de Recursos Hídricos de Chimborazo, a las personas de Alao que me brindaron las facilidades en el acceso al lugar de estudio, a los Ingenieros Wilson López Director del INAR y Héctor Espinosa técnico de la misma institución, por su gran ayuda y participación durante la investigación. A la Empresa Eléctrica Riobamba por su gran colaboración especialmente al Ing. Paúl Burbano y al Ing. Carlos Orozco que con su paciencia me ha acompañado en las largas jornadas en el campo.

A mis grandes amigos por compartir conmigo alegrías y tristezas a Verito, Mary, Jenny, Mónica, Paola, Gema, Enmita y en especial a Paulina y Roberto por su paciencia y guía en este trabajo. Y a mis amigos José y Diego por sus sabios consejos.

A los miembros del Tribunal de Tesis Ing Juan León Director y Dr Galo Montenegro Miembro, por su apoyo en el proceso de investigación. A la Dra Gina Alvarez por compartir su gran talento y experiencia con quien lo necesita.

A mi familia, especialmente a mis hermanos Zulema, Grace, Verónica y Arturo por su apoyo moral, a mi familia política, especialmente a Javier y Dalila por su manito en tiempos difíciles.

LISTA DE CONTENIDO

| CAPÍTULO | CONTENIDO | PÁGINA. |
|-----------------|------------------------|----------------|
| | LISTA DE CUADROS | vi |
| | LISTA DE GRÁFICOS | ix |
| | LISTA DE FIGURAS | xi |
| | LISTA DE ANEXOS | xii |
| I. | TÍTULO | 1 |
| II. | INTRODUCCIÓN | 1 |
| | Justificación | 2 |
| | Objetivos | 4 |
| III. | REVISIÓN DE LITERATURA | 5 |
| IV. | MATERIALES Y MÉTODOS | 38 |
| V. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 70 |
| VI. | CONCLUSIONES | 148 |
| VII. | RECOMENDACIONES | 152 |
| VIII. | RESUMEN | 154 |
| IX. | SUMMARY | 155 |
| X. | BIBLIOGRAFÍA | 156 |
| XI. | ANEXOS | 158 |

LISTA DE CUADROS

| N° | CONTENIDO | PÁGINA. |
|------------|--|----------------|
| Cuadro 1. | Tipos de molinete. | 7 |
| Cuadro 2. | Niveles de oxígeno disuelto | 23 |
| Cuadro 3. | Escala de nitratos en una masa de agua dulce | 24 |
| Cuadro 4. | Escala de fosfatos en una masa de agua dulce | 25 |
| Cuadro 5. | Parámetros del ICA: Importancia relativa | 26 |
| Cuadro 6. | Calidad del agua según el ICA | 27 |
| Cuadro 7. | Escala de calidad de agua | 27 |
| Cuadro 8. | Códigos usados por la agencia de aguas | 37 |
| Cuadro 9. | Ubicación geográfica de la Microcuenca del Río Alao | 38 |
| Cuadro 10. | Ubicación geográfica de los puntos de monitoreo en la Microcuenca del Río Alao. | 53 |
| Cuadro 11. | Valores de turbidez utilizados para la interpretación de resultados. | 60 |
| Cuadro 12. | Limites permisibles TULAS | 62 |
| Cuadro 13. | Valores de referencia del índice EPT. | 64 |
| Cuadro 14. | Puntaje de las familias de macroinvertebrados acuáticos para aplicar el índice BMWP/Col (Roldan 2003). | 66 |
| Cuadro 15. | Valores de referencia del índice BMWP/Col (Roldan 2003). | 67 |
| Cuadro 16. | Puntos de aforamiento | 72 |
| Cuadro 17. | Tiempos de cultivos | 74 |
| Cuadro 18. | Cobertura vegetal en la parte alta de la Microcuenca del Río Alao | 76 |
| Cuadro 19. | Cobertura vegetal en la parte media de la Microcuenca del Río Alao | 78 |
| Cuadro 20. | Cobertura vegetal en la parte baja de la Microcuenca del Río Alao | 80 |
| Cuadro 21. | Características del suelo en la Microcuenca alta del Río Alao | 82 |
| Cuadro 22. | Características del suelo en la Microcuenca media del Río Alao | 82 |
| Cuadro 23. | Características del suelo en la Microcuenca baja del Río Alao | 83 |
| Cuadro 24. | Precipitación media mensual (mm) de la estación meteorológica Alao en Hda Alao | 83 |

| | | |
|------------|--|-----|
| Cuadro 25. | Porcentaje de humedad del suelo en Alao | 85 |
| Cuadro 26. | Caudales registrados durante los meses de Octubre a Enero en el punto de Chacapamba | 87 |
| Cuadro 27. | Precipitación vs caudales registrados durante Octubre 08 - Enero 09 en Chacapamba | 89 |
| Cuadro 28. | Caudales registrados durante Septiembre del 2008 a Enero del 2009 en el punto Puruhuay | 91 |
| Cuadro 29. | Precipitación mensual vs caudal medio mensual durante Septiembre 08 – Enero 09 en el punto Puruhuay. | 93 |
| Cuadro 30. | Cobertura vegetal en los márgenes del Río Mahuazo en la parte alta | 96 |
| Cuadro 31. | Cobertura vegetal en los márgenes del Río Mahuazo en la parte media | 97 |
| Cuadro 32. | Característica del suelo en la parte alta del sector de Mahuazo | 98 |
| Cuadro 33. | Característica del suelo en la parte media del sector de Mahuazo | 99 |
| Cuadro 34. | Porcentaje de humedad del suelo en el sector de Mahuazo | 99 |
| Cuadro 35. | Caudales registrados durante los meses de Agosto del 2008 a Enero del 2009 en el sector de Mahuazo. | 101 |
| Cuadro 36. | Precipitación mensual vs caudales promedio en el sector de Mahuazo | 103 |
| Cuadro 37. | Información de la Estación Hidrológica Alao en Hda Alao | 108 |
| Cuadro 38. | Rango de caudales medios anuales para la Microcuenca del Río Alao | 111 |
| Cuadro 39. | Precipitación mensual vs caudal medio en la estación del INAMHI | 111 |
| Cuadro 40. | Oferta hídrica media de los puntos de monitoreo de caudales | 112 |
| Cuadro 41. | Resultados de temperatura en los puntos de monitoreo | 114 |
| Cuadro 42. | Resultados de pH en los puntos de monitoreo | 115 |
| Cuadro 43. | Resultados de oxígeno disuelto en los puntos de monitoreo | 117 |
| Cuadro 44. | Resultados de turbidez en los puntos de monitoreo | 118 |
| Cuadro 45. | Resultados de alcalinidad en los puntos de monitoreo | 120 |
| Cuadro 46. | Resultados de fosfatos vs nitratos en los puntos de monitoreo | 121 |
| Cuadro 47. | Resultados de pH vs conductividad eléctrica en los puntos de monitoreo | 123 |
| Cuadro 48. | Resultados de la conductividad eléctrica vs salinidad en los puntos de monitoreo | 124 |
| Cuadro 49. | Resultados de la temperatura vs oxígeno disuelto en los puntos de monitoreo | 125 |

| | | |
|------------|---|-----|
| Cuadro 50. | Resultados de la conductividad eléctrica vs oxígeno disuelto en los puntos de monitoreo | 126 |
| Cuadro 51. | Resultados de total de sólidos disueltos en los puntos de monitoreo | 127 |
| Cuadro 52. | Resultados de la conductividad eléctrica vs total de sólidos disueltos en los puntos de monitoreo | 128 |
| Cuadro 53. | Resultados de total de sólidos en suspensión en los puntos de monitoreo | 129 |
| Cuadro 54. | Resultados de coliformes encontrados en los puntos de monitoreo | 131 |
| Cuadro 55. | Resultados de coliformes en diferentes grifos | 132 |
| Cuadro 56. | Resultados de Índice de Calidad de Agua (ICA o WQI) en los puntos de monitoreo | 132 |
| Cuadro 57. | Datos de macroinvertebrados en los puntos de monitoreo (EPT). | |
| Cuadro 58. | Valores de ordenes y familias de bioindicadores recolectados en la Microcuenca del Río Alao | 135 |
| Cuadro 59. | Valores de ordenes y familias de los organismos encontrados en los puntos de monitoreo | 139 |
| Cuadro 60. | Demanda por usos de la Microcuenca del Río Alao | 140 |
| Cuadro 61. | Índice de escasez respecto a la oferta | 141 |

LISTA DE GRÁFICOS

| N° | CONTENIDO | PÁGINA. |
|-------------|---|---------|
| Gráfico 1. | Cobertura vegetal en la Microcuenca alta del Río Alao | 76 |
| Gráfico 2. | Cobertura vegetal en la Microcuenca media del Río Alao | 78 |
| Gráfico 3. | Cobertura vegetal en la Microcuenca baja del Río Alao | 80 |
| Gráfico 4. | Precipitación media mensual (mm) de la estación meteorológica Alao en Hda Alao | 84 |
| Gráfico 5. | Porcentaje de humedad del suelo en Alao | 85 |
| Gráfico 6. | Caudales registrados durante los meses de Octubre 2008 a Enero 2009 en el punto de Chacapamba | 88 |
| Gráfico 7. | Caudales registrados durante Octubre 08 - Enero 09 en el punto Chacapamba vs precipitación mensual | 89 |
| Gráfico 8. | Curva de descarga de agua del Chacapamba | 90 |
| Gráfico 9. | Caudales registrados durante los meses de Septiembre del 2008 a Enero del 2009 en el punto Puruhuay | 92 |
| Gráfico 10. | Caudales registrados durante Septiembre 08 – Enero 09 en el punto Puruhuay. | 93 |
| Gráfico 11. | Curva de descarga de agua del punto Puruhuay | 94 |
| Gráfico 12. | Cobertura vegetal en la parte alta del sector de Mahuazo | 96 |
| Gráfico 13. | Cobertura vegetal en la parte media del sector de Mahuazo | 97 |
| Gráfico 14. | Porcentaje de humedad del suelo en el sector de Mahuazo | 99 |
| Gráfico 15. | Caudales registrados en el Río Mahuazo durante los meses de Agosto 08 a Enero 09 | 102 |
| Gráfico 16. | Promedio de caudales vs precipitación en el sector de Mahuazo | 104 |
| Gráfico 17. | Curva de descarga de agua del Río de Mahuazo | 105 |
| Gráfico 18. | Caudales medios anuales 1963-2008 en la Estación Hidrológica Alao en Hda Alao H-787 | 108 |
| Gráfico 19. | Caudales promedio vs precipitación mensual en la Estación del INAMHI durante el periodo de estudio | 111 |

| | | |
|-------------|--|-----|
| Gráfico 20. | Oferta hídrica media en la Microcuenca alta del Río Alao | 113 |
| Gráfico 21 | Variación de temperatura en los puntos de monitoreo | 114 |
| Gráfico 22. | Variación de pH en los puntos de monitoreo | 115 |
| Gráfico 23. | Variación de oxígeno disuelto en los puntos de monitoreo | 117 |
| Gráfico 24. | Variación de turbidez en los puntos de monitoreo | 119 |
| Gráfico 25. | Variación de alcalinidad en los puntos de monitoreo | 120 |
| Gráfico 26. | Variación de fosfatos vs nitratos en los puntos de monitoreo | 122 |
| Gráfico 27. | Variación de pH vs conductividad eléctrica en los puntos de monitoreo | 123 |
| Gráfico 28. | Variación de la conductividad eléctrica vs salinidad en los puntos de monitoreo | 124 |
| Gráfico 29. | Variación de la temperatura vs oxígeno disuelto en los puntos de monitoreo | 125 |
| Gráfico 30. | Variación de la conductividad eléctrica vs oxígeno disuelto en los puntos de monitoreo | 126 |
| Gráfico 31. | Variación de total de sólidos disueltos en los puntos de monitoreo | 127 |
| Gráfico 32. | Variación de la conductividad eléctrica vs total de sólidos disueltos en los puntos de monitoreo | 129 |
| Gráfico 33. | Variación de total de sólidos en suspensión en los puntos de monitoreo | 130 |
| Gráfico 34. | Valores de coliformes en los puntos de monitoreo | 131 |
| Gráfico 35. | Variación del Índice de Calidad de Agua (ICA o WQI) en los puntos de monitoreo | 133 |
| Gráfico 36. | Variación de macroinvertebrados en los puntos de monitoreo (EPT) | 134 |
| Gráfico 37. | Valores del total de órdenes y familias encontrados en la Microcuenca del Río Alao. | 136 |
| Gráfico 38. | Total de familias encontradas en la Microcuenca del Río Alao | 138 |
| Gráfico 39. | Variación de Macroinvertebrados (BMWP/Col Roldán 2003) en los puntos de monitoreo | 139 |
| Gráfico 40. | Demanda por usos de la Microcuenca del Río Alao | 141 |

LISTA DE FIGURAS

| Nº | CONTENIDO | PÁGINA. |
|-----------|---|----------------|
| Figura 1. | Método de dos puntos | 9 |
| Figura 2. | Método de seis décimas. | 10 |
| Figura 3. | Vista transversal de un río en el que se muestra los puntos de observación | 48 |
| Figura 4. | Kit portátil marca “LaMotte” para determinar los parámetros físico-químicos | 54 |
| Figura 5. | Red tipo D-net: Funete Roldán 1992 | 65 |
| Figura 6. | Ubicación geográfica de la Microcuenca del Río Alao | 73 |
| Figura 7. | Clasificación de la Microcuenca del Río Alao | 75 |

LISTA DE ANEXOS

Nº CONTENIDO

1. Ubicación geográfica de la Microcuenca del Río Alao.
2. Límites de la ubicación geográfica de la Microcuenca del Río Alao.
3. Matriz de caracterización de microcuencas
4. Serie de datos meteorológicos en la estación Alao en HDA ALAO
5. Cálculo de la humedad del suelo
6. Pluviómetro casero
7. Hoja de campo para precipitación.
8. Cálculo de precipitación a
9. Medición del espejo de agua
10. Mediciones de la velocidad del agua con molinete
11. Hoja electrónica para la medición del caudal
12. Regletas graduadas para la medición del nivel de agua.
13. Puntos de monitoreo de caudales en la microcuenca del río Alao
14. Mapa de uso actual de la microcuenca del río Alao
15. Mapa del uso potencial de la microcuenca
16. Mapa de isoyetas de la Microcuenca del Río Alao
17. Mapa de isotermas de la Microcuenca del Río Alao
18. Reuniones con líderes comunitarios y reconocimiento de la microcuenca del río alao.
Instituciones de apoyo
19. Microcuenca Alta del Río Alao
20. Microcuenca Media del Río Alao
21. Microcuenca Baja del Río Alao
22. Perfiles del río en donde se encuentra los puntos de monitoreo
23. Toma de muestras de Macroinvertebrados Acuáticos
24. Trabajo de laboratorio para la determinación de la calidad de agua por
Macroinvertebrados acuáticos.
25. Toma de muestras Bacteriológicas.
26. Mapa calidad del agua según el índice EPT en la microcuenca del río alao
27. Mapa Calidad Del Agua (Indice BMWP/Col) En La Microcuenca del Río Alao.

28. Mapa del Índice de la calidad del agua (ICA - WQI) en la microcuenca del Río Alao.
29. Formulario para campo para el registro de datos físico-químicos.
30. Formulario para laboratorio para el registro de datos de macroinvertebrados. Índice EPT
31. Formulario para laboratorio para el registro de datos de macroinvertebrados. Índice de sensibilidad BMWP/col Roldán 2003
32. Formulario para laboratorio para el registro de datos del índice de calidad del agua (ICA - WQI)

I. ESTUDIO DEL APROVECHAMIENTO HIDRÍCO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ALAO, DESDE LOS USOS DE CONCESIÓN.

II. INTRODUCCIÓN

A principios del siglo XXI, una tercera parte de las naciones tendrán escasez de agua de modo permanente, como consecuencia de la destrucción de los RRNN y el cambio climático. De todas las crisis sociales y naturales que deben afrontar los seres humanos, los recursos hídricos son los más afectados a nuestra supervivencia y del planeta. Ninguna región del mundo podrá evitar las repercusiones de esta crisis que afecta a todos los aspectos de la vida, desde la salud de los niños, hasta la alimentación de los seres humanos. Los abastecimientos de agua disminuyen, mientras que la demanda crece a un ritmo acelerado e insostenible. Se prevé que en los próximos veinte años el promedio mundial de abastecimiento de agua por habitante disminuirá en un tercio

A mediados del presente siglo miles de millones de personas sufrirán escasez de agua en todo el mundo. Se calcula que un 20% del incremento de la escasez mundial de agua obedecerá al cambio climático. En zonas húmedas es probable que las precipitaciones aumenten, mientras que en muchas zonas propensas a la sequía, e incluso en algunas regiones tropicales y subtropicales, disminuirán y serán más irregulares. La calidad del agua empeorará con la presión demográfica, elevando su temperatura y aumentando los índices de contaminación.

En los últimos años se han evidenciado una importante disminución en su calidad; los más afectados siguen siendo los más pobres y vulnerables, ya que el 50% de la población de los países subdesarrollados están expuestas al peligro que representan las fuentes de agua contaminadas, que por ser un recurso vulnerable y finito, resulta muy costoso para las clases altas y pobres.

Los problemas más importantes que se plantean son la calidad y buena administración del agua. En el mundo hay más de 2,2 millones de personas que mueren cada año debido a

enfermedades causadas por el agua potable contaminada y un saneamiento deficiente. Una gran proporción de esas muertes se debe a las enfermedades ocasionadas por el agua.

El aprovechamiento del agua para sus diferentes usos en el Ecuador aumentó considerablemente en los últimos años. Sin embargo, el sector se caracteriza por: bajos niveles de cobertura, especialmente en áreas rurales; baja calidad y eficiencia del servicio; y una limitada recuperación de costos y un alto nivel de dependencia en las transferencias financieras de los gobiernos locales y nacionales. Es más, existe una superposición de responsabilidades, tanto en el gobierno nacional como entre los distintos actores locales.

A. JUSTIFICACIÓN

Actualmente muchos países tienen menos agua de la que necesitan, los acuíferos que datan de tiempos prehistóricos se están agotando con rapidez. Los recursos hídricos disminuirán continuamente a causa del crecimiento de la población, de la contaminación y del cambio climático esto como consecuencia de la tala de bosques y degradación de páramos.

Ecuador no se encuentra exento de esta problemática del agua, la cual se agudiza año tras año, y tomando en cuenta que se dispone de grandes fuentes de agua se hace ilógico, que la mayoría de habitantes dispongan de agua solo en ciertas horas e incluso en algunos lugares solo en determinados días de la semana, con una distribución injusta e inequitativa, caracterizadas y diferenciadas para grupos sociales privilegiados.

El área del Proyecto forma parte del gran sistema fluvial "Pastaza-Marañón-Amazonas", que tiene su nacimiento en los Andes Ecuatorianos. Los ríos Chambo y Patate constituyen la Cuenca Alta del Río Pastaza, y tiene un régimen predominantemente torrencial; la densidad de drenaje es de 0.5 km³/km² y 0.1 km³/km² para las subcuencas de los ríos Patate y Chambo, respectivamente.

Ante la evidencia de la escasez del líquido vital en la ciudad de Riobamba, se hace necesario buscar alternativas que ayuden a solucionar la problemática del agua, lo cual es

imprescindible ir hacia las partes altas de la serranía buscando nuevas fuentes naturales, que provean agua para la ciudad como alternativa de abastecimiento para utilizar de forma segura y eficiente.

La microcuenca del Río Alao que se encuentra localizada en una parte de la cordillera oriental pertenece al cantón Riobamba, parroquia Pungalá, tiene información de primera mano, relacionando con la calidad y cantidad, puesto que todas las aguas son utilizadas para generar hidroenergía en la CENTRAL ALAO. La microcuenca aparentemente genera suficiente recurso hídrico como para abastecer el déficit de agua potable para la ciudad de Riobamba y dar un uso adecuado al aprovechamiento del recurso de manera sostenible.

Razón por la cual se plantea el presente estudio es para establecer la disponibilidad real y el aprovechamiento hídrico en la microcuenca del Río Alao, en los diferentes usos concesionados por la agencia de aguas, a más de esto establecer en que parámetros la Empresa Eléctrica Riobamba, utiliza el agua para generar hidroenergía, mientras que para la agricultura se conoce que ha sido limitado para el riego u otros usos actuales que se da al agua.

B. OBJETIVOS

1. General

Estudiar el aprovechamiento hídrico de la microcuenca del Río Alao desde los usos de concesión.

2. Específicos

1. Conocer la capacidad de almacenamiento hídrico de la microcuenca del Río Alao, y su posibilidad de regeneración natural con el manejo sustentable del ecosistema frágil.
2. Determinar la calidad de agua en los afluentes de la microcuenca del Río Alao, como alternativas potenciales del agua para uso doméstico.
3. Realizar el análisis de las concesiones de los usos actuales, tomando como referencia la base de datos de la Agencia de Aguas de Riobamba (CNRH).

III. REVISIÓN DE LITERATURA

A. CUENCA HIDROGRÁFICA

La palabra cuenca, proviene del latín concha (diccionario de la lengua española), que denota concavidad, lo inverso a lo convexo. Los conceptos y las definiciones de “cuenca” han evolucionado, desde una concepción meramente hidrológica, (con una perspectiva de la gestión de uso del agua), hasta abarcar el de otros recursos y posteriormente también lo social (político, económico, administrativo, etc.).

1. Definiciones

Cuenca Hidrográfica es el área que recoge la lluvia que alimenta una corriente. (CALI, C (2007)

Cuenca Hidrográfica es un sistema conformado por las interrelaciones dinámicas en el tiempo y en el espacio de los subsistemas social, económico, político, institucional, cultural, legal, físico y biológico, en una unidad territorial delimitada por el parteaguas. CATIE, (2001).

Es una unidad territorial de drenaje en la cual escurren las aguas a un colector que llega al mar; sus límites son las líneas de cumbre de las montañas. Contiene los recursos naturales renovables en continua interacción: agua, suelo, vegetación, fauna. En esta unidad territorial de drenaje, el recurso más importante es su población, que vive sobre la base del uso productivo de los recursos naturales; y, estos requieren de su conservación y buen manejo para la sostenibilidad de sus actividades. CODERECH (2005).

De acuerdo a INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA INE (2005), las cuencas hidrológicas son unidades morfológicas integrales y además de incluir todo el concepto de cuenca hidrográfica, abarcan en su contenido, toda la estructura hidrogeológica subterránea del acuífero como un todo.

Cualquier afluente de los ríos estudiados supone un aporte de caudal permanente o estacional, que varía las condiciones hidráulicas del cauce principal desde el momento de

su confluencia en éste. Por este motivo, los tramos principales a definir no pueden quedar divididos por afluentes o manantiales importantes. SANZ RONDA F.J. y MARTÍNEZ DE AZAGRA, A., 1999

2. Clases o tipos de cuencas

Según la clasificación de Gravellius, 1914.

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 subcuencas 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.

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. CALI, C (2007).

La Microcuenca del Río Alao se encuentra localizada en la parte alta del cantón Riobamba, parroquia Pungalá, la misma que no tiene fácil acceso por lo que no se tiene información.

B. MEDICIÓN DEL CAUDAL

El caudal de un río, es decir la cantidad de agua que fluye a través de una sección transversal, se expresa en volumen por unidad de tiempo.

El caudal en un tiempo dado puede medirse por varios métodos diferentes y la elección del método depende de las condiciones de cada sitio. OMM, (1994)

a. Medición del caudal con molinete.

1) Molinete¹

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.

Cuando se tienen suficientes aforos a diferentes caudales se puede usar el sitio como estación de aforo con un limnómetro

2) Tipos de molinetes²

Cuadro 1. Tipos de molinetes

| TIPO DE MOLINETE | OBSERVACIÓN |
|------------------------------------|---|
| Molinete del tipo electromagnético | Molinetes del tipo electromagnético tienen un sensor y una pantalla que muestra la velocidad del punto de |

¹ Organización Internacional de Normalización, 1979 : *Liquid Flow Measurement in Open Channels: Velocity-area Methods*

² Equipo de la USU – MAG/BIRF 3730 EC, Aforo de Agua con Molinete

| | |
|--|---|
| | aforo |
| Los molinetes de aspas o de copas (como el anemómetro) que giran, pueden contar con un eje vertical u 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 |
| Dos tipos comunes de molinete con eje vertical son el Price Tipo AA y el Price “Enano” | El Price AA tiene copas que giran en un diámetro de 5 pulgadas y el enano tiene copas que giran en un diámetro de 2 pulgadas – así que el tipo enano gira más de dos veces más rápido que el Price AA y tiene un límite de como 1 m/s |
| Algunas marcas de molinete del tipo de eje horizontal son el Ott (Alemania), el Neyrpic (Francia) y el Hoff (E.E.U.U.) | 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 la vegetación y objetos en el agua |

Fuente. Equipo de la USU – MAG/BIRF 3730 EC, Aforo de Agua con Molinete

3) Métodos para medir velocidades³

Existen varios métodos para la medición de velocidades en canales abiertos entre ellos se presentan algunos de los más comunes a continuación:

- Método de “velocidad vertical”
- Método de dos puntos
- Método de tres puntos
- Método de seis décimos
- Método de integración

³ Equipo de la USU – MAG/BIRF 3730 EC, Aforo de Agua con Molinete

➤ **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.

➤ **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

$$V_{\text{promedio}} = \frac{V_{0.2} + V_{0.8}}{2}$$

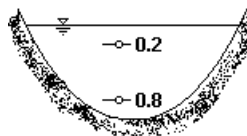


Figura 1. Método de dos puntos

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. 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.

➤ **Método de seis décimos**

Para corrientes no muy profundos, es decir, menos de 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 0.6m 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.

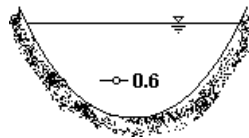


Figura 2. Método de seis décimos

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.

➤ **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 0.8m. 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:

$$V_{promedio} = \frac{1}{2} * \frac{V_{0.2} + V_{0.8}}{2} + V_{0.6}$$

➤ **Método de integración**

Este método involucra la experiencia 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. Pueden haber grandes errores con este método y por eso se recomienda sólo para revisiones rápidas del caudal

C. DIAGNÓSTICO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

Comprende la caracterización, clasificación, especialización, síntesis y evaluación integral del territorio, bajo las dimensiones: biofísica, económica, sociocultural, político administrativa, infraestructura funcional, que permita explicar la realidad municipal.

Esta etapa incluye las actividades de recolección, clasificación, análisis, valoración y evaluación de la información de fuentes primarias y secundarias, soportada en el trabajo articulado del equipo técnico y de la participación activa de los actores públicos, privados y comunitarios.

Como complemento de esta etapa se deben desarrollar Mesas de Trabajo y Talleres de Convocatoria Amplia, como elementos centrales de discusión, participación y direccionamiento del Plan de Ordenamiento Territorial. Ley de Desarrollo Territorial. Ley 388 de 1997. (GUÍA PARA EL DIAGNÓSTICO LOCAL PARTICIPATIVO)

1. Diagnóstico participativo.

El diagnóstico permite interpretar la situación actual de una localidad, para establecer la relación causa-efecto y concluir en una síntesis de problemas, necesidades y potencialidades de la localidad y su área de influencia. El diagnóstico es la base de un proceso de planificación, pues permite definir donde y como intervenir para obtener

mejores resultados. Además el diagnóstico es un instrumento vital para adoptar decisiones informadas, disminuir el riesgo y optimizar el uso de los recursos.

El diagnóstico debe ser elaborado de manera minuciosa y objetiva, de tal forma que no sea utilizado solamente por técnicos, sino fundamentalmente por quienes tienen la oportunidad de tomar decisiones. (ENDARA, N. y CARVAJAL, J. 1998).

El diagnóstico tiene dos niveles, el primero brinda información general y el segundo profundiza con otros elementos de información el detalle de la realidad local.

El diagnóstico se realiza conjuntamente con las comunidades lo que permite definir los problemas de los grupos específicos como: adultos, jóvenes, niños, etc. (ENDARA, N. y CARVAJAL, J. 1998).

2. Importancia del diagnóstico participativo

La realización del diagnóstico participativo es de gran importancia porque necesitamos obtener los conocimientos necesarios antes de planificar e intervenir, y es imprescindible conocer los diferentes puntos de vista que existan sobre la realidad del sector. El proceso del diagnóstico participativo toma algún tiempo y se debe seguir algunos pasos:

- a. Identificar el problema, la pregunta central.
- b. Plan de diagnóstico
- c. Recoger la información
- d. Procesar la información
- e. Generación de resultados (BURGWAL, G. Y CUELLAR, J. 1999).

3. Herramientas del diagnóstico

a. Grupos focales

“Una reunión de un grupo de individuos seleccionados por los investigadores para discutir y elaborar, desde la experiencia personal, una temática o hecho social que es objeto de

investigación". Erróneamente, los grupos focales generalmente son considerados una modalidad de talleres participativos por lo cual es importante hacer una distinción entre ellos.

Los talleres participativos implican la participación de un número de personas y el énfasis está puesto en el desarrollo de unas preguntas y unas respuestas entre los talleristas y los participantes. En cambio, los grupos focales requieren de procesos de interacción, discusión y elaboración de unos acuerdos dentro del grupo acerca de unas temáticas que son propuestas por el investigador. Por lo tanto el punto característico que distingue a los grupos focales es la participación dirigida y consciente y unas conclusiones producto de la interacción y elaboración de unos acuerdos entre los participantes". <http://www.gruposfocales.org.comunidad.com>.

D. BALANCE HIDRICO

1. Balance hídrico

Análisis de la oferta hídrica a través de la elaboración de balances por cuencas existentes en cada municipio. Los balances hídricos deberán cubrir la evaluación tanto de las condiciones climáticas y edafológicas, contrastadas con el análisis y cuantificación de las aguas superficiales.

2. Panorama global del recurso hídrico.

La mayor proporción de agua corresponde a la masa de agua oceánica en un 97%, indisponible para el consumo humano, labores agrícolas e industriales por ser salubre. Se estima que la disponibilidad de agua se encuentra aproximadamente entre 40.000 Km³ y 41,022 Km³ ; agua que se encuentra y circula en la tierra a partir de acuíferos, escurrimiento superficial, de los cuales solamente 2/3 no son utilizables en las actividades humanas. Lo que supone que aproximadamente un 6.918 m³ de uso por habitante, (Olza 2003).

En términos generales el hombre interviene en el ciclo hídrico de manera drástica, al utilizar un tercio del total del agua del ciclo hidrológico en una proporción aproximada de 6.873 Km³, de los cuales 1/3 es a partir de su uso consuntivo y otras actividades, Prat (2004: 43). Pero es diferente su uso de acuerdo a la región bien sea por tener una oferta limitada ambientalmente o por el deterioro del recurso hídrico. Sectores de África, como el lago Chad con un espejo de agua que cubría 25.000 km², se ha reducido a 2.00 Km²; en Europa Occidental el Río Rin que drena la región industrial esta contaminado desapareciendo 44 especies de peses; el continente Asiático China es la que tiene los mayores problemas por contaminación y desastres por inundaciones al colmatar los cause de los ríos.

El panorama de acceso al agua a nivel global se ha agravado desde el año 2000, se estimaron restricciones de acceso de aproximadamente para 1.100 millones de personas en el mundo; al menos, es decir casi uno de cada cinco habitantes, carecía de acceso a agua potable y alrededor del doble 2.400 millones de personas, tenían limitaciones en relación a un saneamiento. La situación es trágica en Asia donde vive el 65% de la población sin acceso a agua potable y en África el 28%, (PNUD 2003).

Los frentes de estos conflictos habrán de situarse en cinco niveles: dentro y fuera de las naciones; entre poblaciones rurales y urbanas; entre intereses río arriba y río abajo; entre los sectores agrícola, industrial y doméstico; entre las necesidades humanas y los requisitos de un medio ambiente sano (CMR)", Castro (2006: 44).

Es importante tener en cuenta que cuando se computa la disponibilidad u oferta de agua para el caso colombiano, en cantidades inferiores a los 1.000 m³/hab/año, este factor de por sí limita el desarrollo socio-económico; generando graves problemas medio ambientales.

Los Estados nacionales con menos de 2.000 m³ /hab/año se encuentran en una preocupante situación de escasez marginal de agua, Ministerio del Medio ambiente (1999).

3. Demanda hídrica

Análisis espacio temporal de la demanda de agua de la población, la industria y demás actividades del municipio. (IDEAM)

E. USO ACTUAL Y POTENCIAL DE LOS RRNN

1. Recursos naturales

Los Recursos Naturales son elementos que existen en la naturaleza: agua , flora, fauna y suelo. Entre los recursos naturales tenemos ecosistemas.

a. Ecosistema

Un ecosistema es un nicho ecológico donde viven y se interrelacionan dinámicamente donde viven plantas, animales, suelo, agua y el clima. Como por ejemplo el Páramo, etc.

1) Páramos

El páramo es un ecosistema donde viven personas, animales y plantas, está a lo largo de la Sierra entre el bosque andino y la nieve perpetua sobre los 3000msnm.

El páramo se caracteriza por tener almohadillas, páramo seco, bosque primario, animales silvestres y vegetación herbácea típico de clima frío y húmedo.

Los páramos desempeñan funciones de regulación hídrica (reservorio natural) que aportan caudales estables para la sobrevivencia de la vida silvestre, comunidades, pueblos y ciudades

Según cuentan los mayores, en tiempos pasados fueron mejores, donde las montañas estuvieron cubiertas de árboles, arbustos, matorrales, hierbas, donde albergaban animales silvestres.

Por estas condiciones ecológicas llovía bastante, con tierras eran fértiles y producían buenas cosechas, donde además se gozaba de un clima fresco y sano.

2) Páramos en Ecuador

Los páramos del Ecuador no están sanos, pues han sufrido una sobre explotación y uso inadecuado, con practicas como: sobrepastoreo, quemas, (regeneración de paja tierna donde alimentan al ganado)., plantaciones de pino y eucalipto secan paramos y vertientes que toman 150 l/día, la deforestación irracional de bosques primarios, ampliación de la frontera agrícola en zonas de páramos y vertientes, para siembras de papas y pasto.

La deforestación produce:

- Pérdida del ecosistema natural (flora y fauna).
- Disminución de caudales y pérdida de vertientes de agua.
- Escasez de leña y madera.
- Empobrecimiento de los suelos (erosión), con bajas en la productividad agropecuaria.
- Alteración del microclima (t° extremas, vientos fuertes, pérdida de humedad ambiental)

La producción agropecuaria intensiva en zonas de altura produce:

- Erosión acelerada del suelo.
- Contaminación de fuentes de agua por el uso de agroquímicos.
- Disminución de cultivos andinos.
- Cultivos genéticamente modificados permitiendo una agrodependencia
- Consumo de comida procesada, causan daños irreversibles a la salud humana

Responsables de la protección de los RR NN

- Políticas estructurales del estado Instituciones públicas

- Juntas de agua, comités pro-mejoras, padres de familia y miembros de la comunidad.
- Propietarios de paramos y vertientes

Como conservar los RRNN

- Estableciendo una normativa concertada que garantice la protección de páramos y vertientes
- Realizar plantaciones con especies nativas.
- Proteger las fuentes hídricas.
- Evitar el uso de agroquímicos que contaminan el ecosistema.
- Delimitar zonas de pastoreo, zonas de reserva natural, zonas de producción agropecuaria, etc.

Beneficios de la conservación de los RRNN

- Ambientes libres de contaminación.
- Incremento de ingresos económicos.
- Oportunidades de turismo ecológico comunitario.
- Mejores condiciones de salud integral.
- Mayor productividad garantiza la seguridad alimentaria.
- Disminución de pobreza y migración.

F. DIAGNOSTICO DE LA CALIDAD Y USOS DEL AGUA

El monitoreo de la calidad del agua, constituye hoy en día, uno de los mecanismos más efectivos de conseguir datos confiables y utilizables, pues no puede ser realizado a bajo costo y debe tenerse cuidado para asegurar que los recursos analíticos y otros sean empleados provechosamente. El primer paso en la planificación de un sistema de monitoreo de agua, sería por lo tanto, decidir qué datos son necesarios y cómo serán usados. Luego serían escogidos los lugares de muestreo con la visión de obtener la información esencial requerida con un mínimo de esfuerzo.

1. Variabilidad de la calidad del agua

La calidad del agua en varios cuerpos de agua, es rara vez constante en el tiempo, ya que está sujeta a cambios. Mientras puede haber alguna relación entre la velocidad de cambio de diferentes parámetros, otros se alteran independientemente. La aproximación de los valores monitoreados a los verdaderos valores, en la medida de los valores medio, máximo y mínimo para varios parámetros, dependerá de la variabilidad de los parámetros y del número de muestras tomadas. Cuanto mayor sea el número de muestras de las que se ha derivado la media, más estrechos serán los límites de la diferencia probable entre las medias observadas y las medias verdaderas. Estos límites de confianza no son directamente proporcionales al número de muestras sino al cuadrado de ese número. Si se quiere duplicar la confiabilidad de un valor medio, debe incrementarse el número de muestras en cuatro veces más.

Las variaciones en la calidad del agua son producidas por cambios en la masa de la muestra y cambios en el volumen o flujo de agua. La variabilidad puede ser de dos clases, al azar o cíclica y pueden ser de origen natural o artificial. Los ríos y otras aguas presentan frecuentes variaciones que son combinaciones de estos tipos y fuentes.

La variabilidad difiere entre ríos, lagos y aguas subterráneas. Es más pronunciada en ríos y los rangos serán mayores cuanto más cerca esté el punto de muestreo a la fuente de origen de la variabilidad. Conforme aumenta la distancia a la fuente, la mezcla longitudinal suaviza las irregularidades y se necesitan muy pocas muestras para encontrar límites dados de confianza.

Sin embargo, conforme aumenta la distancia entre la fuente de variabilidad y el punto de muestreo no sólo habrá reducción en el rango de variación sino también dilución y algunos parámetros se reducirán por auto-purificación, depósito y adsorción. Deben entonces, considerarse estos efectos si la estación de muestreo usada para propósitos de control de calidad está localizada a alguna distancia del área del punto de uso.

A continuación se hace una breve explicación de algunos de los parámetros determinados en las muestras tomadas como parte del presente estudio.

2. Parámetros físico-químicos del agua

a) Temperatura

La temperatura influye de forma muy significativa en las especies acuáticas determinando su metabolismo, productividad primaria, respiración y descomposición de materia orgánica. Por ejemplo cuando la temperatura aumenta se da una proliferación del fitoplancton aumentando también la absorción de nutrientes disueltos.

Un líquido caliente que vuelca a un curso receptor, puede aumentar la temperatura del entorno e incidir en la solubilidad del oxígeno disuelto en él, a mayor temperatura disminuye la solubilidad del oxígeno, influye también en las velocidades de las reacciones químicas, en los usos del agua y en la vida de la flora y la fauna acuática, ya que puede provocar la coagulación de las proteínas de la materia orgánica y aumentar la toxicidad de algunas sustancias. La lectura de cifras de temperatura se utiliza también en el cálculo de diversas formas de alcalinidad, en estudios de saturación y estabilidad respecto al carbonato de calcio, en el cálculo de la salinidad y en las operaciones generales de laboratorio.

Igualmente incide en los procesos biológicos, la temperatura óptima para el desarrollo bacteriano se encuentra comprendida en el rango de 25 a 35 °C, estos procesos se inhiben cuando se llega a los 50 °C. A los 15 °C las Bacterias productoras de metano cesan su actividad.

Para la determinación de la temperatura en los análisis "in situ" se utilizó un termómetro de mercurio sumergido directamente a una profundidad estándar de 8 a 10 cm.

b) Turbiedad

Es la principal característica física porque cualquier persona normal está familiarizada con ésta; así se habla de "agua turbia" o "agua clara" que directamente implica presencia o ausencia de turbiedad.

La turbiedad en el agua es producida por la presencia de material en suspensión como arcilla, tierra, materia orgánica finamente dividida, plancton y otros organismos microscópicos. Es necesario comprender que la turbiedad es la expresión de las propiedades ópticas de una muestra de agua, la cual disemina la luz en lugar de transmitirla en línea recta a través de la muestra.

Los problemas que puede causar la turbiedad son: Apariencia antiestética del agua, provocar depósitos en líneas de agua, equipos en proceso, calderos, etc., contaminación bacteriológica y la interferencia en la mayoría de procesos.

Como regla general la remoción de turbiedad no es un proceso difícil de llevar a cabo en forma continua y eficiente en una planta de tratamiento, pero así mismo es uno de los procesos que más afecta los costos de producción porque requiere, en su mayoría, el uso de coagulantes, acondicionadores de pH, auxiliares de coagulación, etc., productos relativamente costosos y que deben ser aplicados en cantidades determinadas en cada momento del proceso.

c) pH

Para la mayoría de propósitos prácticos el pH de una solución acuosa se puede tomar como la actividad del ion hidrógeno. La escala práctica de pH se extiende desde cero (muy ácida) a 14 (muy alcalina) con el valor medio de 7 correspondiendo a la neutralidad exacta a 25 °C.

El pH de las aguas naturales está generalmente gobernado por el equilibrio dióxido de carbono-bicarbonato y yace en un rango entre 4,5 y 8,5. Puede estar afectado por

sustancias húmicas, por cambios en el equilibrio carbonato debido a la bioactividad de las plantas y en algunos casos por sales hidrolizables, etc. Las aguas residuales y las aguas naturales contaminadas pueden tener valores de pH mucho más bajos o mucho más altos.

El efecto del pH sobre las propiedades químicas y biológicas de líquidos hacen su determinación muy importante, por ejemplo en el control de la corrosión y de los procesos de tratamiento de aguas o de aguas residuales. El valor del pH se usa en varios cálculos en trabajo analítico y su ajuste es necesario para algunos procedimientos de análisis. Para obtener resultados precisos y dependientes es necesario hacer análisis inmediatos, en sitio. Sin embargo, si esto no es posible, la muestra debe recolectarse y transportarse (sin ninguna preservación química) en un frasco completamente lleno y bien tapado para prevenir cambios en su composición, especialmente en dióxido de carbono.

d) Conductividad eléctrica

Esta propiedad depende de la fuerza iónica del agua. Está relacionado con la naturaleza de las diversas sustancias disueltas, sus concentraciones actuales y relativas, y la temperatura a la cual se hace la medición.

La determinación de la conductividad eléctrica proporciona un medio rápido y conveniente de estimar la concentración de electrolitos. En aguas que contienen principalmente sales minerales (aguas usadas o para ser usadas, en abastecimiento público y muchas otras aguas subterráneas o de superficie) esta concentración no será muy diferente de aquella de la materia sólida disuelta.

El factor que relaciona la conductividad eléctrica con la concentración de las sales inorgánicas disueltas, depende de las sales en referencia pero, si las proporciones de las diferentes sales no alteran materialmente, el factor para esa agua en particular permanece casi constante. En aguas que contienen proporciones variables de diferentes sales, el factor también varía y el valor de la prueba, como una estimación de los sólidos disueltos, disminuye. Solamente la experiencia con el agua de una fuente en particular establecerá el

significado a darse a las mediciones de conductividad. La unidad estándar de conductividad eléctrica es el siemen por metro ($S/m = \text{Ohm}/m$).

En trabajos limnológicos, y para evitar la expresión de resultados en pequeñas fracciones decimales, se usa generalmente una unidad más pequeña el milisiemen por metro (mS/m). La conductividad eléctrica de la mayoría de aguas dulces y tratadas está en el rango de 50 mS/m , los valores para aguas altamente mineralizadas suben a 100 y aún más, y para algunas aguas residuales industriales pueden exceder de 1.000 mS/m .

e) **Alcalinidad**

La alcalinidad de una muestra de agua es su capacidad para reaccionar o neutralizar iones hidronio, (H_3O^+), hasta un valor de pH igual a 4,5. La alcalinidad es causada principalmente por los bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos presentes en de solución, y en menor grado por los boratos, fosfatos y silicatos, que puedan estar presentes en la muestra. En un sentido estricto las principales especies causantes de alcalinidad y su asociación con la fuente, es la siguiente: Hidróxidos, OH^- (Aguas naturales, residuales e industriales), Bicarbonatos, HCO_3^- (Aguas naturales y residuales) Carbonatos $CO_3^{=}$ (Aguas Naturales y residuales).

Las aguas subterráneas relativamente antiguas que discurren por estratos arenosos, constituyen una buena excepción, en donde la alcalinidad también se halla relacionada a los silicatos disueltos. La alcalinidad en la mayoría de los cuerpos de aguas naturales tiene su origen en el sistema carbonato, debido a que el bióxido de carbono y los bicarbonatos forman parte del metabolismo de los organismos vivos, aeróbicos o anaeróbicos, donde quiera que halla agua, materia orgánica y unas condiciones mínimas de supervivencia.

La alcalinidad en el agua se expresa como la cantidad equivalente de $CaCO_3$, en mg/l . La alcalinidad, entendida como la concentración de metales alcalinotérreos, tiene importancia en la determinación de la calidad del agua para riego y es además, un factor importante en la interpretación y el control de los procesos de purificación de aguas residuales.

f) Oxígeno disuelto

Cuadro 2. Niveles de oxígeno disuelto

| Nivel de OD (ppm) | Calidad del agua |
|----------------------|------------------|
| 0,0 - 4,0 | Mala |
| 4,1 - 7,9 | Aceptable |
| 8,0 - 12,0 | Buena |
| 12,0 + | Repita la prueba |

Fuente: www.ciese.org

g) Nitratos

El nitrógeno es un elemento necesario para que todas las plantas y los animales vivientes produzcan proteínas. En los ecosistemas acuáticos, el nitrógeno está presente en muchas formas. Puede combinarse con el oxígeno para formar un compuesto llamado nitrato.

Los nitratos pueden provenir de fertilizantes, aguas negras y desechos industriales. Pueden causar la eutroficación de lagos o pozas. La eutroficación ocurre cuando los nutrientes (tales como los nitratos y los fosfatos) se añaden a la masa de agua. Estos nutrientes generalmente provienen del escurrimiento de tierras agrícolas y pastos, aguas negras, detergentes, desechos de los animales y sistemas sépticos con fugas. Los niveles altos de nutrientes en una masa de agua pueden hacer que la vida vegetal y las algas florezcan. Conforme las plantas crecen, pueden ahogar a otros organismos. El crecimiento de algas puede eventualmente cubrir la superficie del agua.

Estas grandes poblaciones de plantas producen oxígeno en las capas superiores del agua, pero cuando las plantas mueren y caen al fondo, son descompuestas por bacterias que usan gran parte del oxígeno disuelto (OD) en las capas inferiores. Las masas de agua con niveles altos de nitratos generalmente tienen altos niveles de demanda biológica de oxígeno (DBO) debido a las bacterias que consumen los desechos vegetales orgánicos y a los subsiguientes bajos niveles de OD. www.k.sciencie.org

Cuadro 3. Escala de nitratos en una masa de agua dulce.

| Nivel NO₃-N (ppm) | Calidad del agua |
|--|-------------------------|
| 0 - 1,0 | Excelente |
| 1,1 - 3,0 | Buena |
| 3,1 - 5,0 | Aceptable |
| 5,0 o más | Mala |

Fuente: www.k.sciencie.org

h) Fosfatos

El fósforo generalmente está presente en las aguas naturales en forma de fosfatos. Los fosfatos se encuentran en los fertilizantes y los detergentes y pueden llegar al agua con el escurrimiento agrícola, los desechos industriales y las descargas de aguas negras. Los fosfatos, al igual que los nitratos, son nutrientes para las plantas. Cuando entra demasiado fosfato al agua, florece el crecimiento de las plantas. Los fosfatos también estimulan el crecimiento de las algas lo que puede ocasionar un crecimiento rápido de las algas.

Los crecimientos rápidos de algas se pueden reconocer con facilidad como capas de limo verde y pueden eventualmente cubrir la superficie del agua. Al crecer las plantas y las algas, ahogan a otros organismos. Estas grandes poblaciones de plantas producen oxígeno en las capas superiores del agua pero cuando las plantas mueren y caen al fondo, son descompuestas por las bacterias que usan gran parte del oxígeno disuelto (OD) en las capas inferiores.

Las masas de agua con altos niveles de fosfatos generalmente tienen niveles altos de demanda biológica de oxígeno (DBO) debido a las bacterias que consumen los desechos orgánicos de las plantas y posteriormente a los niveles bajos de OD. www.ksciencie.org

Cuadro 4. Escala de fosfatos en una masa de agua dulce.

| Nivel de Fosfato (ppm) | Calidad del agua |
|-----------------------------------|-------------------------|
| 0,0 - 1,0 | Excelente |
| 1,1 - 4,0 | Buena |
| 4,1 - 9,9 | Aceptable |
| 10,0 o más | Mala |

Fuente: www.ksciencie.org

3 Índice de calidad del agua

a) Significado

El índice de calidad del agua (ICA) indica el grado de contaminación del agua a la fecha del muestreo y está expresado como porcentaje del agua pura; así, agua altamente contaminada tendrá un ICA cercano o igual a cero por ciento, en tanto que en el agua en excelentes condiciones el valor del índice será cercano a 100%.

b) Desarrollo

El ICA fue desarrollado de acuerdo con las siguientes etapas: La primera etapa consistió en crear una escala de calificación de acuerdo con los diferentes usos del agua. La segunda involucró el desarrollo de una escala de calificación para cada parámetro de tal forma que se estableciera una correlación entre los diferentes parámetros y su influencia en el grado de contaminación. Después de que fueron preparadas estas escalas, se formularon los modelos matemáticos para cada parámetro, los cuales convierten los datos físicos en correspondientes índices de calidad por parámetro (I_i). Debido a que ciertos parámetros son más significativos que otros en su influencia en la calidad del agua, este hecho se modeló introduciendo pesos o factores de ponderación (W_i) según su orden de importancia

respectivo. Finalmente, los índices por parámetro son promediados a fin de obtener el ICA de la muestra de agua.

Cuadro 5. Parámetros del ICA: importancia relativa

| PARÁMETRO | PESO (WI) | PARÁMETRO | PESO (WI) |
|--|-----------|---|-----------|
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) | 5.0 | Nitrógeno en nitratos (NO ₃ ⁻) | 2.0 |
| Oxígeno disuelto | 5.0 | Alcalinidad | 1.0 |
| Coliformes fecales | 4.0 | Color | 1.0 |
| Coliformes totales | 3.0 | Dureza total | 1.0 |
| Sustancias activas al azul de metileno (Detergentes) | 3.0 | Potencial de Hidrógeno (pH) | 1.0 |
| Conductividad eléctrica | 2.0 | Sólidos suspendidos | 1.0 |
| Fosfatos totales (PO ₄ ⁻³) | 2.0 | Cloruros (Cl ⁻) | 0.5 |
| Grasas y aceites | 2.0 | Sólidos disueltos | 0.5 |
| Nitrógeno amoniacal (NH ₃) | 2.0 | Turbiedad | 0.5 |

Fuente: Comisión Nacional del Agua, Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua, 1999

c) Fórmula del ICA

$$ICA = \frac{\sum_{i=1}^n I_i W_i}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

Donde el subíndice *i* identifica a cada uno de los 18 parámetros antes presentados, por lo que *i* = 1, 2,...18, y *n* = 18.

Cuadro 6. Calidad de agua según el ICA

| CALIDAD | RANGO | COLOR |
|-----------|--------|----------|
| Excelente | 91-100 | Azul |
| Buena | 71-90 | Verde |
| Media | 51-70 | Amarillo |
| Mala | 26-50 | Naranja |
| Muy mala | 0-25 | Rojo |

Fuente: Comisión Nacional del Agua, Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua, 1999.

4. Usos del agua

Calidad natural del agua (agua natural): se define por su composición y el conocimiento de los efectos que puede causar cada uno de los elementos que contiene o el conjunto de ellos para un uso específico estableciendo así las posibilidades de su utilización.

Cuadro 7. Escala de calidad de agua

| Rango ICA | CRITERIOS | | GENERALES | |
|-----------|-----------------------|---|-----------------------|--|
| | Edo | USO: AGUA POTABLE | Edo | USO: RIEGO AGRICOLA |
| 90 | Excelente | NO REQUIERE PURIFICACION PARA SU CONSUMO | Excelente | NO REQUIERE DE TRATAMIENTO PARA RIEGO |
| 80 | Aceptable | REQUIERE PURIFICACION MENOR | Aceptable | TRATAMIENTO MENOR PARA CULTIVOS QUE REQUIEREN DE ALTA CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO |
| 70 | Levemente contaminada | DUDOSO SU CONSUMO SIN PURIFICACION | Levemente contaminada | UTILIZABLE EN LA MAYORIA DE LOS CULTIVOS |
| 60 | Fuente contaminada | TRATAMIENTO DE POTABILIZACION INDISPENSABLE | Fuente contaminada | TRATAMIENTO REQUERIDO PARA LA MAYORIA DE LOS CULTIVOS |
| 50 | Excesiva | DUDOSO PARA CONSUMO | Excesiva | SOLO PARA CULTIVOS MUY RESISTENTES (FORRAJES) |
| 40 | Excesiva | INACEPTABLE PARA CONSUMO | Excesiva | INACEPTABLE PARA RIEGO |
| 30 | Excesiva | | | |
| 20 | Excesiva | | | |

ESCALA DE CALIDAD DEL AGUA

| | | | | |
|-----------|-----------|-----------------------|--------------------|----------|
| EXCELENTE | ACEPTABLE | LEVEMENTE CONTAMINADA | FUERTE CONTAMINADA | EXCESIVA |
|-----------|-----------|-----------------------|--------------------|----------|

Fuente: www.science.uwaterloo.ca

a) Uso como Agua Potable

- 90-100 No requiere purificación para consumo.
- 80-90 A Purificación menor requerida.
- 70-80 LC Dudoso su consumo sin purificación.
- 50-70 C Tratamiento potabilizador necesario.
- 40-50 FC Dudosa para consumo.
- 0-40 EC Inaceptable para consumo.

b) Uso en Agricultura

- 90-100 E No requiere purificación para riego.
- 70-90 A Purificación menor para cultivos que requieran de alta calidad de agua.
- 50-70 LC Utilizable en mayoría de cultivos.
- 30-50 C Tratamiento requerido para la mayoría de los cultivos.
- 20-30 FC Uso solo en cultivos muy resistentes.
- 0-20 EC Inaceptable para riego.

c) Uso en Pesca y Vida Acuática

- 70-100 E Pesca y vida acuática abundante.
- 60-70 A Límite para peces muy sensitivos.
- 50-60 LC Dudosa la pesca sin riesgos de salud.
- 40-50 C Vida acuática limitada a especies muy resistentes.
- 30-40 FC Inaceptable para actividad pesquera.
- 0-30 EC Inaceptable para vida acuática.

d) Uso Industrial

- 90-100 E No se requiere purificación.
- 70-90 A Purificación menor para industrias que requieran alta calidad de agua para operación.

- 50-70 LC No requiere tratamiento para mayoría de industrias de operación normal.
- 30-50 C Tratamiento para mayoría de usos.
- 20-30 FC Uso restringido en actividades burdas.
- 0-20 EC Inaceptable para cualquier industria.

e) **Uso Recreativo**

- 70-100 E Cualquier tipo de deporte acuático.
- 50-70 A Restringir los deportes de inmersión, precaución si se ingiere dada la posibilidad de presencia de bacterias.
- 40-50 LC Dudosa para contacto con el agua.
- 30-40 C Evitar contacto, sólo con lanchas.
- 20-30 FC Contaminación visible, evitar cercanía
- 0-20 EC Inaceptable para recreación.

Fuente: www.science.uwaterloo.ca

5) **Macroinvertebrados**

En la vigilancia y control de la contaminación, en base a organismos como bioindicadores, existen multitud de metodologías que utilizan una amplia variedad de organismos: bacterias, protozoos, algas, macrófitos, macroinvertebrados, peces. De todas las metodologías, aquellas basadas en el estudio de macroinvertebrados acuáticos son la mayoritarias. Las razones fundamentales de esta preferencia por parte de los investigadores; radica en su tamaño relativamente grande (visibles a simple vista), que su muestreo no es difícil y que existen técnicas de muestreo muy estandarizadas que no requieren equipos costosos; además presentan ciclos de desarrollo lo suficientemente largos que les hace permanecer en los cursos de agua el tiempo suficiente para detectar cualquier alteración y la diversidad que presentan es tal que hay casi una infinita gama de tolerancia frente a diferentes parámetros de contaminación..

Los macro invertebrados comprenden a los animales que en sus últimos estadios larvarios alcanzan un tamaño igual o mayor a 1mm. Pertenecen a los siguientes taxa: Insecta,

mollusca, oligochaeta, hirudinae y crustácea principalmente. Algunas desarrollan toda su vida en el medio acuático (oligochaeta y mollusca), otros, por el contrario, tienen una fase de su ciclo aéreo.

a. Orden Ephemeroptera

Los efemerópteros reciben este nombre debido a su vida corta o “efímera” que llevan como adultos. Algunos de estos pueden vivir apenas cinco minutos, pero la mayoría viven entre tres y cuatro días, tiempo en el cual alcanzan la madurez sexual y se reproducen. Los efemerópteros viven por lo regular en aguas corrientes, limpias y bien oxigenadas. Ponen sus huevos generalmente sobre la superficie del agua y estos están recubiertos por una sustancia gelatinosa que los protege de las inclemencias del tiempo. Una vez nacidas las larvas estas se fijan al sustrato por medio de tres cerdas localizadas en la parte trasera del animal. Estos bichos respiran a través de unas agallas laterales, las cuales varían en forma y número según la especie. Para diferenciar a las especies que conforman este grupo hay que referirse a las características de la boca, y en el número, la disposición y la forma de las agallas, entre otras cosas.

Ecología:

Los efemerópteros viven por lo regular en aguas corrientes, limpias y bien oxigenadas; solo algunas especies parecen resistir cierto grado de contaminación. En general, se consideran indicadores de buena calidad de agua. Sus ninfas se encuentran normalmente adheridas a rocas, troncos, hojas o vegetación sumergida; algunas pocas especies se encuentran enterradas en fondos lodosos y arenosos.

Las ninfas son prácticamente herbívoras y se alimentan de algas y tejidos de plantas acuáticas. A su vez, las ninfas de los efemerópteros constituyen una parte importante en la dieta alimenticia de peces, especialmente la trucha (salmo) y la sabaleta (Brycon)

Taxonomía:

La conformación del aparato bucal; el número, la forma y la disposición de las agallas, el número y la disposición de los filamentos caudales son, entre otras, características que se utilizan para la clasificación de las ninfas de los efemerópteros. (Roldan, P.1996.).

b. Orden Plecóptera

El grupo de los plecópteros es el más exigente de todos los grupos por vivir en aguas limpias y bien oxigenadas. El género más extendido a nivel mundial es *Anacroneuria* sp. y posiblemente sea el más común en América del Sur (Machado y Roldán, 1981).

Las larvas de los plecópteros se caracterizan por tener únicamente dos cerdas en la parte trasera del animal, lo que les diferencia de los efemerópteros. Además, posee un par de antenas largas en la cabeza y algunas agallas laterales y ventrales o anales de acuerdo a la especie. La respiración la realizan por medio de agallas y a través de su piel y los huevos los depositan sobre el agua durante su vuelo y recubiertos de una capa protectora. Para diferenciar a las especies que conforman este grupo hay que tomar en cuenta la distribución y forma de las agallas, la presencia de almohadillas alares y la posición de los ojos compuestos.

El estado adulto de los Plecópteros son voladores. Este orden no tiene importancia agrícola, pero a veces se usan como indicadores de contaminación de aguas. Existen cerca de 2000 especies de Plecópteros en 239 géneros que pertenecen a 15 familias, esta considerados dentro de los grupos más primitivos, de aspecto ortopteroide. Las ninfas alimentan en materia vegetal fresca o decaída, pero pueden ser carnívoras en los últimos instars. “Los Plecópteros suramericanos constituyen un grupo pequeño y poco conocido. Hasta ahora solo se conoce dos familias: Gripopterygidae, de origen sureño y Perlidae (subfamilia Acroneuriinae) de origen norteño.

Estos insectos acuáticos en sí, se distribuyen en todos los continentes excepto la Antártica, y desde el nivel del mar hasta los 5.600 m en el Himalaya (Theischinger, 1991). (Roldan, P.1996.).

c. Orden trichoptera

Los trichopteros son insectos holometabolos cuyas larvas viven en todo tipo de hábitat (lóticos y lenticos) pero en los lóticos fríos es donde parece presentarse mayor diversidad. La mayoría requieren de uno a dos años para su desarrollo, a través de los cuales pasan por cinco a siete estadios. La etapa pupal dura de dos a tres semanas, al cabo de las cuales sale el adulto. Los adultos son muy activos en las primeras horas de la noche. Las hembras depositan los huevos en el agua y los encierran por lo general en una masa gelatinosa.

Una de las características más llamativas, es su capacidad para construir casas o refugios, de formas variadas, a menudo propios de cada especie. Los refugios fijos al sustrato le sirven por lo regular de protección y captura de alimento. Las casas portables les sirven de protección y de movimiento en búsqueda de oxígeno y alimento.

Las larvas se alimentan de material vegetal y algas que encuentran sobre las rocas. Algunas larvas son depredadoras.

Ecología:

La mayoría de los trichopteros viven en aguas corrientes, limpias y oxigenadas, debajo de piedras troncos y material vegetal; algunas especies viven en aguas quietas y remansos de ríos y quebradas. En general son buenos indicadores de aguas oligotróficas.

Taxonomía:

En la clasificación taxonómica de los Trichopteros se tiene en cuenta la presencia o no de placas esclerotizadas en los segmentos torácicos; la presencia o ausencia de agallas branquiales en el abdomen: si el labrum es membranoso o no y el número de setas a lo

largo de la parte central; y longitud de la antena, entre otros. También la forma y el tipo de material de las casas o refugios es una característica de valor taxonómico a nivel de familia principalmente. (Roldan, P.1996.).

d. Orden díptera

Según Roldan, P.1996. Los dípteros acuáticos constituyen uno de los órdenes de insectos más complejos, más abundantes y más ampliamente distribuidos en todo el mundo. Su literatura a nivel mundial es tan abundante, que para analizarla con cierto grado de detalle, habría que hacerlo por familias, y en ciertos casos por géneros.

Biología:

El orden Díptera se considera uno de los grupos de insectos más evolucionados, junto con Lepidóptera y Trichoptera. Son insectos holometábolos. Usualmente, las hembras ponen los huevos bajo la superficie del agua, adheridos a rocas o vegetación flotante. La mayoría de las larvas pasan por tres o cuatro instars; el período de desarrollo larval puede ser de una semana como en Simuliidae o hasta de un año como en Tipulidae.

Las características más importantes de las larvas de los dípteros es la ausencia de patas torácicas. El cuerpo está dividido en tres segmentos torácicos y nueve abdominales, es blando y cubierto de cerdas, espinas apicales o corona de ganchos en prolongaciones que ayudan a la locomoción y adhesión al sustrato. La coloración es amarillenta, blanca o negra. Respiran a través de la cutícula o mediante sifones aéreos; otros poseen agallas traqueales y otros, pigmentos respiratorios (hemoglobina) para sobrevivir en zonas escasas de oxígeno.

Ecología:

Su hábitat es muy variado; se encuentran en ríos, arroyos, quebradas, lagos a todas las profundidades, depósitos de agua en las brácteas de muchas plantas y en orificios, de troncos viejos y aun en las costas marinas. Existen representantes de aguas muy limpias como la familia Simuliidae o contaminadas como Tipulidae y Chironomidae. En cuanto a

su alimentación, también es muy variada, unos son herbívoros en tanto que otros carnívoros.

Taxonomía:

Para su clasificación se tiene en cuenta la clerotización de la cabeza, si ésta es no retráctil, si las mandíbulas funcionan en un plano horizontal o vertical; si la cabeza está o no fusionada con el tórax y si el cuerpo es aplanado o cilíndrico, entre otras. (Roldan, P.1996.)

e. Orden coleoptera

Los coleópteros acuáticos adultos se caracterizan por poseer un cuerpo compacto. Las partes bucales se pueden observar fácilmente y según la forma de las mandíbulas se puede determinar su nicho ecológico. Las antenas son visibles y, por lo general, varían en forma y número de segmentos. En la clasificación a nivel de familia, la fórmula tarsal juega un papel importante. Las alas están por lo general modificadas en élitros, los cuales cubren dorsalmente el tórax y el abdomen en la mayoría de los coleópteros (Roldán 1996).

En cuanto a las larvas, presentan formas muy diversas. Las partes bucales son visibles y presentan una cápsula esclerotizada en la cabeza. El abdomen presenta agallas laterales o ventrales, de forma variada. El abdomen está dividido en esternitos y, por lo general, el último esternito abdominal presenta un opérculo (Roldán 1996).

Ecología:

La mayoría de los coleópteros acuáticos viven en aguas continentales lóxicas y lénticas, representados en ríos, quebradas, riachuelos, charcas, lagunas, aguas temporales, embalses y represas. También se les ha encontrado en zonas ribereñas tanto de ecosistemas lóxicos como lénticos. En las zonas lóxicas los sustratos más representativos son los troncos y las hojas en descomposición, grava, piedras, arena, y la vegetación sumergente y emergente. Las zonas más ricas son las aguas someras en donde la velocidad de la corriente no es muy fuerte, aguas limpias, con concentraciones de oxígeno alto y temperaturas medias.

En los ecosistemas lenticos, se encuentran principalmente en las zonas ribereñas, ya sea nadando libremente en la superficie o sobre la vegetación sumergente. En estos ecosistemas la temperatura puede ser media, baja o muy alta, como por ejemplo, en las charcas temporales de zonas de baja altitud o de alta altitud, en donde dadas las condiciones muy pocas familias se pueden adaptar, como la familia Hidrophilidae y Dytiscidae.

Algunos coleópteros pueden abandonar temporalmente su hábitad acuático para pasar al terrestre, dependiendo de las condiciones y horas del día. Así, por ejemplo, algunos de familia Elmidae en estado adulto se les puede encontrar en las horas de la mañana y días calurosos, sobre rocas o troncos que se encuentran en los ríos. En cuanto a sus relaciones bióticas, los coleópteros presentan niveles tróficos diferentes, que van desde el segundo nivel en las redes alimenticias acuáticas. Algunos de ellos se les puede encontrar en varios niveles. Por lo tanto, pueden ser herbívoros, carnívoros o detritívoros. (Roldan, P.1996.)

:

Taxonomía:

Los coleópteros acuáticos adultos se caracterizan por poseer un cuerpo compacto. Las partes bucales se observan fácilmente y según la forma de las mandíbulas se puede determinar su nicho ecológico. Las antenas son visibles y por lo general, varían en forma y número de segmentos. En la clasificación a nivel de familia, la fórmula tarsal juega un papel importante. Las alas están por lo general modificadas en élitros, los cuales cubren dorsalmente el tórax y el abdomen en la mayoría de los coleópteros.

En cuanto a las larvas; presentan formas muy diversas. Las partes bucales son visibles y presentan una cápsula esclerotizada en la cabeza. El abdomen presenta agallas laterales o ventrales, de forma variada. El abdomen está dividido en esternitos y, por lo general, el último esternito abdominal presenta un opérculo. Los coleópteros presentan una metamorfosis completa, pero son muy diferentes morfológicamente la larva y el adulto. Su ciclo de vida presenta un período que puede variar de meses a años, dependiendo de la especie.

Los huevos son depositados en el agua sobre la vegetación acuática, troncos en descomposición, en rocas o grava. Para muchas especies los huevos eclosionan cerca de ocho días después de ser puestos, las larvas pueden permanecer, como el caso de los élmidos, hasta 60 días (a nivel de laboratorio) para luego transformarse en pupas y luego en adultos; durante este período los adultos pasan por un período de corto vuelo. (Roldan, P.1996.)

G. LEY DE AGUAS

El agua es un recurso vital para la producción y subsistencia de todos los ecuatorianos. Es un bien natural de uso público, escaso, mal aprovechado t mal distribuido.

A pretexto de modernización se quiere privatizar el uso y aprovechamiento de las aguas. La intención del gobierno es beneficiar a los aguatenientes incentibando la compra y venta de los derechos de agua. La privatización de este recurso conduciría al acaparamiento y a una injusta distribución del agua, favoreciendo únicamente a quienes pueden pagar por esta.

H. CONCESIONES DE AGUAS PARA USOS CONSUNTIVOS

Los seres humanos utilizan intensivamente el recurso hídrico tanto para sus necesidades biológicas y culturales básicas, como para las diferentes actividades económicas. Cada uno de los diferentes usos tiene diferentes unos requerimientos de calidad o características físico químicas y bilógicas particulares, por lo cual el añalisis de oferta y demanda no puede realizarse exclusivamente en términos cuantitativos de rendimientos o caudales.

Aunque el mayor uso del agua tiene lugar en las actividades agropecuarias los aspectos más críticos de disponibilidad tienen relación con sus usos para el abastecimiento de agua potable para la población, para los procesos industriales y para la generación de energía eléctrica.

Cuadro 8. Códigos usados por las agencias de aguas

| CÓDIGOS - FUENTE – USO | | | |
|-------------------------------|-----------------------|---------------|------------------------|
| Código | Tipo de fuente | Código | Tipo de uso |
| E | Estero (est) | A | Abrevadero |
| G | Galería (gal) | T | Balneología - termal |
| L | Laguna (lag) | C | Camaroneras |
| P | Pozo | D | Uso domestico |
| Q | Quebrada (qda) | H | Hidroelectricidad |
| R | Río | I | Industria |
| V | Vertiente (vte) | O | Otros usos |
| M | Mar | P | Agua potable |
| U | Remanente (reman) | R | Riego |
| O | Otras fuentes | M | Aguas minerales |
| A | Acequia (acq) | S | Piscícolas |
| C | Canal (can) | F | Fuerza electromecánica |
| D | Drenaje (dren) | T | Termal |

Fuente: Senagua

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

A. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR

1. Localización

La presente investigación se llevó a cabo en la Microcuenca del Río Alao al nor-orienté de la Provincia del Chimborazo, en la parroquia Pungalá, cantón Riobamba provincia de Chimborazo, perteneciente a la Subcuenca del Río Chambo y la Cuenca del Río Pastaza, con una superficie de 18607.717 has de terreno cuyo cauce del Río Alao tiene una longitud aproximada de 63 km. (ANEXO 1)

La Microcuenca del Río Alao limita: al Norte: Parroquia Licto (Cantón Riobamba) y con el Cantón Chambo; al Sur con la Parroquia Pungalá (Cantón Riobamba); al Este: Provincia de Morona Santiago; al Oeste: con las Parroquias Licto y Pungalá (Cantón Riobamba). Según Cartografía base SIG Chimborazo (ANEXO 2)

2. Ubicación geográfica:

Se ubica en la zona 17, América del Sur, delimitada por las coordenadas en UTM

Cuadro 9. Ubicación geográfica de la Microcuenca del Río Alao

| UBICACIÓN GEOGRÁFICA | COORDENADAS UTM (M) |
|-----------------------------|----------------------------|
| Latitud | 778 546.41 |
| Longitud | 9 796 687.44 |
| Altitud (msnm) | 2720 - 4200 |

Fuente: SIG Chimborazo

3. Características climáticas⁴:

Temperatura: 6 – 18 °C
Precipitación: 500 - 800 mm / año
HR: 80%.
Período seco: Julio a octubre
Período húmedo: Noviembre a junio

4. Clasificación ecológica

De acuerdo a la clasificación de Holdridge (1982), la microcuenca del Río Alao se encuentra en cuatro zonas de vida.

Bosque seco Montano bajo (bs-MB),
Bosque húmedo Montano bajo (bh-MB),
Bosque muy Húmedo montano (bmh-M),
Páramo pluvial Sub Alpino (pp-SA).

B. MATERIALES

1. Materiales y equipos para caudales

a. Materiales

Cartas geográficas del IGM, libreta para campo, formulario para aforo, hojas de papel bond, esferos, marcadores, maskin, calculadora, CDs, tinta para impresora, lápiz, piolas, pilas, estacas, regletas de madera, flexómetro, pintura de caucho, brochas, clavos, jalones, traje para agua impermeable medidores de caudales (molinete), nivel freático y

⁴SIG Chimborazo

precipitación caseros, pluviómetro meteorológico, kit básico de laboratorio para análisis de calidad de agua.

b. Equipos

Vehículo, GPS, cámara fotográfica, altímetro, cronómetro, computadora.

2. Materiales y equipos para calidad de agua

a. Materiales

Manual y redes para muestreos biológicos, vara para la obtención de muestras a distancia, envases de plástico para depositar las muestras de macroinvertebrados, baterías, pilas, botas de caucho, jeringas y portafiltros, filtros de diversos tamaños de poros, cuerda, ropa impermeable, esferos, lápices y marcadores cinta aislante, cinta métrica, folletos informativos, pinza de relojero, bolsas de plástico inerte, cronómetro, calculadora, papel bond.

b. Equipos

Kit para medir la calidad del agua, conductímetro modelo Extech ExStik® II., cámara fotográfica digital, computadora, GPS.

3 Materiales y equipos para laboratorio

a. Materiales

Pipetas volumétricas 1, 2, 10 ml, buretas de 10, 25, 50 ml, probetas 10, 25, 50 ml, espátulas, balones aforados 50, 100, 250 ml, vasos para precipitación 100, 250, 500 ml, matraz Erlenmeyer, embudo, papel filtro., desecador., cápsula de porcelana, estufa., balanza analítica, botellas de vidrio y/o plástico con tapas, bandejas, cernidoras muy finas

b. Equipos

Conductímetro, Estereoscopio, cámara, reverbero.

C. METODOLOGÍA**Para el cumplimiento del objetivo 1:**

Conocer la capacidad de almacenamiento hídrico de la microcuenca del Río Alao, y su posibilidad de regeneración natural con el manejo sustentable del ecosistema frágil.

a. Fase logística**1. Contacto con instituciones de apoyo**

Se contactó con técnicos de Fundación Natura, INAR, EERSA, EMAPAR, INAMHI, CESA, los cuales brindaron el apoyo necesario para la elaboración del presente trabajo.

Se planificaron reuniones informativas, para la ejecución de la propuesta contando con el apoyo de un equipo de trabajo, como un guía de la zona, técnicos profesionales en GIS, agrónomos y más, ya que dado los aspectos físicos, hidro-geográficos a analizarse, fueron una fuente de ayuda para la ejecución de este proyecto. (ANEXO 18)

2. Líderes comunitarios

Se contacto con los líderes, comunitarios quienes acompañaron en algunas acciones durante el desarrollo de la investigación. Fue importante que durante los diversos recorridos, acompañe una persona conocedora de la zona.

b. Actividades antrópicas**1. Recopilación de la información**

1.1 Información ambiental

La información levantada *in situ*, se registró en matrices previamente establecidas (ANEXO 3.) por DÌAZ, P (2007), la misma que fueron modificadas por BAUTISTA, K (2009) según la caracterización de la situación actual, de las actividades antrópicas que predominan en cada zona de intervención.

1.2 Información cartográfica

La cartografía base digitalizada fue la misma que se manejó en el programa del Arc View 3.2 utilizado por el CENSIG de la ESPOCH, (SIG de Cuencas Chimborazo utilizado por e CNRH- 2008), misma que fue validada.

1.3 Información indirecta

1.3.1 Recopilación de información secundaria

Se logró recopilar, analizar y sistematizar la mayor información disponible de libros, documentales, trabajos realizados en el sector, internet, etc.; en la que se incluía datos del clima, suelo y el uso de la tierra.

En cuanto a la obtención de la información disponible por parte del INAMHI, de información hidrológica en la estación H787 ALAO HDA ALAO e información meteorológica de la estación M396 ALAO (ANEXO 4), que fueron de gran apoyo para el análisis del comportamiento hidrológico a través del tiempo y para la comparación con aforos efectuados durante la investigación. Además se profundizó el conocimiento, para facilitar la comprensión mediante la elaboración de hidrogramas.

c. Almacenamiento hídrico

1. Información directa

1.1 Observación directa.

Como se dijo anteriormente fue necesario recorrer la zona con una persona conocedora del lugar la misma que nos ayudó con la información real del comportamiento del río y mediante la observación directa se registró la información general en cada sitio de aforamiento de caudales.

1.2 Humedad del suelo

Para el cálculo del porcentaje de humedad del suelo se siguió la metodología de Onate, M (2006) (ANEXO 5)

- Se Recolectó la muestra in-situ con la utilización del barreno de 0 a 30 cm (en fundas plásticas) tomando la muestra de diferentes puntos de un mismo lugar (aproximadamente 1lb).
- La muestra fue llevada al laboratorio.
- Se pesó la cápsula de humedad vacía y se identificó con un lápiz.
- Se pesó 5g de la muestra húmeda, se la colocó en la cápsula y se pesó (P1).
- Se puso a secar en la estufa a 110 °C por 24 horas.
- Luego se sacó de la estufa se puso a enfriar y luego se volvió a pesar la cápsula con el suelo seco (P2).
- Luego se calculó el porcentaje de humedad por medio de la siguiente fórmula:

$$\% H = \frac{(ph+C) - (ps+C)}{p} \times 100$$

Donde:

(ph + C) = Peso de la muestra húmeda más la cápsula

(ps + C) = Peso seco de la muestra más la cápsula

p = peso de la muestra húmeda.

$$\% H = \frac{H_2O}{\text{Peso de la muestra húmeda}} \times 100$$

1.3 Estación pluviométrica

El pluviómetro que se utilizó 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 en vez de esta, se colocó un embudo ya que este elemento permite el ingreso de agua al recipiente (ANEXO 6), cuando se presenten las precipitaciones. Como el proceso fue participativo, se capacitó a personas para que colaboren en la toma de la información diaria de 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 (ANEXOS 7)

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

$$\text{mm de precipitación} = \frac{\text{Volumen de agua}}{\text{Área del embudo}} \times 10$$

Para validar esta información, se relacionó la cantidad de agua recolectada en mm en el área del embudo del pluviómetro casero con la que debería recolectar en el área del pluviómetro técnico que poseen las estaciones meteorológicas, el valor obtenido se transformó a mm de precipitación, sabiendo que 20 mm de agua del pluviómetro casero equivalen a 1 mm de precipitación real según TAPIA, D (2009).

Para determinar el factor de corrección de los pluviómetros caseros utilizados en este estudio, se ubicó uno de los mismos en la estación meteorológica de la ESPOCH cercano al pluviómetro técnico que esta posee y se compararon las mediciones de cada uno de ellos, obteniendo la diferencia entre los mismos, este valor corresponde al factor de error o corrección que poseen los pluviómetros caseros utilizados en mi estudio, el cual fue

aplicado a los resultados de la precipitación obtenidos anteriormente, como se muestra en el ANEXO. 8

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.

2. Información Directa

2.1 Observación directa.

2.3 Aforos de agua

La obtención de la velocidad del agua con la finalidad de obtener caudales reales en tiempo y espacio, se la realizó con el método del Molinete, se procedió a la toma de aforos en cada punto de las estaciones de monitoreo.

2.4 Selección del sitio

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

Este sitio, debe 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

2.5 Medición de la sección transversal para aforo.

Este procedimiento, involucra medir el ancho del río y de acuerdo a este realizar la división la sección del Río 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 río mayor número de subsecciones se deben obtener.(ANEXO.9)

2.6 Medición del tirante

La medición de las profundidades de la sección transversal del río, 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 río 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.

2.7 Cálculo de velocidad del agua

Este cálculo, se lo realizó con la utilización del Molinete SEBA Universal Current Meter F1 No. 2308. (ANEXO 10)

Para la determinación de la velocidad, se realizaron 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, esta información 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):

$$n = \frac{\# \text{Revoluciones}}{30 \text{ segundos}}$$

El valor (n) es adimensional, y se calcula dividiendo el numero de revoluciones regiatradas 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 | $0.00 < n < 1.34$ | Entonces, | $V = 0.0058 + 0.2569 * n$ |
| Si | $1.34 < n < 3.95$ | | $V = 0.0168 + 0.2487 * n$ |
| Si | $3.95 < n < 10$ | | $V = -0.0069 + 0.2547 * n$ |

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.

2.8 Determinación del caudal (Q)

Para la determinación del caudal se utiliza la información que fue registrada en las hojas de campo y se aplicó 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 limitada 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:

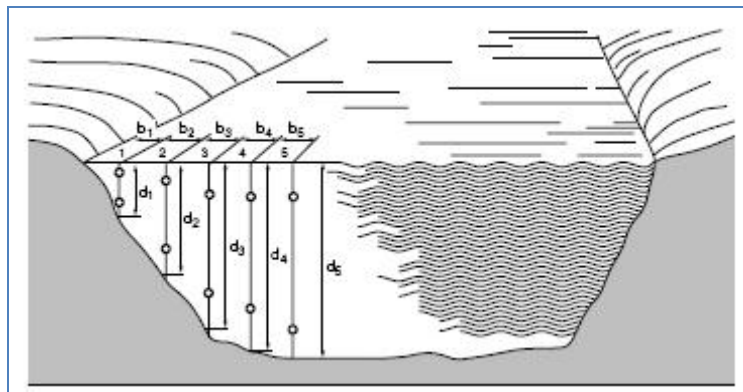


Figura 3. Vista transversal de un río en el que se muestra los puntos de observación

$$Q = \left(\frac{V_1 + V_2}{2} \right) \left(\frac{d_1 + d_2}{2} \right) b$$

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. (ANEXO 11)

2.9 Instalación de varillas graduadas

Se utilizó varillas graduadas para realizar la curva de descarga del agua 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.

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 la información periódica de niveles de agua y posteriormente procesarlos a caudales. (ANEXO 12)

Se utilizó pintura de caucho para fijar una regleta para los sitios donde hubieron problemas para adecuar la varilla, el sitio fue graduado considerando la profundidad máxima registrada durante el aforamiento, de tal manera que en vez de colocar la regleta se pintó dibujando una regleta graduada con el nivel del agua registrado.(ANEXO. 12)

3. Análisis de la información

La información obtenida de cada aforamiento con el Molinete fue registrada en un formulario de campo, con los parámetros necesarios para calcular el caudal, como ancho del espejo de agua (sección), número de segmentos (sub-secciones), profundidad(m), profundidad máxima (m), velocidad media en la vertical (molinete rev/seg), No de la propela, responsable, mismos que facilitaron la transcripción de los datos en la oficina.

4. Elaboración de la curva de descarga

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.

Para la elaboración de las curvas de descarga, se utilizó información de Caudales y Niveles medidos en los aforamiento realizados en los puntos de monitoreo. 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 en que se realizó la lectura del nivel.

La información fue analizada y se presentó digitalizada a través del uso del paquete ArcView 3.2.

5. Elaboración de hidrogramas

Para visualizar mejor los resultados se realizaron hidrogramas mensuales con la información de caudales obtenidos mediante el aforamiento o el procesamiento de los niveles en la curva de descarga de agua y las fechas en las que se hizo el aforo o se realizó la lectura del nivel de agua en la regleta. Este procedimiento fue necesario realizarlo en cada punto principal de monitoreo.

El análisis gráfico 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.

.

6. Elaboración de los mapas base y temáticos

6.1 Mapa base

La elaboración del mapa base consta de los siguientes elementos: límites geográficos vías, ríos, lagunas, microcuenca.

6.2 Mapas temáticos

- Mapa base de la microcuenca del Río Alao, con la ubicación de los puntos de monitoreo.(ANEXO 13.)
- Mapas del uso actual de la Microcuenca del Río Alao, con los resultados obtenidos durante el estudio.(ANEXO 14.)
- Mapa del uso potencial de la Microcuenca del Río Alao (ANEXO 15.)
- Mapas de isoyetas de la Microcuenca del Río Alao, (ANEXO 16.)
- Mapa de isotermas de la Microcuenca del Río Alao (ANEXO 17.)

7. Oferta hídrica.

La oferta hídrica en los puntos 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 Río Alao, se considera la oferta hídrica media en la Estación Hidrométrica del INAMHI H-787 ALAO en HDA Alao, 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.

Para el cumplimiento del objetivo 2.

Determinar la calidad de agua en los afluentes de la Microcuenca del Río Alao, como alternativas potenciales de uso del agua para uso doméstico.

a. Recopilación de la información

1) Información cartográfica

Se utilizó la cartografía manejada por el CENSIG de la ESPOCH, (SIG recursos hídricos), para la elaboración de los diferentes mapas temáticos.

1.1) Elaboración de mapas: base y temáticos.

a) Mapas base

La cartográfica base digitalizada fue la misma que se manejó en el programa del Arc View 3.2 utilizado por el CENSIG de la ESPOCH, (SIG de Cuencas Hidrográficas Chimborazo utilizado por e CNRH- 2008), misma que fue validada.

b) Mapas temáticos

La elaboración de mapas temáticos se realizó con la información validada y fueron necesarios para este estudio los siguientes:

- Mapas de calidad del agua en la Microcuenca del Río Alao, basados en
- **macroinvertebrados** y utilizando los **índices de calidad** (EPT). (ANEXO 24)

- Mapas de la calidad para el agua en la Microcuenca del Río Alao, basada en
- **macroinvertebrados** y utilizando los **índices de sensibilidad** (BMWP/Col). (ANEXO 25)
- Mapas de calidad de agua según los **índices ICA**. (ANEXO 26)

2) Puntos de monitoreo

Se elaboró el mapa base en donde se ubicó cinco puntos de monitoreo para la toma de muestras físico-químicos, biológicos y microbiológicos, los mismos que se encuentran cuatro en el Río Alao y uno en el Mahuazo. .

Cuadro 10. Ubicación geográfica de los puntos de monitoreo en la Microcuenca del Río Alao.

| CUENCA | SUBCUENCA | MICROCUENCA | | COORDENADAS | | ALTITUD | Observaciones |
|----------------|---------------|-------------|-----------------|-------------|--------|-------------|------------------|
| | | NOMBRE | Punto aforo | N | E | (altimetro) | |
| Río Pastaza | Río Chambo | Alao | Testigo | 9792229 | 783325 | 3272 | Antes del pueblo |
| | | Alao | Mahuazo | 9793282 | 773372 | 3062 | Puente carretera |
| | | Alao | Chacapamba | 9793774 | 773363 | 3040 | Puente carretera |
| | | Alao | Puruhuaypamba | 9796792 | 767931 | 2811 | Puente carretera |
| | | Alao | Estación INAMHI | 9792708 | 776944 | 3162 | Puente carretera |

Fuente: BAUTISTA, K (2009)

3) Periodicidad del monitoreo

La periodicidad del monitoreo de los cuerpos en el agua estuvo establecido por la disponibilidad, tanto de materiales como del transporte, en lo posible se trató de recolectar muestras una vez por mes.

a. Monitoreo físico-químico

El monitoreo físico y químico de la calidad del agua, se lo efectuó en base a las técnicas de Calles, J. A. 2007. Manual básico de monitoreo de la calidad del agua. Monitoreo físico-químico, microbiológico, biológico e hidrológico proporcionado por Fundación Natura y GLOWS. Quito. Ecuador. Para lo que se utilizó una hoja de campo. (ANEXO 29)

El kit (Figura 6) que se utilizó en el monitoreo de la calidad de agua fue de la fábrica "LaMotte" (Código 5870) el cual permite realizar el análisis *in situ*. Los parámetros físicos y químicos que permite realizar son los siguientes:

Figura 4. Kit portátil marca "LaMotte" para la medición de los parámetros físico-químicos *in situ*.



- 1) Temperatura
- 2) pH (potencial de hidrógeno)
- 3) Nitratos
- 4) Fosfatos
- 5) Oxígeno disuelto (OD)
- 6) Alcalinidad
- 7) Turbidez
- 8) Conductividad
- 9) Salinidad
- 10) Total de sólidos disueltos

b. Técnicas utilizadas en el monitoreo físicos-químicos.**1) Temperatura**

Para efectuar la medición de la temperatura se efectuó los siguientes pasos:

- a) Introducir el termómetro en el agua del río por tres minutos.
- b) Esperar que la temperatura se estabilice.
- c) Registrar el valor de temperatura.

2) pH (potencial Hidrógeno)

Para efectuar la medición de pH efectuó los siguientes pasos:

Se utiliza el equipo de medición de pH (código 5858). El cual permite la medición de pH entre los rangos de 3-10.5

- a) Llenar el tubo de prueba (0.230) hasta la línea de 5.0 mL con el agua de muestra
- b) Mientras se mantiene el gotero o pipeta verticalmente, añadir 10 gotas de la solución indicadora
- c) Tapar y mezclar
- d) Insertar el tubo de prueba en el comparador Octet.
- e) Y comparar el color de la muestra con el color patrón.

3) Conductividad o salinidad

Se utilizó un medidor de conductividad, marca Extech el cual permite realizar mediciones de conductividad en valores entre 0 y 1999 uS/cm. Para lo cual se efectuó los siguientes pasos:

- a) Introducir el conductímetro en el agua del río.
- b) Esperar cinco minutos y/o hasta que el valor de lectura se estabilice.
- c) Registrar valor de la conductividad en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Nota: El mismo equipo (Extech ExStik® II) sirve para medir salinidad y total de sólidos disueltos y temperatura, para lo cual se seguirá el mismo método citado.

4) Oxígeno Disuelto, OD

Para la medición de oxígeno disuelto se efectuó mediante el método de titulación el cual nos permite leer concentraciones entre 0 y 10 ppm.

4.1) Recolección de la muestra de agua

- a) Enjuagar la botella con agua de la muestra.
- b) Cerrar bien la tapa de la botella y sumergirla a la profundidad deseada
- c) Quitar la tapa y llenar la botella
- d) Apretar la botella para sacar burbujas de aire
- e) Tapar la botella mientras esta sumergida
- f) Sacar la botella del agua y asegurar que haya quedado burbujas atrapadas.
- g) Agregados de reactivos
- h) Quitar la tapa de la botella
- i) Agregar ocho gotas de solución de sulfato manganoso.
- j) Agregar ocho gotas de yoduro de potasio alcalino ácido
- k) Tapar la botella y mezclar dándole varias vueltas. Se formara un precipitado.
- l) Permitir que el precipitado se asiente por debajo de los hombros de la botella.
- m) Luego agregar ocho gotas de ácido sulfúrico.
- n) Colocar la tapa y mezclar hasta que el precipitado y el reactivo se disuelva completamente. Si la muestra contiene oxígeno disuelto, la solución tendrá un color amarillo claro y anaranjado.

- ñ) En este punto la muestra a quedado “fijado” y cualquier contacto entre esta y la atmósfera no afectara el resultado. Las muestras pueden ser conservadas por el momento y ser titulada mas tarde.

4.2) Titulación

- a) Llenar el tubo de titulación hasta la línea de 20mL con la muestra ya fijada
- b) Tapar el tubo
- c) Bajar el embolo del titulador
- d) Insertar el titulador por el tapón de la botella de la solución de titulación tío sulfato de sodio.
- e) Invertir la botella y retirar lentamente el émbolo hasta que su parte inferior coincida con el cero de la escala.
- f) Si queda pequeñas burbujas de aire en el titulador expulsarlas
- g) Añadir ocho gotas de solución indicadora (4170WT). La muestra se tornara en un color azul.
- h) Tapar el tubo para titulación. Insertar la punta del titulador en la apertura de la tapa del tubo para titulación.
- i) Continuar titulado hasta que desaparezca el color azul y la solución se torne incolora.
- j) El resultado se leerá en ppm de oxígeno disuelto,

Si la punta del émbolo llega a línea de fondo de la escala (10ppm) antes que ocurra el cambio de color, vuelva a llenar el titulador y continúe titulado. Y cuando se registre el resultado incluir la cantidad original del reactivo dispensado

5) Fosfatos

El kit “LaMotte” para medición de fosfatos (código 3121-01) permite realizar mediciones entre 0 y 2.0 ppm, para la medición se efectuó los siguientes pasos.

Método de reducción del ácido ascórbico

- a) Llenar el tubo para la prueba (0843) hasta la marca, con una muestra de agua.
- b) Usar la pipeta de 1.0mL (0354) para añadir 1.0mL del reactivo phosphate acid (V-6282-G).
- c) Tapar y mezclar.
- d) Usar una cuchara de 0.1g (0699) para añadir un nivel del reactivo phosphate reducing.
- e) Tapar y mezclar hasta disolver. Esperar por cinco minutos.
- f). Colocar el tubo en el comparador de fosfato (3122) con el lector Axial (2071). Llenar 2 tubos para prueba (0843) hasta la línea de 10 mL con agua de muestra. Colocar en el lector Axial. Comparar el color de la muestra con el color estándar.
- g) Registrar el valor como ppm de ortofosfato.

6) Nitratos-nitrógeno

El kit “LaMotte” (código 3354) para medición de nitratos permite la medición de los nitratos en concentraciones entre 0-15 ppm. Para lo cual se realiza lo siguientes pasos

- a) Llenar el tubo para ensayo (0106) hasta la marca de 5mL con la muestra de agua.
- b) Añadir una tableta de nitrato # 1 (2799).
- c) Tapar y mezclar hasta que la pastilla se disuelva.
- d) Añadir una tableta CTA de nitratos # 2 (NN 3703).
- e) Tapar y mezclar hasta que la pastilla se disuelva.
- f) Esperar cinco minutos.
- g) Deslizar la barrita nitrato-nitrógeno (3494) en el visor octa-slide (1100)
- h) Introducir el tubo para ensayo en el visor octa-slide.
- i) Comparar el color de la muestra con los colores patrón
- j) Anotar el resultado en ppm de nitrógeno.
- k) Para convertir a nitrato, multiplicar el resultado por 4,4. El resultado se expresa en ppm de nitrato.

7) Alcalinidad total

El kit “LaMotte” (código 4491-DR) que permite la medición de la alcalinidad total permite medir la concentración de carbonato de calcio (CaCO_3), se pueden medir concentraciones entre 0-200 ppm

- a) Llenar el tubo para ensayo (0647) hasta la línea de 5 mL con la muestra de agua.
- b) Agregar la tableta indicadora BCG-MR Ind (T2311).
- c) Colocar la tapa y mezclar hasta que la pastilla se disuelva. La solución se volverá en un color azul-verde
- d) Llense el titulador de lectura directa con el reagente titulador de alcalinidad B (4493).
- e) Insertar el titulador en el agujero central de la tapa del tubo de ensayo.
- f) Mueva suavemente el tubo, presione suavemente el embolo hasta que el color de la solución cambie de azul verde a rosado.
- g) Leer el resultado de la prueba en el lugar en donde la punta del embolo se junta con la escala del titulador.
- h) Registrar como alcalinidad total ppm en carbonato de calcio.

8) Turbidez

El kit “LaMotte” (código 7519) permite la medición de la turbidez en el agua. Se pueden medir concentraciones entre 0-200 JTU. Para lo cual se sigue los siguientes pasos.

- a) Llense la columna de turbidez (0835) hasta la línea de 50mL con la muestra de agua. Si el punto negro al fondo del tubo no es visible mirando a través de la columna de agua, arroje una cantidad de agua de manera que el tubo este lleno hasta la línea de 25mL.
- b) Llense la segunda columna de turbidez (0835) con una cantidad de agua limpia libre de turbidez hasta los 25 o 50 mL según sea el caso para llenar este tubo se usa agua destilada. Este tubo es el tubo de “agua clara”

- c) Coloque los dos tubos uno junto al otro y note la diferencia en claridad. Si el punto negro es igualmente claro en ambos tubos entonces la turbiedad es cero (0). Si el punto negro en el tubo de muestra es menos claro.
- d) Agite vigorosamente el reactivo estándar de turbidez (7420). Añadir 0.5 mL al tubo de “agua clara”. Use la barra removedora (1114) para remover los contenidos de ambos tubos para distribuir equitativamente las partículas. Revise la cantidad de turbidez mirando a través de la solución al punto negro. Si la turbidez del tubo de muestra es mayor que la del tubo de “agua clara”, añada 0.5mL del reactivo estándar de turbidez cada vez hasta que la turbidez del tubo de “agua clara” sea igual al tubo de agua con la muestra. Registre la cantidad total del reactivo añadido.
- e) Cada adición de 0.5mL al tubo con 50mL equivale a 5 unidades de turbidez Jackson (JTU’s). Si se uso la muestra con 25mL, cada 0.5mL añadidos del reactivo equivalen a 10 unidades de turbidez Jackson (JTU’s).

Cuadro 11. Valores de turbidez utilizados para la interpretación de resultados

| RESULTADOS DEL TEST DE TURBIDEZ | | | |
|--|-------------|-----------|-----------|
| Número de medidas añadidas | Cantidad mL | Tubo 50mL | Tubo25 mL |
| 1 | 0,5 | 5 | 10 |
| 2 | 1 | 10 | 20 |
| 3 | 1,5 | 15 | 30 |
| 4 | 2 | 20 | 40 |
| 5 | 2,5 | 25 | 50 |
| 6 | 3 | 30 | 60 |
| 7 | 3,5 | 35 | 70 |
| 8 | 4 | 40 | 80 |
| 9 | 4,5 | 45 | 90 |
| 10 | 5 | 50 | 100 |
| 15 | 7,5 | 75 | 150 |
| 20 | 10 | 100 | 200 |

Fuente: Calles, J. A. 2007.

9) Total de sólidos en suspensión (SST)

Para la obtención de los sólidos en suspensión, se recolectaron muestras de agua en los mismos puntos de monitoreo que se realizaron los análisis físico-químicos, se lo realizó de la siguiente manera:

- Recolectaron muestras de agua en recipientes de 500ml
- Llevar al laboratorio para realizar la filtración.
- Previo a la filtración llevar el papel filtro a la estufa por 30min para retirar la humedad, luego llevarlo al desecador durante 15 min, identificarlo y pesarlo(P1)
- Tomar la muestra (200ml), removerla y filtrarla.
- Luego llevar el papel filtro a la estufa de 40 a 60 min y después introducirla en el desecador durante 15 min p esarla.(P2)
- Los valores obtenidos calcularlos de la siguiente manera:

$$P2 - P1 = \text{Valor (g)}$$

$$\frac{\text{Valor (g)}}{\text{Volumen(ml)}} \times \frac{1000\text{mg}}{1\text{g}} \times \frac{1000\text{mL}}{1\text{L}} = \# \text{ mg/L}$$

- Se obtiene el valor final en mg/L

Cuadro 12. Limites permisibles TULAS.

| Parámetros | Expresado como | Unidad | Limite máximo permisible |
|------------------|----------------|--------|--------------------------|
| Aceites y grasas | Sustancia | mg/L | 0.3 |
| Aluminio total | Al | mg/L | 0.1 |
| Amoniaco | N-amoniacal | mg/L | 1.0 |
| Arsénico total | As | mg/l | 0.05 |
| Bario | Ba | mg/L | 1.0 |
| Berilio | Be | mg/L | 0.1 |

| | | | |
|--|--|------|--|
| Boro total | Bo | mg/L | 0.75 |
| Cadmio | Cd | mg/L | 0.001 |
| Cianuro | CN ⁻ | mg/L | 0.01 |
| Cobalto | Co | mg/L | 0.2 |
| Cobre | Cu | mg/L | 1.0 |
| Dureza | CaCO ₃ | mg/L | 500 |
| Cloruros | Cl ⁻ | mg/L | 250 |
| Compuestos fenolitos | Como fenol | mg/L | 0.002 |
| Cromo hexavalente | Cr ⁺⁶ | mg/L | 0.05 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días) | DBO ₅ | mg/L | 2 |
| Estaño | Sn | mg/L | 2.0 |
| Fluoruros | F | mg/L | < 1.4 |
| Hierro total | Fe | mg/L | 0.3 |
| Litio | Li | mg/L | 2.5 |
| Manganeso total | Mn | mg/L | 0.1 |
| Mercurio total | Hg | mg/L | 0.001 |
| Níquel | Ni | mg/L | 0.025 |
| Nitrato | N-Nitrato | mg/L | 10.0 |
| Nitrito | N-Nitrito | mg/L | 1.0 |
| Oxígeno disuelto | OD | mg/L | No menor al 80% al oxígeno de saturación y no menor a 6 mg/l |
| Plata total | Ag | mg/L | 0.05 |
| Plomo total | Pb | mg/L | 0.05 |
| Potencial hidrogeno | pH | | 06-sep |
| Selenio total | Se | mg/L | 0.01 |
| Sodio | Na | mg/L | 200 |
| Sulfatos | SO ₄ ⁻ | mg/L | 250 |
| Sólidos disueltos totales | | mg/L | 500 |
| Temperatura | °C | | +/- 3 grados |
| Tensoactivos | Sustancias activas al azul de metileno | mg/L | 0.5 |
| Turbiedad | | UTN | 10 |
| Uranio total | U | mg/L | 0.02 |

Fuente: Ministerio del Ambiente: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes:

Recurso agua: Título I, Libro VI; Anexo 1.

Los datos sobre estos parámetros fueron analizados, registrados, posteriormente evaluados con lo cual se pudo determinar el estado actual de la calidad del agua.

c. Los índices de calidad del agua

Para el presente manual se utilizó dos índices de calidad de agua utilizando macroinvertebrados, el EPT y el BMWP/Col adaptado para Colombia por Roldán (2003).

1) Índice EPT

El índice utiliza los grupos Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT) para su cálculo. Se usa estos grupos por su sensibilidad a la contaminación de los cuerpos de agua. Estos son los grupos que primero desaparecen cuando los ríos se contaminan. (ANEXO 23)

Para calcular el índice EPT se suma el total de individuos de una muestra y se suma el total de individuos de los grupos EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera). El valor total EPT se divide para el valor del total de individuos. El resultado se multiplica por 100 para obtener un porcentaje. (ANEXO 30)

La calidad del agua se calculada comparando el resultado con los valores de referencia. Cuadro 13.

Ejemplo:

Abundancia total = 233

Abundancia EPT = 180

Abundancia EPT / Abundancia total = $180/233 = 0,77$

Índice EPT = $0,77 \times 100 = 77 \%$

Comparamos 77 % con la tabla de referencia, nos indica que este río tiene agua de muy buena calidad.

Cuadro 13. Valores de referencia del índice EPT.

| VALOR | CALIDAD DEL AGUA |
|------------|------------------|
| 75 – 100 % | Muy buena |
| 50 – 75 % | Buena |
| 25 – 50 % | Regular |
| 0 – 25 % | Mala |

Fuente: Calles, J. A. 2007.

a) Técnicas de muestreo (en campo)

- a) En el sitio establecido para el monitoreo efectuar una colección multi-hábitat en el lecho del río.
- b) Utilizar la red tipo D-net. Figura 7
- c) Efectuar la recolección durante unos cinco minutos en cada punto de muestreo a lo ancho del río. Repetir esto al menos dos veces en cada sitio.
- d) Colocar la muestra en un frasco plástico, y llenar con alcohol etílico al 70%.
- e) Colocar una etiqueta al interior del frasco escrita con marcador permanente o con lápiz.
- f) Etiquetar el frasco en el exterior con un marcador permanente, colocando el nombre del sitio, y la fecha de muestreo.



Figura 5. Red tipo D-net. Fuente: Roldán, 1992

b) En el laboratorio

Para la identificación de los macroinvertebrados acuáticos en el laboratorio se utilizó la “Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia” de Roldán (1996). (ANEXO 24)

- a) Sacar la muestra colectada en el campo y lavarla con agua corriente utilizando un cernidor muy fino
- b) Colocar la muestra lavada en una bandeja de separación de macroinvertebrados.
- c) Separar todos los invertebrados en un frasco con que contenga alcohol etílico al 70%.
- d) Una vez limpiada y separada cada muestra, identificar los macroinvertebrados utilizando la guía de identificación de Roldán (1996).
- e) Registrar el número total de individuos de cada grupo en el formulario de laboratorio
- f) Guardar los formularios de registro en una carpeta.
- g) Copiar los valores registrados en el formulario a la planilla electrónica proporcionada macroinvertebrados.xls en el CD adjunto a este manual.
- h) Con los datos ingresados en la base de datos electrónica efectuar los cálculos de los índices de calidad de agua.

2) Análisis de sensibilidad (Índice BMWP/Col)

El índice BMWP/Col se basa en la valoración de los diferentes grupos de invertebrados que se encuentran en una muestra. Para poder aplicar este índice se necesita haber identificado los macroinvertebrados hasta nivel de familia. Cada familia de macroinvertebrados posee un grado de sensibilidad que va del 1 al 10. El 10 indica el grupo más sensible, la presencia de muchos organismos con valor 10 o valores altos, indica que el río tiene aguas limpias, y si por el contrario solo se encuentran organismos resistentes con valores bajos, esto indica que el río tiene aguas contaminadas. Por tanto este es un índice de sensibilidad.

Para obtener un valor BMWP/Col para cada sitio se suma el valor de cada grupo, se obtiene un total y se compara en el cuadro 14. (ANEXO 31)

Cuadro 14. Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos para aplicar el índice BMWP/Col (Roldán 2003).

| FAMILIAS | PUNTAJES |
|--|----------|
| Anamalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hydridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oliigoneuridae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae | 10 |
| Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydraenidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Polymitarciidae, Xiphocentronidae | 9 |
| Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Saldidae, Simulidae, Veliidae | 8 |
| Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossossomatidae, Hyalellidae, Hydropsychidae, Leptohyphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae | 7 |
| Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae | 6 |
| Belostomatidae, Gelastocoridae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae | 5 |
| Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolichopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydrometridae, Notoceridae | 4 |
| Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae | 3 |
| Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae, Syrphidae | 2 |
| Tubificidae | 1 |

Fuente: Calles, J. A. 2007.

Cuadro 15. Valores de referencia del índice BMWP/Col (Roldán 2003).

| CLASE | CALIDAD | BMWP/Col | Referencia | COLOR |
|-------|-------------|---------------|----------------------------------|----------|
| I | Buena | >150, 101-120 | Aguas muy limpias a limpias | AZUL |
| II | Aceptable | 61-100 | Aguas ligeramente contaminadas | VERDE |
| III | Dudosa | 36-60 | Aguas moderadamente contaminadas | AMARILLO |
| IV | Critica | 16-35 | Aguas muy contaminadas | NARANJA |
| V | Muy critica | <15 | Aguas fuertemente contaminadas | ROJO |

Fuente: Calles, J. A. 2007.

3) Análisis microbiológico

Para la realización del análisis microbiológico se trabajó con PETRIFILM/placas para recuento de E-coli y coliformes, con el siguiente procedimiento: (ANEXO 25)

- a) Recolectar la muestra en envases esterilizados (para muestra de orina)
- b) Trasladar al laboratorio la muestra en una nevera con hielo para mantenerla fría.
- c) En el laboratorio, utilizar una pipeta esterilizada de 1ml y colocar esta cantidad en la placa.
- d) Dejar por 48h en la estufa o por 72h a temperatura ambiente.
- e) Luego realizar el conteo de los respectivos coliformes.
- f) El valor obtenido multiplicarlo x 100 y se obtiene en UFC/100ml

Para el cumplimiento del objetivo 3

Realizar el análisis de las conexiones de los usos actuales, tomando como referencia la base de datos de la Agencia de Aguas de Riobamba (CNRH).

a. Recopilación de la información

1. Información indirecta

1.1 Recopilación de información secundaria

La información de los caudales concesionados en la microcuenca del Río Alao, 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 coordinó para adquirir los datos.

Se investigó en la Ley de Aguas el procedimiento legal de adjudicaciones, para conocer el funcionamiento de los procesos y sistematizar la mayor información

Los resultados obtenidos de la oferta hídrica de la microcuenca fueron analizados y comparados con las necesidades de la demanda, a fin de determinar si hay un excedente que permita satisfacer y generar un uso alternativo para agua potable en Riobamba.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

1. Descripción general

La presente investigación se llevó a cabo en la Microcuenca del Río Alao al nor oriente de la Provincia del Chimborazo.

Dentro del contexto de este trabajo, es necesario enmarcar la caracterización socio-económico, disponibilidad del agua y aspectos ambientales los que dan importancia regional y local de la microcuenca del río Alao. El analizar estos aspectos, ayuda a establecer la relevancia del trabajo y a comprender la trascendencia del estudio.

En la microcuenca del Río Alao se encuentran varias comunidades como San Antonio, Llapapamba, Shullidis, Melán, Etén, Niño loma, Pelteteg, Calquis, Punín Huayco, Apuñag, Shanaicun, San Gerardo, Agua Santa, Rayo Loma, Puruhuaypamba, Pungalapamba, Anguñay, Quishcaguan, Daldal, Pucará.

La microcuenca del Río Alao está conformada por una gran cantidad de quebradas que, según el SIG Chimborazo, son: Quebradas Angasatig, La Tranca, GULAG, Ausullay, Chimblas, Minas, Calera, Taba, Chanchan, Stabeti, Casullay, Caubug, Misnia, Llimbis, Paccha, Angollacta, Autzuc, Shulala, Chaupibug, Vaqueria, Tzis, Canshapasana, Yugburpungu,, Supaycahuan, Quilimas, Ashpachaca, Yugburpungu, Shulala, Quilimas, Supaycahuan, Igsha, Cachipamba, Ation, Yugbug, Ation y Río Mahuazo que es el afluente principal de la microcuenca.

a) Flora

En las partes con mayor pendientes se encuentran especies arbustivas y herbáceas como chilca (*Baccharis latifolia*) paja (*Stipa icchu* K), sig sig (*Cortaderia cubata* S), pencos (*Agave americana* L), lupino (*Lupinus* sp), calaguala (*Conyoloneurum amphostenon* F), Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), huicundos o haicundos (*Tillandsia* sp), eucalipto (*Eucaliptos globulus*), quishuar (*Buddleja incana*), pumamaqui (*Oreopanax ecuadorensis*), yagual (*Polylepis* sp), aliso (*Alnus acuminata*), nogal (*Juglans neotropica* Diles), arrayàn (*Myrcianthes hallii*), pino (*Pinus radiata*), cipres (*Cupressus macrocarpa*), llin llin (*Senna multiglandulosa*, etc.

En la zona alta donde se origina el río alao se pueden apreciar grandes zonas de páramo acompañados de bosques andinos de polylepis, la zona presenta pendientes que fluctúan de cinco a 38 grados y una temperatura atmosférica del 80%.

Se observan pequeños remanentes de bosque nativo como: polylepis, budlejas, escalonias en áreas protegidas naturalmente (hondonadas) se constituyen remanentes de grandes bosques.

La vegetación de páramo que cubre casi toda el área de la zona alta de la microcuenca (80%) está compuesta por (*Stipa icchu*, *calamagrostis* sp. Dentro del pajonal se encuentran especies arbustivas en forma aislada tales como yagual (*polylepis encana*) quishuar (*buddleja incana*), samal (*Mirsyne* sp), sacha capulí (*vallea stipularis* L), guishmo (*weinmannia pinnata*), chachacoma (*Scalonia myrtilloides*), mortiño (*vaccinium bejaria*), romerillo (*hypericum larisifolium*), piquil (*gynoxis halli*) y pujin (*Hesperomelos ferrogineo*).

b) Fauna

En la microcuenca se encuentran especies de mamíferos como: zorrillos (*Conepatus semistriatus*), raposa común (*Didelphys marsupialis*), venado cola blanca (*Odocoileus*

virginatus), conejo (*Sylvilagus brasiliensis*), conejo de monte (*Cuniculus* sp), puma (*Puma concolor*), lobo de páramo (*Pseudalotex couteaux*), danta (*Tapirus pinchaque*), llama (*Lama glama*), alpaca (*Lampacas*), gorrión de montaña (*Saltador maximus*), buitres (*Cathartes melenbrotus*), tortola (*Zenaida articulata*), etc.

B. APROVECHAMIENTO HÍDRICO EN LA MICROCUENCA DEL RÍO ALAO

Se realizaron aforamientos en cuatro puntos de monitoreo, determinando en promedio la fluctuación de caudales basados en los siguientes pasos:

1. Determinación de los puntos de aforo o de monitoreo.

La ubicación de los sitios donde se decidió instalar los puntos de monitoreo (Cuadro 2), se determinó estratégicamente por dos razones principales:

Cuadro 16. Puntos de Aforamiento

| CUENCA | SUBCUENCA | MICROCUENCA | | COORDENADAS | | ALTITUD | Observaciones |
|-------------|------------|-------------|-----------------|-------------|--------|-------------|------------------|
| NOMBRE | NOMBRE | NOMBRE | Punto aforo | N | E | (altimetro) | |
| Río Pastaza | Río Chambo | Alao | Mahuazo | 9793282 | 773372 | 3062 | Puente carretera |
| | | Alao | Chacapamba | 9793774 | 773363 | 3040 | Puente carretera |
| | | Alao | Puruhuaypamba | 9796792 | 767931 | 2811 | Puente carretera |
| | | Alao | Estación INAMHI | 9792708 | 776944 | 3162 | Puente carretera |

Fuente: BAUTISTA, K (2009)

a. Por afluentes .- Se hizo el estudio de los afluentes con mayor relevancia por su capacidad de almacenamiento y la superficie de cobertura. Se determinaron puntos estratégicos para la medición. (Punto 0, Cebadas y Estación Hidrométrica INAMHI).

b. Accesibilidad.- Los puntos importantes de monitoreo se consideraron por la accesibilidad para llegar a la zona de estudio. La distancia y el tiempo que toma para trasladarse hasta el afluente principal (punto Mahuazo) es de aproximadamente dos horas, los otros puntos de monitoreo se encuentran en el río Alao, los cuales fueron tomados en cuenta por su importancia y accesibilidad.

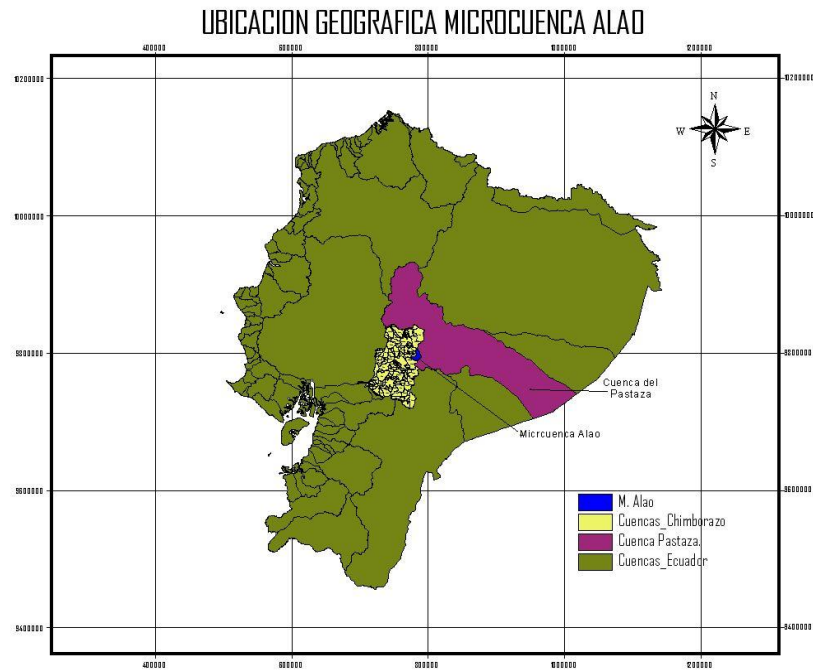


Figura 6. Ubicación geográfica de la Microcuenca del Río Alao

C. ACTIVIDADES ANTROPICAS Y CONDICIONES NATURALES.

1. Obtención de mapas de la microcuencas mediante SIG.

1.1 Mapas Base

Se realizaron mapas base para los cuales incluyen: mapas de relieve, uso actual y uso potencial de la microcuenca. Con estos mapas se pudieron elaborar los mapas finales, procesados con el programa de ArcView GIS 3.2 (ANEXO 14 y 15)

2. Caracterización de la microcuenca

2.1 Factores Antrópicas

Las actividades antrópicas son los aspectos más significativos de la microcuenca puesto que de ellas depende la caracterización de la misma. Para esto fue necesario utilizar una matriz establecida para registro de campo con el cual se procesó información in-situ (ANEXO 3) de las características generales del área de estudio. Esta descripción física se realizó en forma general para las zonas baja, media y alta.

2.1.1 Uso actual

La zona media y baja que se encuentra dividido por el río Alao, se encontró maíz (*zea mayz L*), papa (*Solanum tuberosum L*), cebada (*Hordeum vulgare*), trigo (*Triticum aestivum L*), fréjol (*Phaseolus vulgaris L*), haba (*Vicia faba*), alfalfa (*Medicago sativa*) y en la zona que posee agua de riego se encontró cebolla paiteña (*Allium cepa L*), zanahoria (*Dacus carota L*), col (*brassica oleracea L*) y remolacha (*Beta bulgaris*).

Cuadro 17. Tiempo de cultivo

| Nombre vulgar | Nombre científico | Época de siembra | Tiempo de cultivo |
|------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| Cebada | Hordeum vulgare | Oct – Nov | 6 meses |
| Remolacha | Beta bulgaris | Feb – Ago | 4 meses |
| Cebolla colorada | Allium cepa | Feb – Ago | 4 meses |
| Alfalfa | Medicago sativa | Feb – Ago | 6 meses |
| Zanahoria | Dacus carota L | Feb – Ago | 4 meses |
| Haba | Vicia faba | Feb – Ago | 4 meses |
| Maíz | Zea mayz L | Feb – Ago | 6 meses |
| Papa | Solanum tuberosum | Feb – Agos | 8 -9 meses |

Fuente: BAUTISTA, K (2009)

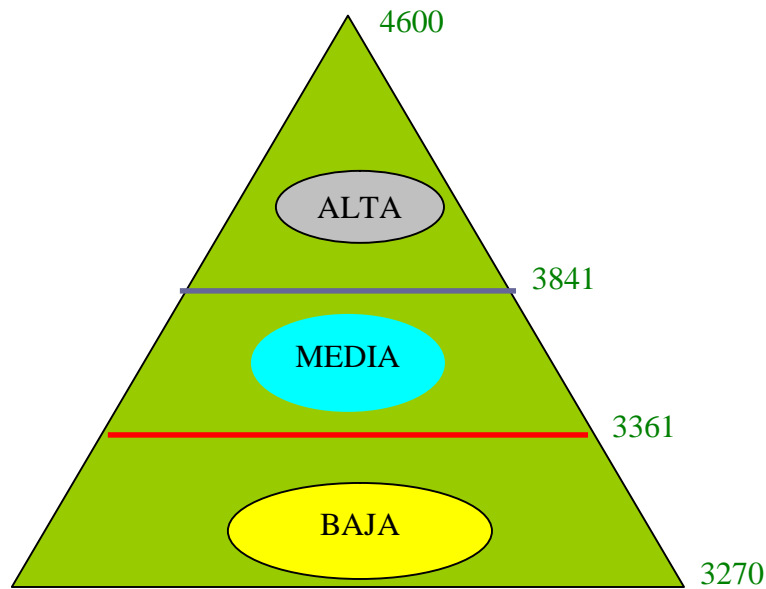


Figura 7. Clasificación de la Microcuenca del Río Alao

La parte alta de la microcuenca va desde los 4600 a los 3841 msnm, esta parte se caracteriza por contener un 70% de páramo, un 15 % de bosque nativo en la que las actividades humanas son mínimas con un 15% de pasto introducido. Se puede evidenciar que en la parte alta de la microcuenca el agua proveniente de precipitaciones se infiltre, y se produce más transpiración de las plantas y menos evaporación del suelo. (ANEXO 19)

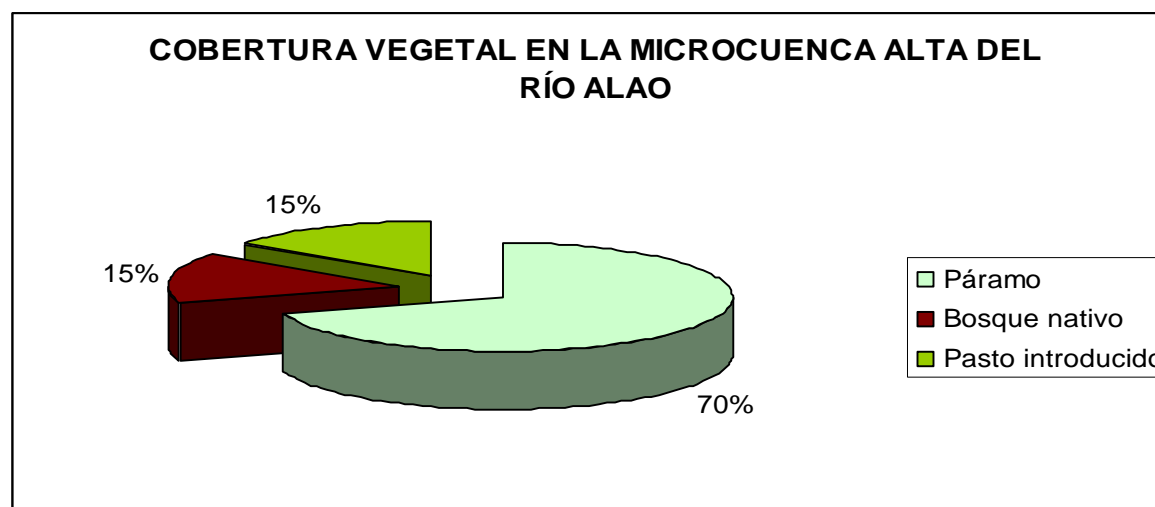
La parte media de la microcuenca se encuentra entre los 3841 y los 3361 msnm, esta zona ya se encuentra intervenida por el hombre con el establecimiento de cultivos con un 20%, en esta zona ya se puede evidenciar la reducción del páramo que ha sido sustituido por pasto en su mayor parte (40%) y cultivos. ya que buscando suelos más fértiles realizan las quemadas del páramo empezando así la pérdida de agua por erosión hídrica y por consiguiente existe más evaporación del suelo y menos transpiración de la planta. (ANEXO 20)

La parte baja de la microcuenca se encuentra entre los 3361 y los 3270 msnm, en esta zona se observa que ya no se encuentra la presencia de páramo, ya se encuentra intervenida en un 83 % con cultivos, dejando tan solo el 17% de bosque y pasto nativo y bosque introducido. (ANEXO 21)

Cuadro 18. Cobertura vegetal en la parte alta de la Microcuenca del Río Alao

| MICROCUENCA ALTA | | | | | | | | | | |
|------------------|-------|------------|---------|---------------|--------------------|-----------|----------------|----------|------|------------|
| m.s.n.m | | Superficie | Páramo | Bosque Nativo | Bosque Introducido | P. Nativo | P. Introducido | Barbecho | Papa | Hortalizas |
| Inicio | Final | Ha | Ha | Ha | Ha | Ha | Ha | Ha | Ha | Ha |
| 4600 | 3841 | 6274,914 | 4392,44 | 941,237 | - | - | 941,237 | - | - | - |
| | | 33,72% | 70% | 15% | | | 15% | | | |

Fuente: ArcView SIG Chimborazo (2009)

Gráfico 1. Cobertura vegetal en la Microcuenca Alta del Río Alao

El gráfico 1 muestra la zona alta de la Microcuenca del Río Alao la cual se encuentra dentro de los rangos altitudinales de entre los 4600 y los 3841 msnm con una superficie aproximada de 6274,914 Ha que equivale al 33,72% de la superficie total de la microcuenca en donde se encontró páramos en un 70% de la superficie de esta zona, pajonales 15% y pasto introducido 15%.

Son suelos típicos de páramo, negros y húmedos, la descomposición de materia orgánica es muy lenta, lo que hace que se acumule una gruesa capa de suelo orgánico. Estos suelos se hallan sobre depósitos volcánicos, de baja densidad aparente, consistencia untuosa, alta retención de humedad, deshidratación irreversible, alta estabilidad estructural, alta fijación de fósforo y alta capacidad reguladora

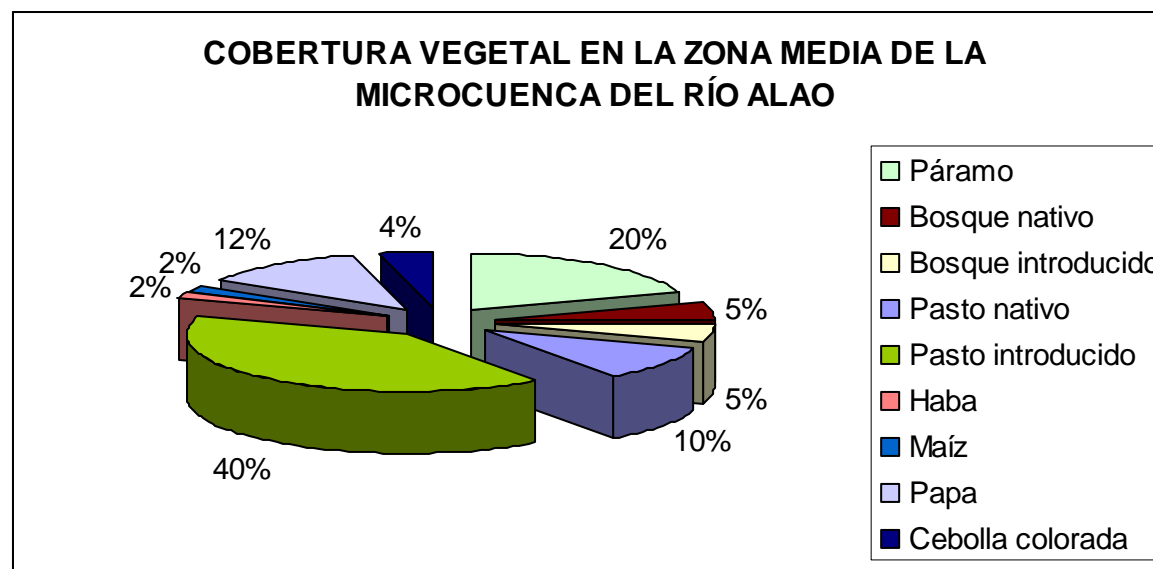
Presentan una ligera intervención, pero aún mantiene casi en su totalidad las características naturales propias de páramo protegidas por un manto de pajonal aún intacto en su mayor parte. Se aprecia además que hay actividades silvopastoriles, ya que la presencia de pasto introducido hace notar que en esta zona hay ganado en una pequeña parte.

Esta vegetación que presenta esta zona hace notar que al no llegar los rayos solares al suelo no existe evaporación por parte de este, acumulándose así casi toda la cantidad de agua proveniente de las precipitaciones infiltrándose al interior hasta llegar al río y se presenta mayor transpiración por parte de la planta.

Cuadro 19. Cobertura vegetal en la parte media de la Microcuenca del Río Alao.

| MICROCUENCA MEDIA | | | | | | | | | | | |
|-------------------|-------|------------|----------|---------------|--------------------|-----------|----------------|--------|-------|---------|------------------|
| m.s.n.m | | Superficie | Páramo | Bosque Nativo | Bosque Introducido | P. Nativo | P. Introducido | Haba | Maíz | Papa | Cebolla colorada |
| Inicio | Final | Ha | Ha | Ha | Ha | Ha | Ha | Ha | Ha | Ha | Ha |
| 3361 | 3840 | 9845,958 | 1968,792 | 492,29 | 492,29 | 984,599 | 3938,783 | 196,92 | 196,9 | 1181,52 | 393,84 |
| 3840 | 3361 | 52,9% | 20% | 5% | 5% | 10% | 40% | 2% | 2% | 12% | 4% |

Fuente: ArcView SIG Chimborazo (2009)

Gráfico 2. Cobertura vegetal en la Microcuenca media del Río Alao

El gráfico 2 muestra la cobertura vegetal que se encuentra en la zona media de la microcuenca del río Alao, la cual está dentro de los rangos altitudinales de entre los 3841 y 3361 msnm cuya superficie aproximada es de 9845,958 Ha que equivale al 52,9% del total de la microcuenca.

En esta zona como se puede visualizar en el gráfico 2 ya existe mayor intervención del ser humano, aunque se mantiene una parte del páramo con un 20%, la superficie total de esta zona, también pasto introducido con un 40% además se presentan cultivos como papa, cebolla colorada, haba y maíz con el 12%, 4%, 2% y 2% respectivamente, además se encontró pasto nativo (10%), bosque introducido (5%) y bosque nativo 5%.

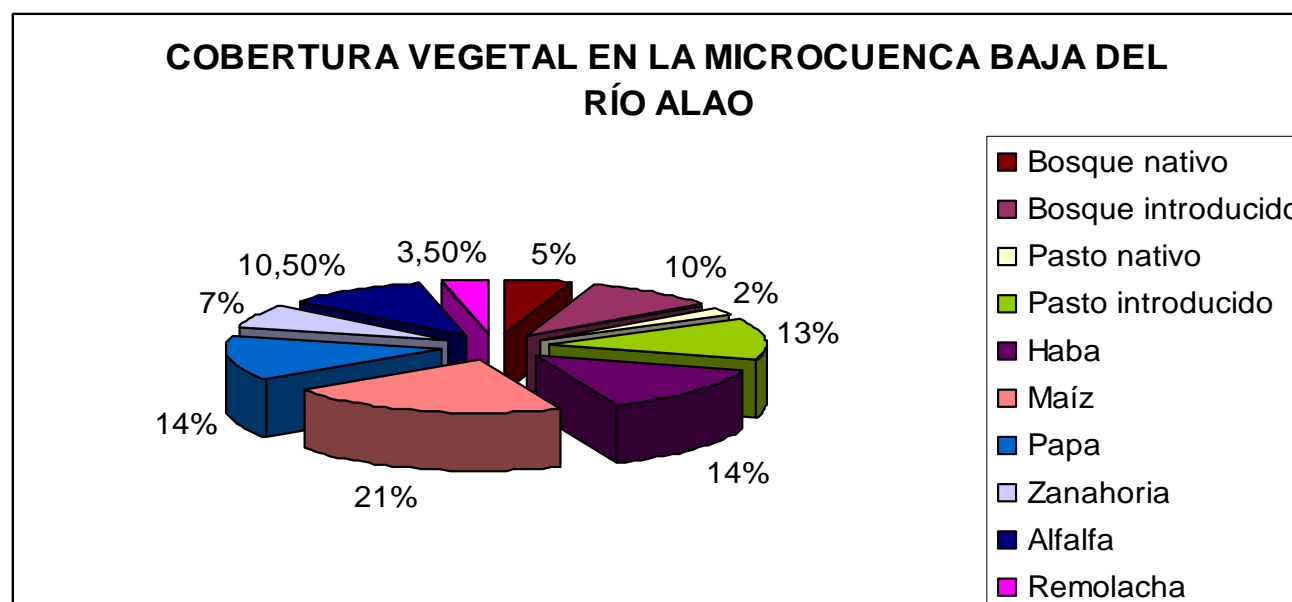
Esta cobertura vegetal en la parte media de la microcuenca, hace notar que se ha reducido el páramo y por ende se reduce la capacidad de infiltración de agua característica del mismo, ya que la vegetación existente y por ende las malas prácticas agrícolas hacen que el suelo se desgaste y empiece una erosión hídrica por tanto empieza a haber pérdidas de agua por escurrimiento.

La presencia o ausencia de 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 existentes en el río. En este sector, 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.

Cuadro 20. Cobertura vegetal en la parte baja de la Microcuenca del Río Alao

| MICROCUENCA BAJA | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|-------|------------|--------|---------------|--------------------|-----------|----------------|--------|-------|--------|-----------|---------|-----------|
| m.s.n.m | | Superficie | Páramo | Bosque Nativo | Bosque Introducido | P. Nativo | P. Introducido | Haba | Maíz | Papa | Zanahoria | Alfalfa | Remolacha |
| Inicio | Final | Ha | Ha | Ha | Ha | Ha | Ha | Ha | Ha | Ha | Ha | Ha | Ha |
| 3360 | 2760 | 2486,845 | | 124,34 | 248,68 | 49,74 | 323,29 | 348,16 | 522,2 | 348,68 | 174,08 | 261,12 | 87,,04 |
| | | 13,4% | | 5% | 10% | 2% | 13% | 14% | 21% | 14% | 7% | 10.5% | 3.5% |

Fuente: ArcView SIG Chimborazo (2009)

Gráfico 3 Cobertura vegetal en la Microcuenca baja del Río Alao

El gráfico 3 muestra la microcuenca baja del Río Alao, la cual está comprendida entre los pisos altitudinales de entre los 3360 a 2760 msnm, con una superficie aproximada de 2486,845 Ha que comprende el 13,4% de la microcuenca encontrando bosque nativo (5%), bosque introducido (10%), pasto nativo (2%), pasto introducido (13%), además cultivos como haba (14%), maíz (21%), papa (14%), zanahoria (7%), alfalfa (10,5%) y remolacha (3,5%).

En general presenta características buenas, se presentan en zonas planas a ligeramente onduladas por lo que tienen un buen nivel de fertilidad, un adecuado contenido de materia orgánica, con un clima frío el cual es un factor moderadamente limitante, por lo que están expuestas a las heladas, vientos y las bajas temperaturas a lo largo del año. Presentan un alto riesgo de erosión, puesto que las comunidades aledañas modelan su morfología.

La lenta permeabilidad, por su textura fina (francas arenosas), favorece a que en ciertas áreas planas se de inundaciones frecuentes que afectan moderadamente el desarrollo de cultivos, esto como resultado de la presencia de precipitaciones > 800 mm anual.

La topografía de la zona presenta pendientes que están entre 5%; la profundidad de la capa arable y del manto freático es > 1 m. en casi toda su área., la salinidad del suelo es menor a 2 mmhos/cm lo cual no afecta al desarrollo de los cultivos.

2.1.2 Características del suelo

Cuadro 21. Características de los suelos en la Microcuenca Alta del Río Alao.

| MICROCUCENCA ALTA | | | | | |
|--------------------------|----------------|------------------------|------------------|-----------|----------|
| TEXTURA | DRENAJE | REGIMEN HUMEDAD | PENDIENTE | Ha | % |
| Limo | Bueno | UDIC | 5 - 25% | 6274,914 | 34,78 |

Fuente: ArcView SIG Chimborazo (2009)

La parte alta de la microcuenca presenta una textura limosa en su mayor parte, ya que en esta zona permanece en su mayor parte la vegetación natural y por consiguiente no ha afectado las propiedades físicas del suelo, presentando un drenaje bueno, un régimen de humedad UDICO con pendientes de entre 5 y 25%.

Cuadro 22. Características de los suelos en la Microcuenca Media del Río Alao.

| MICROCUCENCA MEDIA | | | | | |
|---------------------------|----------------|------------------------|------------------|-----------|----------|
| TEXTURA | DRENAJE | REGIMEN HUMEDAD | PENDIENTE | Ha | % |
| Franca | Bueno | UDIC | mayor a 12% | 5540,82 | 35,51 |
| Arcilla | Malo | PERUDIC | menor a 12% | 2034,7 | 13,04 |

Fuente: ArcView SIG Chimborazo (2009)

La parte media de la microcuenca presenta texturas Francas que presentan un drenaje bueno ya que el tamaño de sus poros permite el paso del agua hacia el interior, con un régimen de humedad UDICO y con pendientes mayores a 12% y arcillosas que presentan un drenaje malo ya que el tamaño de sus poros hace que el agua se encharque y no pase fácilmente al interior, presentando un régimen de humedad PERUDICO en pendientes mayores a 12%.

Cuadro 23. Características de los suelos en la Microcuenca baja del Río Alao.

| MICROCUCENCA BAJA | | | | | |
|--------------------------|----------------|------------------------|------------------|-----------|----------|
| TEXTURA | DRENAJE | REGIMEN HUMEDAD | PENDIENTE | Ha | % |
| Roca | Malo | ROCA | - | 1583,76 | 10,15 |
| Franca arenosa | Bueno | USTIC | menor a 4% | 1017,35 | 6,52 |

Fuente: ArcVew SIG Chimborazo (2009)

En la parte baja de la microcuenca se encuentra una textura franca arenosa que permite el desarrollo de cultivos ya que su drenaje es bueno, el régimen de humedad que presenta es USTICO, en pendientes menores al 4%.

2.1.3 PRECIPITACIÓN

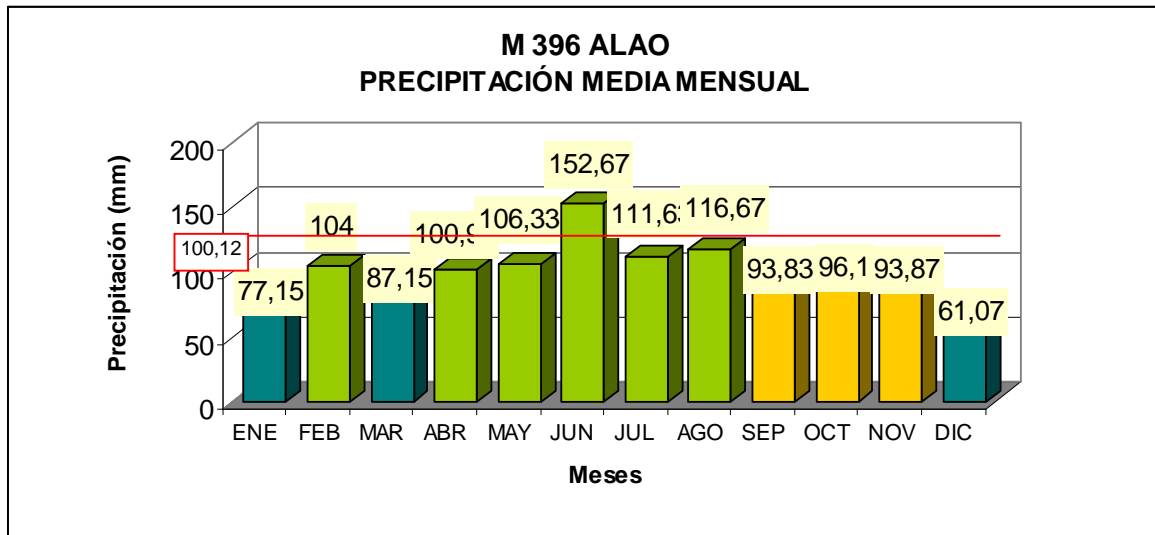
a) Estación meteorológica

Cuadro 24. Precipitación media mensual (mm) de la Estación meteorológica Alao en Hda Alao

| PRECIPIT. | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
|------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Media | 77,15 | 104 | 87,15 | 100,93 | 106,33 | 152,67 | 111,63 | 116,67 | 93,83 | 96,1 | 93,87 | 61,07 |
| Minima | 0 | 11,1 | 13,6 | 21,2 | 7,7 | 16,2 | 3,4 | 9,2 | 17,9 | 8,2 | 13,7 | 4,2 |
| Maxima | 131,6 | 202,6 | 206,1 | 196,9 | 228,7 | 648,9 | 437,1 | 282,2 | 228,7 | 165,5 | 188,9 | 163,6 |

Fuente: INAMHI

Gráfico 4. Precipitación media mensual (mm) de la Estación meteorológica Alao en Hda. Alao



En el gráfico 4 y anexo 4, se observa que de acuerdo a la curva de precipitación medios mensuales (mm) en el periodo 1964-2008, los meses de mayor precipitación en la zona de Alao son los meses de Febrero, Abril, Mayo, Junio, Julio y Agosto la media mensual es de 100,12 mm., con precipitaciones que sobrepasan los 152,67 mm como media mensual, los meses con precipitaciones muy bajas son los meses de Enero y Diciembre.

El resto de meses permanecen a un nivel de precipitaciones normales entre 80-100 mm mensuales.

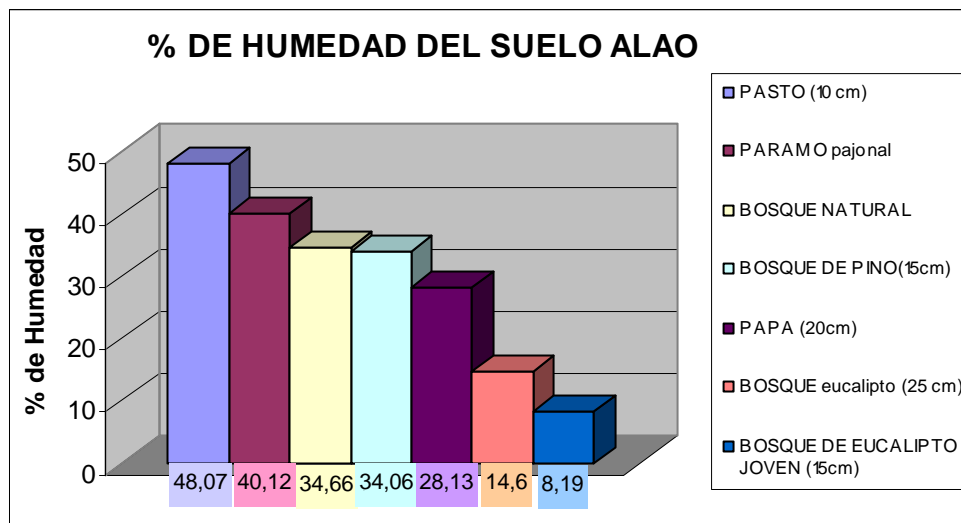
El estudio tanto del suelo como de la cobertura vegetal hace entender que en el ciclo hidrológico el agua que se evapora o se transpira regresa en forma de precipitaciones haciendo que se mantenga una precipitación anual mayor a 500 mm en la microcuenca.

2.1.4 Humedad del suelo

Cuadro 25. Porcentaje de humedad del suelo en Alao

| ALAO | SIMBOLO | % HUMEDAD |
|----------------------------------|----------------|------------------|
| PASTO (10 cm) | Ps | 48,07 |
| PARAMO pajonal | P | 40,12 |
| BOSQUE NATURAL | Bn | 34,66 |
| BOSQUE DE PINO(15cm) | Bp | 34,06 |
| PAPA (20cm) | Pp | 28,13 |
| BOSQUE eucalipto (25 cm) | Be | 14,6 |
| BOSQUE DE EUCALIPTO JOVEN (15cm) | Bej | 8,19 |

Gráfico 5. Porcentaje de humedad del suelo en Alao



En la grafica 5 se observa que el bosque joven de eucalipto en sus dos pruebas poseen el menor porcentaje de humedad (8,19% y 14,6%), debido a que al sembrar estos bosque y mientras crecen dejan el suelo desnudo y este entra en contacto con los rayos solares los cuales provocan la evaporación del mismo y por ende no se encuentra tanta humedad presente en el suelo, por lo tanto a pesar que se presentan buenas cantidades de precipitaciones suelo contiene un menor grado de humedad.

Luego encontramos el cultivo de papa que presentó un 28,13 % de humedad en el cual se produce el mismo efecto existiendo evaporación por parte del suelo y menor transpiración de las plantas, después se encuentran el bosque de pino y el natural cuyos valores son 34,06 y 34,66 % respectivamente.

Los valores más altos de humedad los presentaron en el páramo (40,12%) y pasto (48,07%) debido a la capacidad de infiltración que posee y a que en esta zona existe mayor transpiración de la planta y menor evaporación por parte del suelo por las características propias de esta vegetación y las precipitaciones que se registran a nivel de toda la microcuenca.

3. Obtención de caudales

3.1 Punto de monitoreo Chacapamba

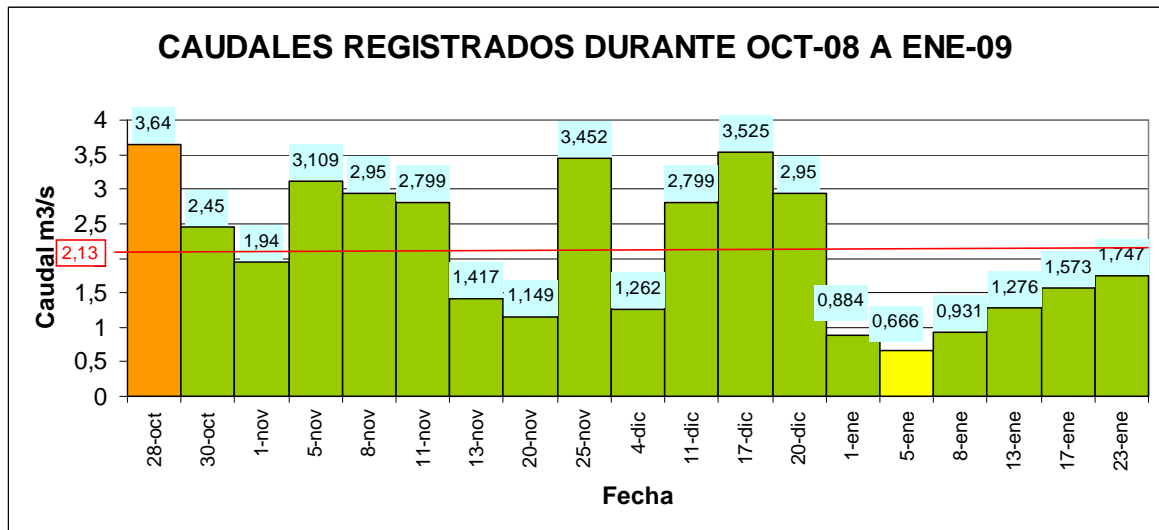
El punto de monitoreo Chacapamba se encuentra ubicado en el río Alao en un punto estratégico que permitió levantar la información de caudales después de la toma de agua de la hidroeléctrica (EERSA). (ANEXO 22)

3.1.1 Registro de niveles y caudales.

Cuadro 26. Caudales registrados durante los meses de Octubre a Enero en el punto Chacapamba

| CAUDALES DURANTE OCTUBRE DEL 2008 A ENERO DEL 2009 | | | | | |
|---|-----------------|--------------------------------|--------------|-----------------|--------------------------------|
| CHACAPAMBA | | | | | |
| FECHA | Nivel(m) | Caudal(m³/s) | FECHA | Nivel(m) | Caudal(m³/s) |
| 28/10/2008 | 2,6 | 3,64 | 04/12/2008 | 1,59 | 1,262 |
| 30/10/2008 | 2,55 | 2,45 | 11/12/2008 | 2,35 | 2,799 |
| 01/11/2008 | 2 | 1,94 | 17/12/2008 | 2,57 | 3,525 |
| 05/11/2008 | 2,45 | 3,109 | 20/12/2008 | 2,4 | 2,95 |
| 08/11/2008 | 2,4 | 2,95 | 01/01/2009 | 1,25 | 0,884 |
| 11/11/2008 | 2,35 | 2,799 | 05/01/2009 | 0,98 | 0,666 |
| 13/11/2008 | 1,7 | 1,417 | 08/01/2009 | 1,3 | 0,931 |
| 20/11/2008 | 1,5 | 1,149 | 13/01/2009 | 1,6 | 1,276 |
| 25/11/2008 | 2,55 | 3,452 | 17/01/2009 | 1,8 | 1,573 |
| | | | 23/01/2009 | 1,9 | 1,747 |

Grafico 6. Caudales registrados durante los meses de Octubre del 2008 a Enero del 2009 en el punto Chacapamba.



En el grafico 6, se muestra los caudales existentes, en el punto Chacapamba durante el periodo de octubre del 2008 a enero del 2009. Este punto de monitoreo se encuentra en el mismo río Alao siguiendo su cauce después de la toma de agua de la EERSA.

En el grafico 6, el monitoreo de caudales del punto Chacapamba, presenta un caudal promedio de $2.13 \text{ m}^3/\text{s}$, notándose que se tienen caudales sobre el promedio en los meses de Octubre, Noviembre y Diciembre, lo que da a entender que en este punto 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 el día 23 con un valor de $3,64 \text{ m}^3/\text{s}$.

En el mes de Enero 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 $0.666 \text{ m}^3/\text{s}$.

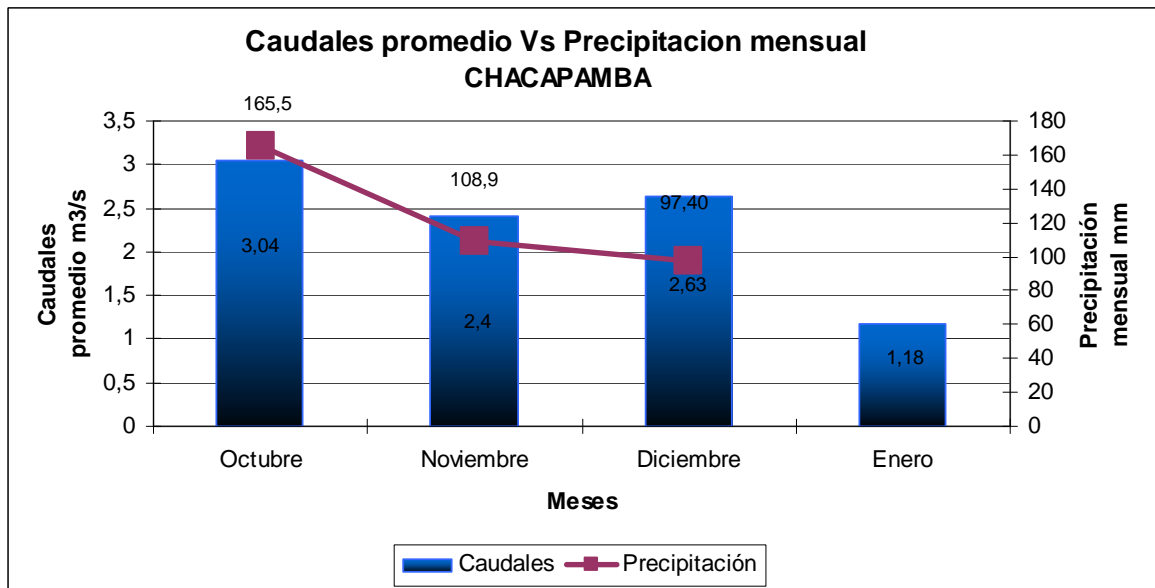
3.1.2 Precipitación mensual vs. caudales medios.

Cuadro 27. Precipitación vs. caudales registrados durante Octubre 08 – Enero 09 en Chacapamba

| PRECIPITACIÓN vs. CAUDALES/CHACAPAMBA | | |
|---------------------------------------|--------------------|------------------------------|
| MES | Precipitación (mm) | Caudales(m ³ /s) |
| Octubre | 3,04 | 165,5 |
| Noviembre | 2,4 | 108,9 |
| Diciembre | 2,63 | 97,40 |
| Enero | 1,18 | |

Fuente: BAUTISTA, K (2009)

Gráfico 7. Caudales registrados durante Octubre 08 a Enero 09 en el punto Chacapamba vs precipitación mensual



El gráfico 7 muestra los caudales registrados durante los meses de estudio en el punto de monitoreo Chacapamba vs. La precipitación mensual, según los valores obtenidos se observa que en el mes de Octubre se presentó el caudal más alto, lo cual refleja la relación directa existente con la precipitación mensual que fue de 165,5 mm que también fue la más alta, en los meses de Noviembre y Diciembre los caudales tiende a la baja con 2,4 y 2,63 m³/s respectivamente, mientras que en el mes de Enero se registró el caudal

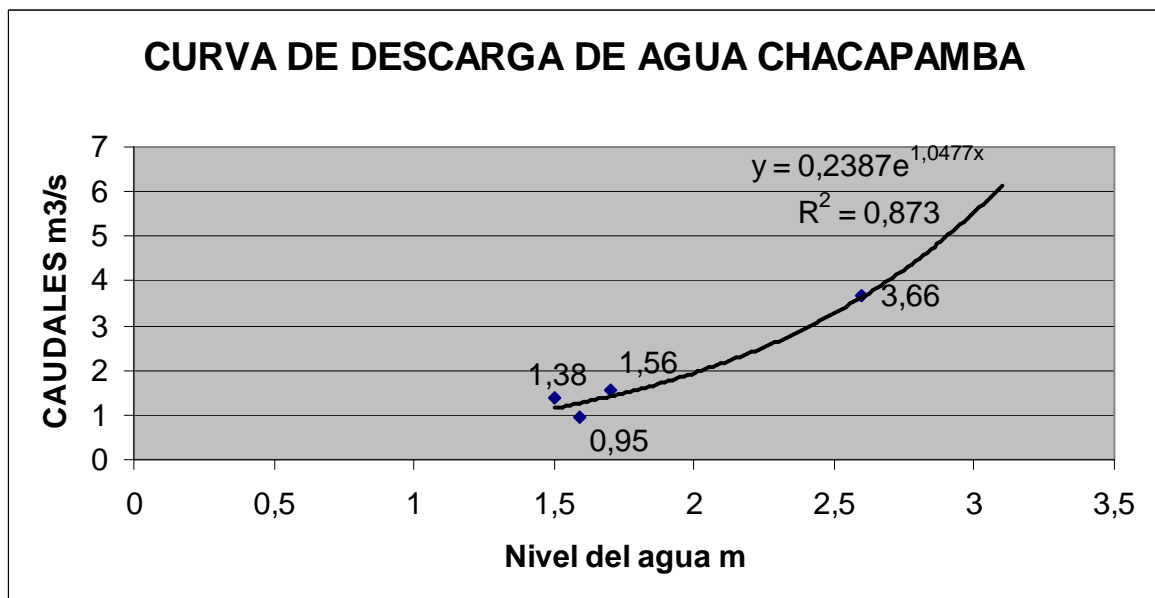
menor con $1,18 \text{ m}^3/\text{s}$, el valor promedio de enero en cuanto se refiere a precipitaciones no se tiene ya que en la estación pluviométrica de Alao no cuenta con esa información.

En los márgenes que dan lugar a este punto que es en la parte baja de la microcuenca se encuentran suelos francos y arcillosos, los cuales presentan un régimen de humedad Udicos y Per Udico, en los cuales se desarrolla la vegetación natural, 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 5 a 12 %.

3.1.3 Curva de descarga de agua

Gráfico 8. Curva de descarga de agua del Chacapamba



El gráfico 9, representa la curva de descarga de agua del Chacapamba, la cual se elaboró 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, se deduce que los valores de descarga de agua que más se ajustan a la línea de tendencia exponencial son los comprendidos entre 1,38 y 1,56 m³/s, entre Noviembre y Diciembre de 2008, entendiéndose que la descarga hídrica del Río está dentro de este rango en el periodo de investigación.

Se trata de una curva exponencial de descarga de agua, cuya ecuación es la siguiente:

$$Y = 0,2387e^{1,0477x}$$

Donde:

y = Caudal (m³/s)

x = Nivel de agua (m)

La ecuación, es utilizada para obtener el caudal del punto de monitoreo, mediante la utilización de las lecturas de niveles de agua en las regletas instaladas.

3.2 Punto de monitoreo Puruhuay

Este punto de monitoreo se encuentra casi al finalizar el río Alao en el sector de Puruhuaypamba, el cual se tomó como referencia ya que en este sector existe gran cantidad de quebradas que alimentan al río Alao. (ANEXO 22)

3.2.1 Registro de niveles y caudales en Puruhuay

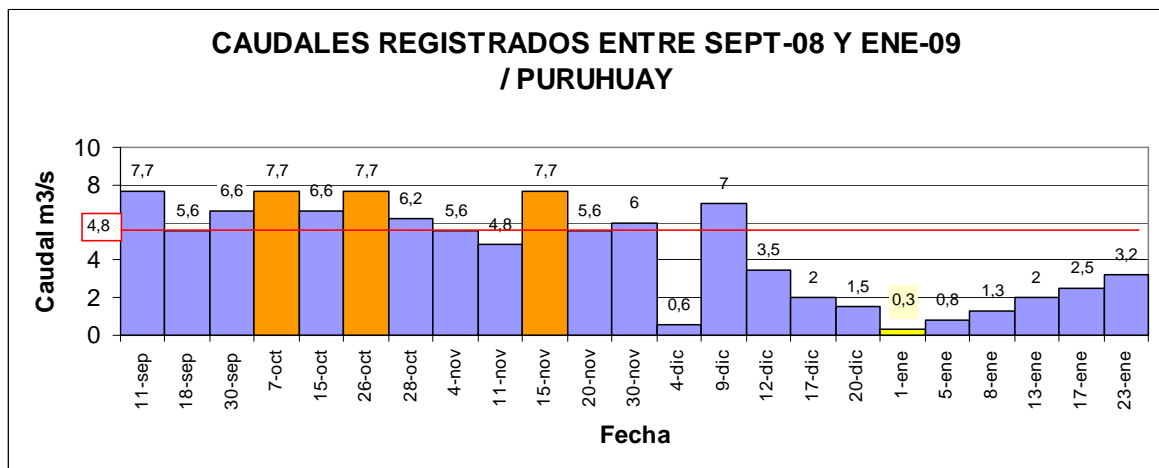
Cuadro 28. Caudales registrados durante Septiembre del 2008 a Enero del 2009 en el punto Puruhuay.

| CAUDALES DURANTE SEPTIEMBRE DEL 2008 A ENERO DEL 2009 | | | | | |
|---|----------|-------------|------------|----------|--------|
| PURUHUAY | | | | | |
| FECHA | Nivel cm | Caudal m3/s | FECHA | Nivel cm | Caudal |
| 11/09/2009 | 1,7 | 7,702 | 04/12/2008 | 0,88 | 0,563 |
| 18/09/2009 | 1,6 | 5,599 | 09/12/2008 | 1,67 | 6,999 |
| 30/09/2009 | 1,65 | 6,6 | 12/12/2008 | 1,45 | 3,469 |
| 07/10/2008 | 1,7 | 7,7 | 17/12/2008 | 1,28 | 2,017 |

| | | | | | |
|------------|------|-------|------------|------|-------|
| 15/10/2008 | 1,65 | 6,6 | 20/12/2008 | 1,18 | 1,466 |
| 26/10/2008 | 1,7 | 7,7 | 01/01/2009 | 0,72 | 0,338 |
| 28/10/2008 | 1,63 | 6,2 | 05/01/2009 | 1 | 0,825 |
| 04/11/2009 | 1,6 | 5,599 | 08/01/2009 | 1,15 | 1,332 |
| 11/11/2009 | 1,55 | 4,773 | 13/01/2009 | 1,27 | 1,954 |
| 15/11/2009 | 1,7 | 7,702 | 17/01/2009 | 1,35 | 2,522 |
| 20/11/2009 | 1,6 | 5,599 | 23/01/2009 | 1,42 | 3,153 |
| 30/11/2009 | 1,6 | 5,99 | | | |

Fuente: BAUTISTA, K (2009)

Gráfico 9. Caudales registrados durante los meses de Septiembre del 2008 a Enero del 2009 en el punto Puruhuay



En el gráfico 9, se indica la información generada en el monitoreo Puruhuay de los caudales, que se realizó desde Septiembre del 2008 a Enero del 2009, esta información presentada se obtuvo con el levantamiento de la información 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 gráfico 9, el caudal promedio registrado en el Puruhuay es de $4,8 \text{ m}^3/\text{s}$, teniéndose caudales altos en los días 7 y 26 de octubre, 15 de noviembre y 9 de diciembre 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 $0,33 \text{ m}^3/\text{s}$, y se lo registro en el mes de Enero en el día primero, 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, incidiendo en el comportamiento de los caudales de este mes, ya que muestra valores más bajos que Noviembre.

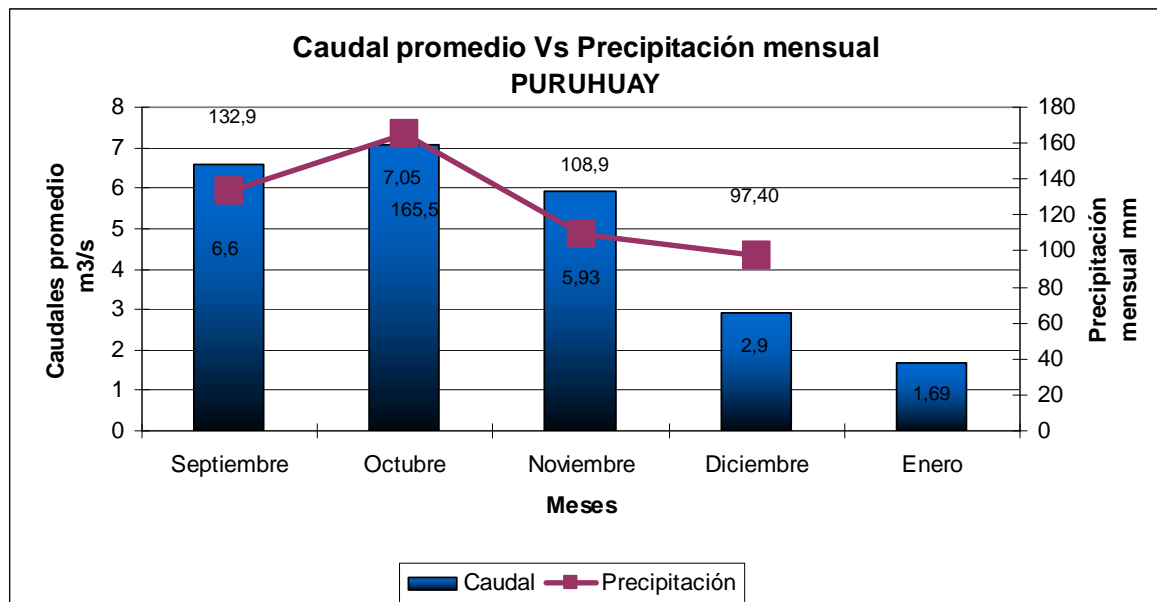
3.2.2 Precipitación mensual vs caudal medio mensual

Cuadro 29. Precipitación mensual vs caudal medio mensual durante Septiembre 08 – Enero 09 en el punto Puruhuay.

| PRECIPITACIÓN vs. CAUDALES/ PURUHUAY | | |
|--------------------------------------|------------------------------|--------------------|
| MES | Caudales(m ³ /s) | Precipitación (mm) |
| Septiembre | 6,6 | 132,9 |
| Octubre | 7,05 | 165,5 |
| Noviembre | 5,93 | 108,9 |
| Diciembre | 2,9 | 97,40 |
| Enero | 1,69 | |

Fuente: BAUTISTA, K (2009)

Gráfico 10. Caudales registrados durante Septiembre 08 – Enero 09 en el punto Puruhuay.



El gráfico 10. Muestra los caudales registrados durante los meses de estudio en el punto de monitoreo Puruhuay vs. la precipitación mensual, según los valores obtenidos se observa

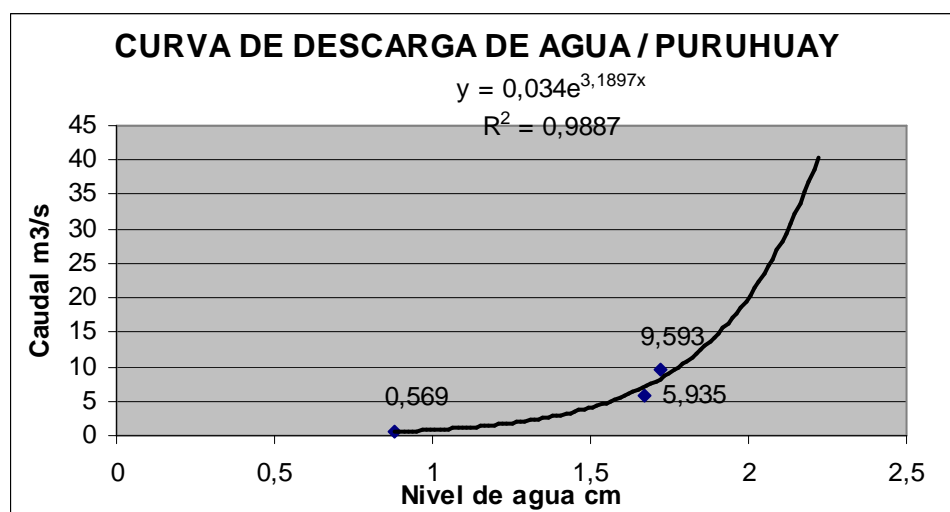
que en que en el mes de Octubre se presentó el caudal más alto con $7,07 \text{ m}^3/\text{s}$, lo cual refleja la relación directa existente con la precipitación mensual que fue de $165,5 \text{ mm}$ que también fue la más alta, en los meses de Noviembre y Diciembre los caudales tiende a la baja con $5,93$ y $2,9 \text{ m}^3/\text{s}$ respectivamente lo mismo que sucede con las precipitaciones, mientras que en el mes de Enero se registró el caudal menor con $1,69 \text{ m}^3/\text{s}$, el valor promedio de enero en cuanto se refiere a precipitaciones no se tiene ya que en la estación pluviométrica de Alao no cuenta con esa información.

En los márgenes que dan lugar a este punto que es en la parte baja de la microcuenca se encuentran suelos francos y arcillosos, los cuales presentan un régimen de humedad Udicos y Per Udico, en los cuales se desarrolla la vegetación natural, 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 5 a 12 %.

3.2.3 Curva de descarga de agua en el punto Puruhuay

Gráfico 11. Curva de descarga de agua del punto Puruhuay



El gráfico 11, representa la curva de descarga de agua del Puruhuay, la cual se elaboró 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, se deduce que los valores de descarga de agua que más se ajustan a la línea de tendencia exponencial son los comprendidos entre 0.569 y 9.593 m³/s, entre Septiembre y Diciembre de 2008, entendiéndose que la descarga hídrica del Río está dentro de este rango en el periodo de investigación.

Se trata de una curva exponencial de descarga de agua, cuya ecuación es la siguiente:

$$Y = 0,034e^{3,1897x}$$

Donde:

y = Caudal (m³/s)

x = Nivel de agua (m)

La ecuación, es utilizada para obtener el caudal del punto de monitoreo, mediante la utilización de las lecturas de niveles de agua en las regletas instaladas.

3.3 Punto de monitoreo Mahuazo.

El Mahuazo es el afluente principal de la microcuenca que se ubica antes del Chacapamba, este se une al río Alao antes de la toma de la EERSA. (ANEXO 22)

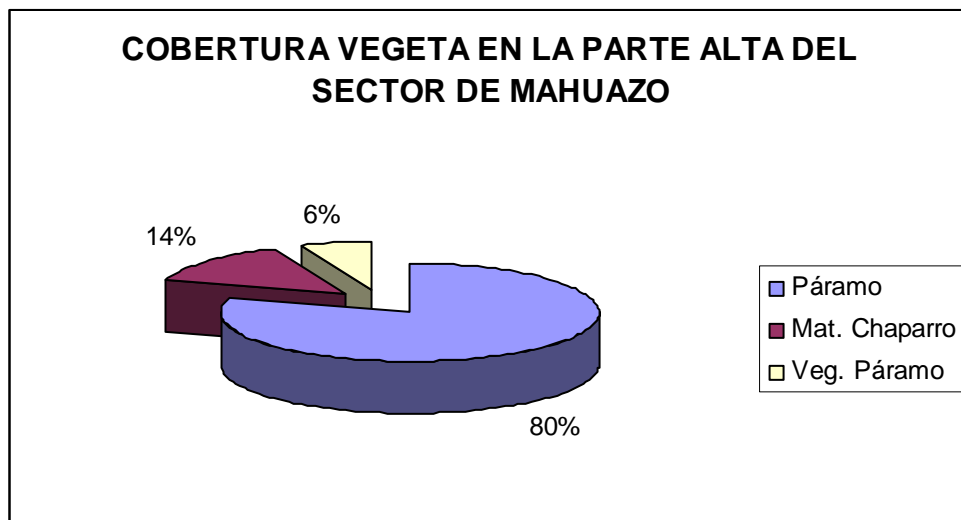
3.3.1 Cobertura vegetal

a) Parte alta

Cuadro 30. Cobertura vegetal en los márgenes del Río Mahuazo en la parte alta

| PARTE ALTA DEL RÍO MAHAZO | | | | | |
|---------------------------|--------------|--------------|------------|--------------------|-----------------------|
| msnm | | Superficie | Páramo | Matorral. chaparro | Vegetación del páramo |
| <i>Inicio</i> | <i>Final</i> | <i>Ha</i> | <i>Ha</i> | <i>Ha</i> | <i>Ha</i> |
| 4200 | 3840 | 1793,249 | 1434,6 | 251,06 | 107,595 |
| | | 9,63% | 80% | 14% | 6% |

Fuente: : ArcView SIG Chimborazo (ANEXO)

Gráfico 12. Cobertura vegetal en la parte alta del sector de Mahuazo

El gráfico 12 muestra la zona alta del sector de Mahuazo la cual se encuentra dentro de los rangos altitudinales de entre los 3841 y los 4600 msnm con una superficie aproximada de 1793,249 Ha que equivale al 9,63% de la superficie total del sector de Mahuazo en donde se encontró páramos en un 80% de la superficie de esta zona, matorral chaparro en un 14% y vegetación de páramo en un 6%.

Presentan una ligera intervención pero aún mantiene casi en su totalidad las características naturales propias de páramo protegidas por un manto de pajonal aún intacto en su mayor

parte, por ende se evidencia que posee una buena capacidad de infiltración y una incidencia mínima de evaporación por parte del suelo.

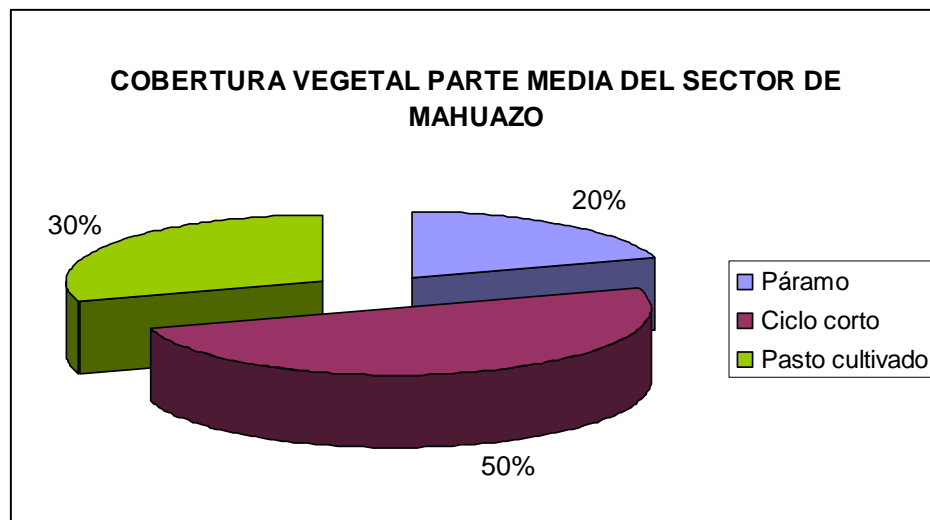
b) Cobertura vegetal en la parte media

Cuadro 31. Cobertura vegetal en los márgenes del Río Mahuazo en la parte media

| PARTE MEDIA SECTOR MAHUAZO | | | | | |
|----------------------------|--------------|--------------|------------|-------------|-----------------|
| msnm | | Superficie | Páramo | Ciclo corto | Pasto cultivado |
| <i>Inicio</i> | <i>Final</i> | <i>Ha</i> | <i>Ha</i> | <i>Ha</i> | <i>Ha</i> |
| 3840 | 3361 | 1210,932 | 242,19 | 605,466 | 363,28 |
| | | 6,50% | 20% | 50% | 30% |

Fuente: ArcVew SIG Chimborazo (ANEXO)

Gráfico 13. Cobertura vegetal en la parte media del sector de Mahuazo



El gráfico 13 muestra la cobertura vegetal que se encuentra en la parte media del sector de Mahuazo, la cual está dentro de los rangos altitudinales de entre los 3841 y 3361 msnm cuya superficie aproximada es de 1210,932 ha lo que representa el 6,5 % del total de la microcuenca.

En esta zona como se puede visualizar en el gráfico ya existe mayor intervención del ser humano, aunque se mantiene una parte del páramo con un 20%, de la superficie total de

esta zona, también pasto cultivado con un 30% además se presentan cultivos de ciclo corto en su mayoría con un 50%.

Esta cobertura vegetal, hace notar que se ha reducido el páramo y por ende se reduce la capacidad de infiltración de agua que es característica del mismo, por tanto empieza a haber pérdidas de agua por escurrimiento.

Dependiendo de la cobertura vegetal, se reflejará 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 esta zona la quema de pajonales se está incrementando ya que en las partes bajas de la microcuenca el desgaste de los suelos está provocando infertilidad en los mismos y buscan suelos en mejores condiciones para realizar sus prácticas agrícolas introduciendo maquinaria para la preparación del suelo provocando perdidas del suelo por erosión hídrica y eólica.

c) Suelo

Cuadro 32. Características de los suelos en la parte alta del sector de Mahuazo.

| PARTE ALTA DEL SECTOR DE MAHUAZO | | | | | |
|---|----------------|------------------------|------------------|-----------|----------|
| TEXTURA | DRENAJE | REGIMEN HUMEDAD | PENDIENTE | Ha | % |
| Limo | Bueno | UDIC | 5 - 25% | 1201,672 | 40% |

Fuente: BAUTISTA, K. (2009).

En la parte alta del sector de mahuazo se encuentra una textura limosa siendo muestra de la vegetación existente con un drenaje bueno, un régimen de humedad udico en pendientes que van desde los 5 a los 25%.

Esta textura permite una buena infiltración de agua y a la acumulación de la misma en este sector.

Cuadro 33. Características de los suelos en la parte media del sector de Mahuazo

| MICROCUENCA MEDIA | | | | | |
|--------------------------|----------------|------------------------|------------------|-----------|----------|
| TEXTURA | DRENAJE | REGIMEN HUMEDAD | PENDIENTE | Ha | % |
| Franca | Bueno | UDIC | mayor a 12% | 1351,881 | 45% |
| Arcilla | Malo | PERUDIC | menor a 12% | 450,627 | 15% |

La parte media de la microcuenca muestra texturas Francas que presentan un drenaje bueno ya que el tamaño de sus poros permite el paso del agua hacia el interior, con un régimen de humedad UDICO y con pendientes mayores a 12% y arcillosas que presentan un drenaje malo ya que el tamaño de sus poros hace que el agua se encharque y no pase fácilmente al interior, presentando un régimen de humedad PERUDICO en pendientes mayores al 12%.

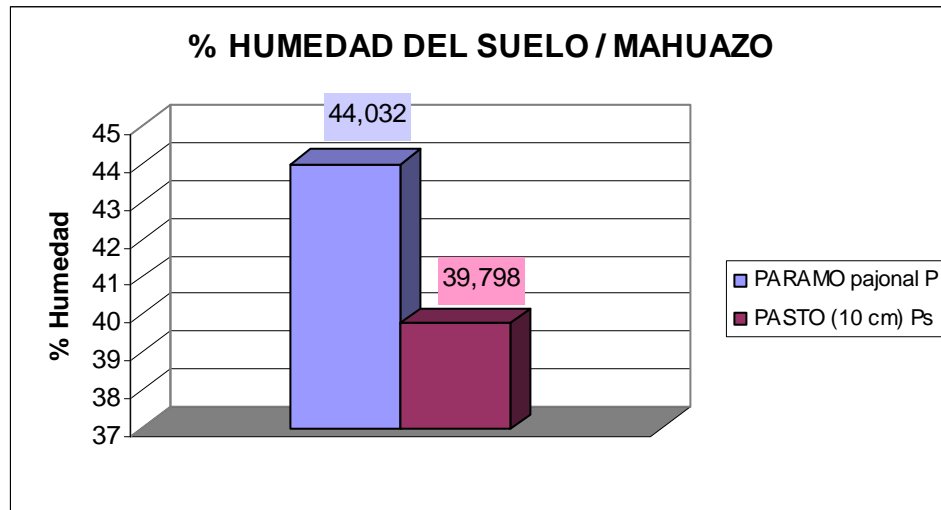
d) Porcentaje de humedad en el suelo

Cuadro 34. Porcentaje de humedad del suelo en el sector de Mahuazo

| MAHUAZO | SIMBOLO | % HUMEDAD |
|----------------|----------------|------------------|
| PARAMO pajonal | P | 44,032 |
| PASTO (10 cm) | Ps | 39,798 |

Fuente: Información recolectada in-situ, trabajo de campo, 2008

Gráfico 14. Porcentaje de humedad del suelo en el sector Mahuazo



En la gráfica 14 se observa los resultados del porcentaje de humedad del suelo del río Mahuazo, en el cual se evidencia que existe un porcentaje mayor con 44,032% de humedad en el páramo, por lo que se evidencia la característica que tienen los páramos de ser reservorios de agua, luego encontramos al pasto que tiene un 39,798% que también tienen una alta capacidad de infiltración.

Las pruebas realizadas demuestran que los suelos de páramo son capaces de almacenar gran cantidad de agua proveniente de las precipitaciones o de otras quebradas provenientes de diferentes sitios ya que por la presencia de estos cultivos no permite que haya evaporación por parte del suelo existiendo mayor transpiración por las plantas.

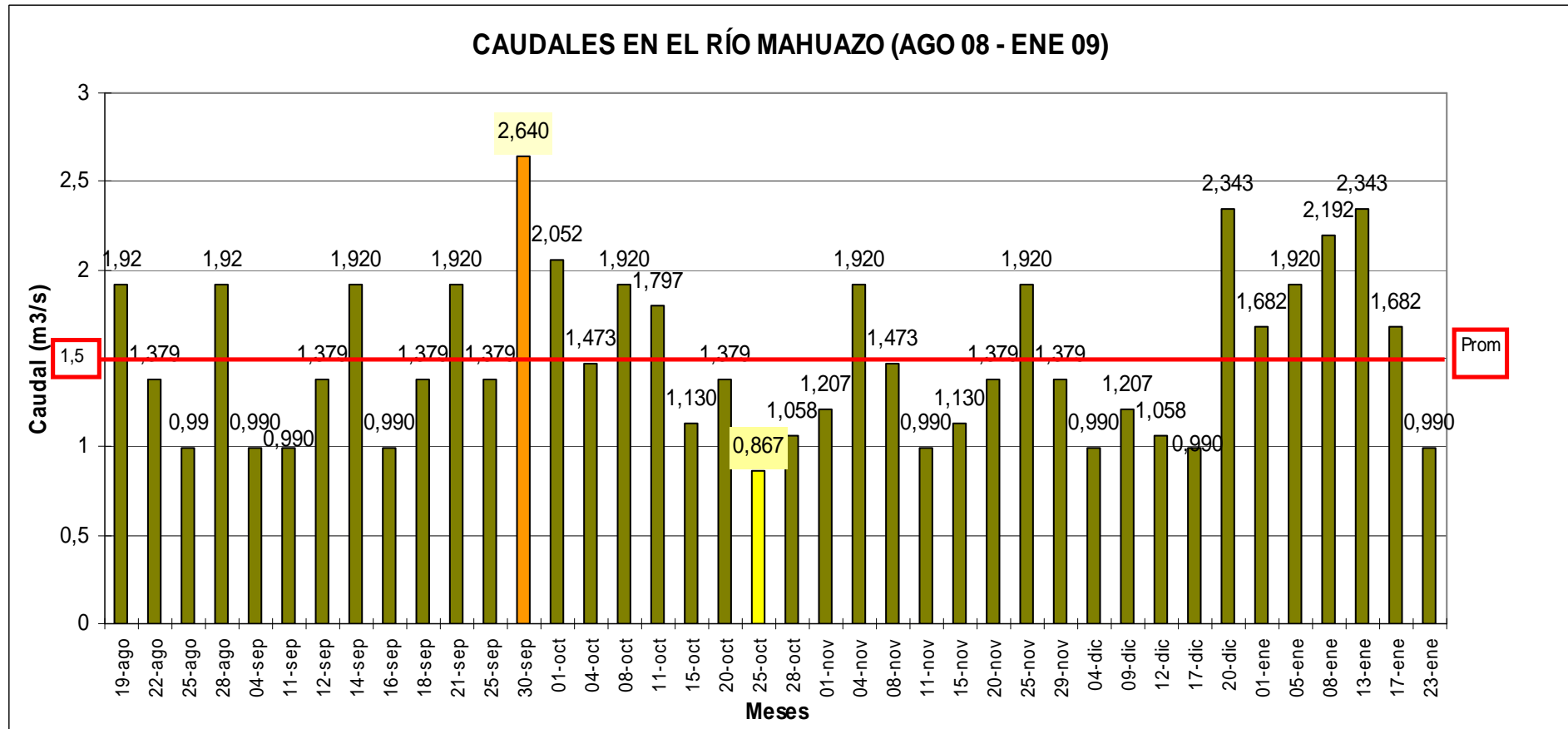
e) Niveles y caudales registrados.

Cuadro 34. Caudales registrados durante Agosto del 2008 a Enero del 2009 en el sector de Mahuazo.

| CAUDALES DURANTE AGOSTO DEL 2008 A ENERO DEL 2009 EN ELSECTOR DE MAHAZO | | | | | | | | | | | |
|---|----------|--------------|------------|----------|--------------|------------|----------|--------------|------------|----------|--------------|
| FECHA | Nivel(m) | Caudal(m3/s) | FECHA | Nivel(m) | Caudal(m3/s) | FECHA | Nivel(m) | Caudal(m3/s) | FECHA | Nivel(m) | Caudal(m3/s) |
| 19/08/2008 | 0,6 | 1,92 | 21/09/2008 | 0,6 | 1,920 | 28/10/2008 | 0,51 | 1,058 | 09/12/2008 | 0,53 | 1,207 |
| 22/08/2008 | 0,55 | 1,379 | 25/09/2008 | 0,55 | 1,379 | 01/11/2008 | 0,53 | 1,207 | 12/12/2008 | 0,51 | 1,058 |
| 25/08/2008 | 0,5 | 0,99 | 30/09/2008 | 0,63 | 2,343 | 04/11/2008 | 0,6 | 1,920 | 17/12/2008 | 0,5 | 0,990 |
| 28/08/2008 | 0,6 | 1,92 | 01/10/2008 | 0,61 | 2,052 | 08/11/2008 | 0,56 | 1,473 | 20/12/2008 | 0,63 | 2,343 |
| 04/09/2008 | 0,5 | 0,990 | 04/10/2008 | 0,56 | 1,473 | 11/11/2008 | 0,5 | 0,990 | 01/01/2009 | 0,58 | 1,682 |
| 11/09/2008 | 0,5 | 0,990 | 08/10/2008 | 0,6 | 1,920 | 15/11/2008 | 0,52 | 1,130 | 05/01/2009 | 0,6 | 1,920 |
| 12/09/2008 | 0,55 | 1,379 | 11/10/2008 | 0,59 | 1,797 | 20/11/2008 | 0,55 | 1,379 | 08/01/2009 | 0,62 | 2,192 |
| 14/09/2008 | 0,6 | 1,920 | 15/10/2008 | 0,52 | 1,130 | 25/11/2008 | 0,6 | 1,920 | 13/01/2009 | 0,63 | 2,343 |
| 16/09/2008 | 0,5 | 0,990 | 20/10/2008 | 0,55 | 1,379 | 29/11/2008 | 0,55 | 1,379 | 17/01/2009 | 0,58 | 1,682 |
| 18/09/2008 | 0,55 | 1,379 | 25/10/2008 | 0,48 | 0,867 | 04/12/2008 | 0,5 | 0,990 | 23/01/2009 | 0,5 | 0,990 |

Fuente: BAUTISTA, K (2009)

Grafico 15. Caudales registrados en el Río Mahuazo durante los meses de Agosto 08 a Enero 09.



El gráfico 15 muestra los caudales registrados en el Río Mahuazo afluente principal del Río Alao, durante el periodo de Agosto del 2008 a Enero del 2009, la información de caudal se generó mediante el procesamiento de la información levantada in situ en este punto de monitoreo.

El monitoreo de caudales del río Mahuazo, presenta un caudal promedio de 1.5 m³/s, notándose que en cada mes existen fluctuaciones de caudales tanto sobre el promedio como por debajo, en el mes de Septiembre el día 30 se presentó el caudal mayor con 2,64 m³/s, mientras que en el mes de Octubre el día 25 se encontró un caudal de 0,867 m³/s.

Entendiéndose de este modo que en el mes de octubre se registraron menores precipitaciones, lo contrario de lo que pasó con el mes de septiembre ya que consideramos que la incidencia de las precipitaciones es directamente proporcional al caudal encontrado en el río y además conociendo las características que presentaba esta zona.

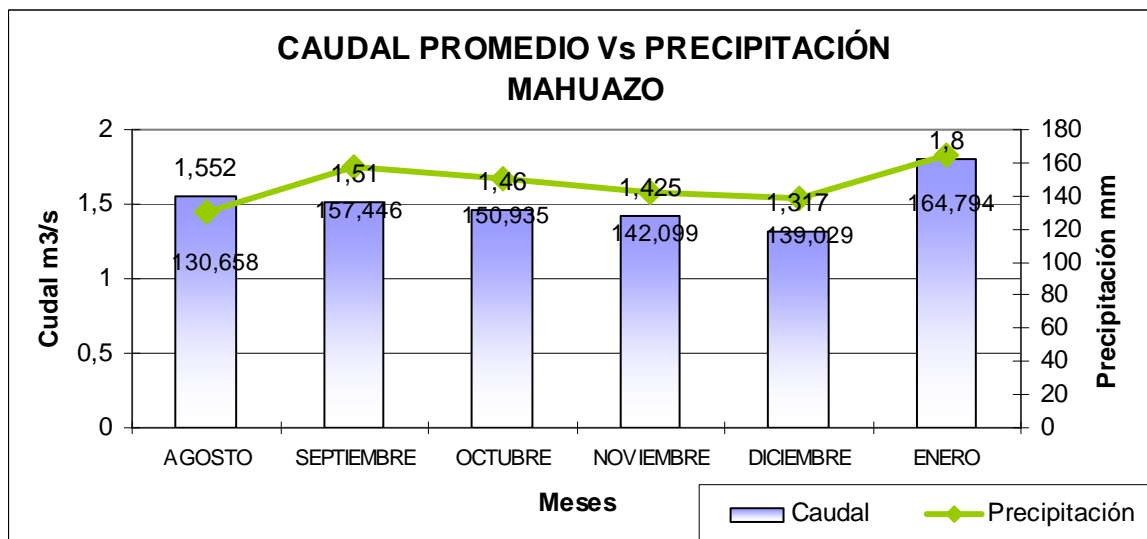
f) Precipitación mensual vs caudal medio.

Cuadro 36. Precipitación mensual vs. caudales promedio en el sector de Mahuazo.

| PRECIPITACIÓN vs. CAUDALES/ MAHUAZO | | |
|--|------------------------|---------------------------|
| MES | Caudales(m3/s) | Precipitación (mm) |
| AGOSTO | 1,552 | 130,658 |
| SEPTIEMBRE | 1,51 | 157,446 |
| OCTUBRE | 1,46 | 150,935 |
| NOVIEMBRE | 1,425 | 142,099 |
| DICIEMBRE | 1,317 | 139,029 |
| ENERO | 1,8 | 164,794 |

Fuente: BAUTISTA, K (2009)

Gráfico 16. Promedio de caudales vs precipitación en el sector de Mahuazo.



El gráfico 16, muestra los valores obtenidos de caudales medios mensuales con respecto a la precipitación mensual en el punto Mahuazo, durante Agosto 08 a Enero 09.

Como se puede observar en el gráfico, el comportamiento de los caudales en este punto de monitoreo, tiende a ser uniforme ya que se tienen valores comprendidos entre 1,317 y 1,8 m³/s.

Si analizamos la información pluviométrica del gráfico, indica que la incidencia de la precipitación es mayor en los meses de Septiembre, Octubre y Enero, teniéndose un rango que va de 147 a 161 mm de precipitación, notándose un incremento de caudal pues se tienen valores de 1,51, 1,46 y 1,8 m³/s.

En el caso particular del mes de Agosto se puede visualizar que a pesar de que tiene uno de los caudales más altos registrados con 1,552 m³/s, el valor precipitación es el más bajo, lo cual es porque las mediciones de precipitación registradas no fueron del mes completo ya que el pluviómetro fue instalada a mediados del mes, sin embargo presenta una precipitación de 127,47 mm.

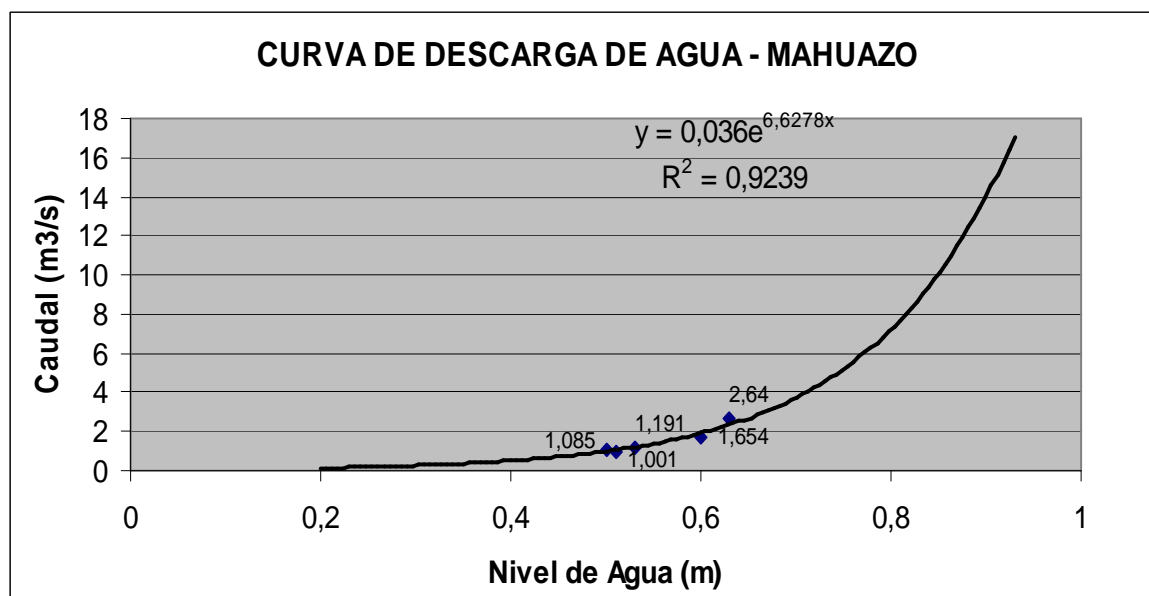
En el mes de Diciembre, existe un caudal de 1,31 m³/s, teniendo que el nivel de precipitaciones registradas durante este mes son de 135,7 mm esto hace notar que son valores directamente proporcionales.

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%.

g) Curva de descarga de agua

Gráfico 17. Curva de descarga de agua del Río Mahuazo.



El gráfico 17, representa la curva de descarga de agua del Río Mahuazo, la cual se elaboró 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, se deduce que los valores de descarga de agua que más se ajustan a la línea de tendencia exponencial son los comprendidos entre 1.085 y 1.001 m³/s, entre Septiembre y Noviembre del 2008, entendiéndose que la descarga hídrica del Río está dentro de este rango en el periodo de investigación.

Se trata de una curva exponencial de descarga de agua, cuya ecuación es la siguiente:

$$Y = 0,036e^{6,6278x}$$

Donde:

y = Caudal (m³/s)

x = Nivel de agua (m)

La ecuación, es utilizada para obtener el caudal del punto de monitoreo, mediante la utilización de las lecturas de niveles de agua en las regletas instaladas.

4. Estacion Hidrometrica

Gracias a la ayuda del INAMHI se logró recaudar información procesada de caudales medios diarios del Río Cebadas de unos 24 años atrás (1963-2007), los datos referentes a los años del 2008 se obtuvieron directamente de las ficha limnimétrica que el observador tiene a cargo, estos datos primero se digitan para obtener una media y determinar el tirante medio diario, posteriormente se calcula el caudal medio diario mediante una ecuación potencial que en el Departamento de hidrología del INAMHI donde se calcula de acuerdo a la curva de descarga de los niveles de la sección transversal del río que son medidos con molinete.

La fórmula para procesar esta información desde Marzo del 2008 a Enero del 2009

$$Q = 3,3197 (H - 0.25)^{2.8661}$$

Finalmente los caudales medios diarios obtenidos en la formula, se procesan para obtener una media mensual como indica el Cuadro 38., la misma que sirvió de referencia para realizar la curva comparativa mensual y anual del periodo 1963-2008.

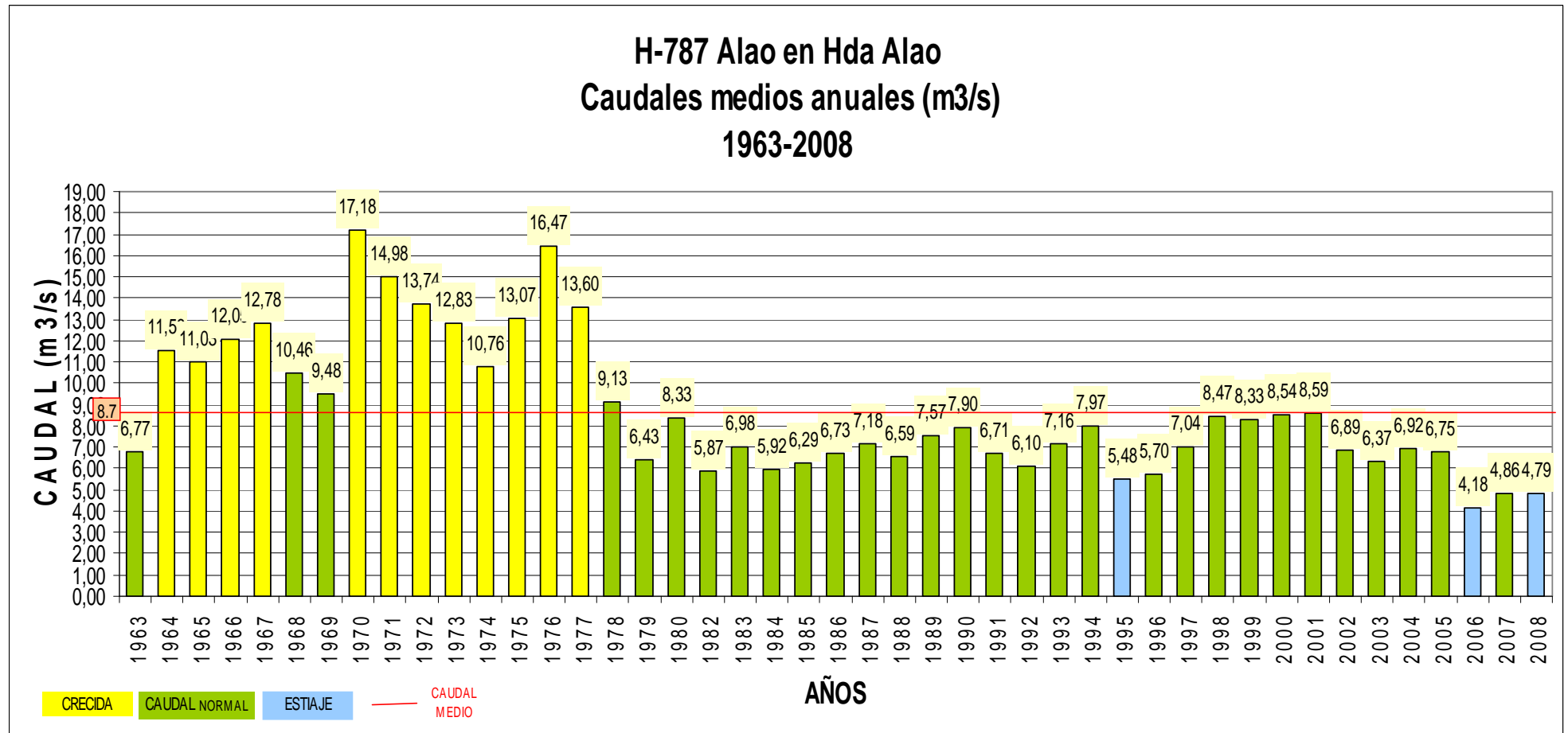
La información presentada en el cuadro 38, da a conocer los caudales medios mensuales desde el año 1964 hasta el 2008. Lo que permite realizar una gráfica del comportamiento anual del caudal durante este periodo de tiempo, como se muestra a continuación:

Cuadro 37. Información de la estación Hidrológica ALAO EN HDAALAO H-787

| INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| DIRECCION DE INFORMATICA | | | | | | CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m3/s) | | | | | | |
| SERIES DE DATOS HIDROLOGICOS | | | | | | | | | | | | |
| NOMBRE: ALAO EN HDA.ALAO | | | | | | CODIGO: H787 | | | | | | |
| PERIODO: 1960 - 2008 LATITUD: 1 53 25 S LONGITUD: 78 30 39 W ELEVACION:3200 | | | | | | | | | | | | |
| VALORES MENSUALES ANUALES | | | | | | VALORES | | | | | | |
| AÑOS | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| 1963 | 2.700 | 2.600 | 5.400 | 6.100 | 7.100 | 13.500 | 8.800 | 8.500 | 6.500 | 4.600 | 3.100 | 12.300 |
| 1964 | 3.500 | 2.600 | 15.100 | 6.400 | 20.800 | 26.000 | 8.900 | 20.000 | 20.700 | 6.900 | 4.500 | 3.000 |
| 1965 | 3.400 | 4.700 | 4.900 | 4.300 | 11.700 | 29.400 | 28.300 | 15.800 | 15.100 | 4.200 | 5.800 | 4.700 |
| 1966 | 17.400 | 8.500 | 24.900 | 16.200 | 8.000 | 9.000 | 19.000 | 13.000 | 8.800 | 5.900 | 2.500 | 11.400 |
| 1967 | 24.100 | 3.200 | 4.100 | 4.300 | 7.700 | 25.500 | 36.300 | 18.200 | 10.400 | 10.500 | 4.400 | 4.700 |
| 1968 | 15.800 | 2.900 | 8.500 | 8.000 | 4.400 | 12.600 | 42.400 | 13.500 | 7.700 | 5.300 | 2.700 | 1.700 |
| 1969 | 2.500 | 5.800 | 5.600 | 9.500 | 8.000 | 20.600 | 15.200 | 19.000 | 14.900 | 3.000 | 4.200 | 5.400 |
| 1970 | 19.600 | 21.200 | 14.300 | 14.600 | 20.100 | 38.300 | 19.100 | 21.400 | 23.800 | 5.100 | 3.600 | 5.100 |
| 1971 | 10.000 | 18.000 | 21.800 | 16.000 | 16.300 | 23.900 | 19.900 | 19.900 | 17.000 | 8.100 | 4.400 | 4.400 |
| 1972 | 10.500 | 4.200 | 4.600 | 5.400 | 12.100 | 25.500 | 47.200 | 9.400 | 23.400 | 6.200 | 5.200 | 11.200 |
| 1973 | 27.500 | 14.100 | 15.400 | 5.900 | 17.300 | 13.100 | 19.400 | 20.700 | 10.500 | 4.000 | 4.000 | 2.100 |
| 1974 | 2.800 | 4.100 | 2.600 | 4.300 | 11.500 | 12.900 | 27.800 | 13.800 | 10.200 | 5.900 | 5.200 | 28.000 |
| 1975 | 13.400 | 5.400 | 8.100 | 10.100 | 13.200 | 35.300 | 18.100 | 24.400 | 10.700 | 9.400 | 5.400 | 3.300 |
| 1976 | 12.200 | 3.700 | 3.900 | 9.000 | 27.900 | 43.100 | 47.800 | 23.900 | 10.300 | 3.800 | 8.600 | 3.400 |
| 1977 | 2.400 | 14.600 | 27.500 | 23.900 | 11.100 | 27.600 | 17.200 | 14.900 | 10.200 | 5.800 | 4.200 | 3.800 |
| 1978 | 4.800 | 8.100 | 9.100 | 12.200 | 9.100 | 16.200 | 16.500 | 13.900 | 8.000 | 6.200 | 3.200 | 2.200 |
| 1979 | 2.200 | 1.300 | 4.400 | 9.100 | 8.300 | 10.800 | 10.600 | 10.700 | 5.800 | 4.700 | 2.900 | 6.400 |
| 1980 | 5.700 | 2.800 | 8.100 | 10.700 | 9.500 | 15.200 | 13.300 | 9.600 | 12.600 | 5.600 | 4.300 | 2.600 |
| 1982 | 2.823 | 2.413 | 3.501 | 7.759 | 6.604 | 6.843 | 9.596 | 10.024 | 7.163 | 5.268 | 4.288 | 4.160 |
| 1983 | 5.611 | 7.894 | 6.201 | 7.079 | 10.653 | 5.752 | 9.137 | 9.407 | 9.282 | 7.636 | 2.954 | 2.122 |
| 1984 | 2.598 | 4.110 | 4.383 | 4.714 | 6.495 | 11.936 | 9.663 | 7.185 | 6.170 | 4.883 | 4.437 | 4.475 |
| 1985 | 2.454 | 4.595 | 5.387 | 3.770 | 8.802 | 12.681 | 12.528 | | 6.874 | 5.779 | 3.931 | 2.436 |
| 1986 | 3.271 | 2.777 | 4.228 | 6.457 | 6.215 | 9.269 | 13.406 | 8.069 | 8.783 | 5.439 | 5.034 | 7.760 |
| 1987 | 4.931 | 13.018 | 4.930 | 9.137 | 8.361 | 8.207 | 8.007 | 8.685 | 6.800 | 6.003 | 2.958 | 5.157 |
| 1988 | 4.373 | 7.147 | 7.360 | 6.774 | 7.991 | 6.925 | 11.552 | 7.572 | 5.716 | 5.761 | 4.931 | 2.979 |
| 1989 | 5.564 | 5.607 | 5.063 | 5.047 | 13.439 | 14.148 | 12.438 | 7.006 | 6.332 | 7.813 | 6.354 | 2.086 |
| 1990 | 4.948 | 4.373 | 10.692 | 5.976 | 8.037 | 16.255 | 11.448 | 11.701 | 7.219 | 4.982 | 4.844 | 4.359 |
| 1991 | 3.444 | 7.986 | 4.915 | 5.894 | | | | 10.423 | 5.479 | 5.968 | 13.335 | 2.918 |
| 1992 | 3.068 | 3.273 | 7.322 | 8.349 | 5.585 | 9.584 | 9.605 | 8.020 | 5.988 | 3.694 | 2.583 | |
| 1993 | 4.110 | | | 6.913 | 4.970 | 14.389 | 12.749 | 8.075 | 6.869 | 5.620 | 3.391 | 4.522 |
| 1994 | 2.826 | 4.105 | 4.881 | 5.166 | 8.349 | 15.031 | 14.299 | 13.831 | 10.157 | 4.436 | 5.949 | 6.614 |
| 1995 | 5.315 | 3.037 | 3.564 | 4.620 | 5.925 | 9.314 | 9.794 | | 4.147 | 3.797 | 5.240 | 5.490 |
| 1996 | 2.801 | 6.516 | 3.985 | 5.624 | | 7.111 | 11.191 | 8.773 | | 3.846 | 2.967 | 4.218 |
| 1997 | 2.027 | 11.732 | 6.725 | 6.397 | 11.560 | 4.707 | 13.151 | 8.124 | | 3.143 | 4.359 | 5.497 |
| 1998 | 6.390 | 5.192 | 4.638 | 10.394 | 6.725 | 17.851 | 20.081 | 8.803 | 5.020 | 4.723 | 3.381 | |
| 1999 | 5.871 | 5.411 | 5.053 | 23.926 | | 10.550 | 13.487 | 8.909 | 5.883 | 4.963 | 2.836 | 4.756 |
| 2000 | 3.431 | 4.187 | 4.266 | 7.660 | 16.847 | 13.453 | 10.135 | 11.569 | 8.221 | 8.250 | | 5.963 |
| 2001 | 4.449 | 6.865 | 4.372 | 11.602 | 9.628 | 24.780 | 12.470 | 11.243 | 6.359 | 3.156 | 3.505 | 4.607 |
| 2002 | 4.053 | 5.681 | 3.838 | 5.819 | 10.336 | 10.984 | 12.830 | 8.139 | 3.981 | | 6.515 | 3.566 |
| 2003 | 4.325 | 6.641 | 5.773 | 6.906 | 13.325 | | 9.714 | 5.056 | | 3.312 | 2.964 | 5.680 |
| 2004 | | 2.137 | | 10.590 | 8.625 | 9.322 | 8.554 | 10.094 | | 4.623 | 4.162 | 4.208 |
| 2005 | 2.136 | 7.059 | 4.402 | 14.810 | 5.630 | 14.424 | 6.636 | 3.393 | 3.989 | 1.768 | | 10.001 |
| 2006 | | 6.132 | 3.187 | 3.293 | 5.228 | 4.690 | 4.844 | 3.624 | 3.519 | 3.808 | | 3.503 |
| 2007 | 6.987 | 3.652 | 4.003 | 4.730 | 4.798 | 7.608 | 4.124 | 5.534 | 4.704 | 3.939 | 4.430 | 3.809 |
| 2008 | 4.537 | 4.509 | 4.565 | 3.955 | 3.436 | 6.080 | 6.845 | 4.602 | 5.873 | 6.528 | 4.537 | 3.633 |
| Media | 6,578 | 6,224 | 7,338 | 8,429 | 10,04 | 15,59 | 15,778 | 11,558 | 9,045 | 5,323 | 4,478 | 5,352 |
| min. | 2.027 | 1.300 | 2.600 | 3.293 | 4.400 | 4.690 | 4.124 | 3.393 | 3.519 | 1.768 | 2.500 | 1.700 |
| máx. | 27.500 | 21.200 | 27.500 | 23.926 | 27.900 | 43.100 | 47.800 | 24.400 | 23.800 | 10.500 | 13.335 | 28.000 |

Fuente: INAMHI

Gráfico 18. Caudales medios anuales 1963-2008 en la estación Hidrológica ALAO EN HDAALAO H-787



Análisis de rangos del nivel de caudal.

La gráfica 18, muestra la fluctuación de caudales registradas en los 45 años con respecto al promedio anual en m^3/s . en la estación hidrométrica del Río Alao. Es importante mencionar que el nivel promedio de la descarga del río es de $8.7 \text{ m}^3/\text{s}$.

En general se observa en el gráfico que las mayores reducciones de caudal alcanzaron los $4.18 \text{ m}^3/\text{s}$. como descarga mínima media anual del río, lo cual se considera dentro del rango bajo, en el 2006 para la microcuenca, siendo un indicativo del déficit de caudal o presencia de estiaje a lo largo de la microcuenca.

Los caudales de las quebradas que drenan desde la parte alta de la microcuenca fueron altos en los primeros 15 años, permitiendo que los niveles máximos de descarga en el río Alao se mantengan altos en este período de tiempo. Las mayores descargas se registraron en estos primeros años con un caudal medio igual a $12,44 \text{ m}^3/\text{s}$ entre los años 1963 y 1977, mientras que su caudal mínimo fue $6,77 \text{ m}^3/\text{s}$ y el máximo alcanzó los $17,18 \text{ m}^3/\text{s}$.

Los siguientes 15 años ya muestran una reducción en los caudales registrados con una media igual a $6,92 \text{ m}^3/\text{s}$ que corresponde casi la mitad del caudal medio encontrado en los primeros 15 años, lo que evidencia que las reducciones del páramo por la intrusión de la frontera agrícola están causando gran daño al almacenamiento hídrico de la microcuenca, entre los años 1978 y 1993 con un caudal mínimo registrado de $5,87 \text{ m}^3/\text{s}$ y un máximo de $9,13 \text{ m}^3/\text{s}$.

Por último se encuentran los últimos 15 años desde 1994 hasta el 2008 los cuales muestran un caudal medio de $6,73 \text{ m}^3/\text{s}$, un mínimo de $4,18 \text{ m}^3/\text{s}$ y un máximo de $8,59 \text{ m}^3/\text{s}$, observando así como sigue reduciendo la cantidad de agua que ofrece la microcuenca.

De acuerdo a este análisis, en el gráfico se determinaron para la microcuenca tres niveles de caudal de acuerdo a su comportamiento durante los 45 años de monitoreo:

Cuadro 38. Rangos de caudales medio anual para la microcuenca del Río Alao.

| Rango Q medio anual | Número de años por rango | % | Interpretación |
|--------------------------------|---|----------|--|
| 0-5,5 m ³ /s | 3 | 6.7 | 0 - 5.5 m ³ /s. caudales de estiaje para la microcuenca, color celeste en el gráfico. |
| 5,6-10,5 m ³ /s | 30 | 66.7 | 5.6 – 10.5 m ³ /s. caudales normales para la microcuenca, color verde en el gráfico. |
| >10,6 m ³ /s | 12 | 26.6 | >10.6 m ³ /s. caudales de crecidas para la microcuenca, color amarillo en el gráfico. |

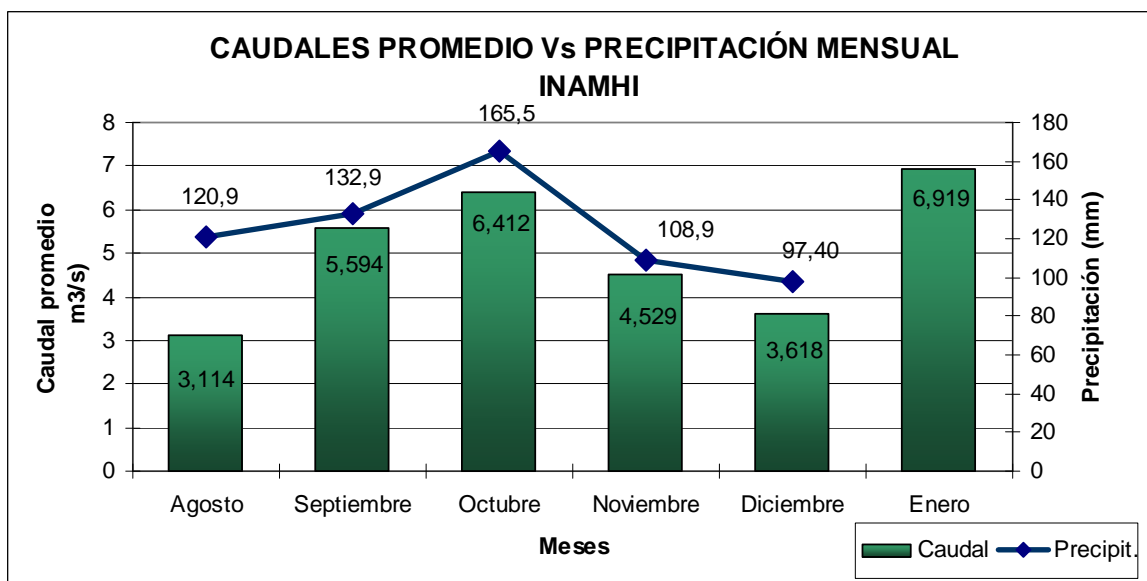
Fuente: BAUTISTA, K (2009)

4.1 Precipitación mensual vs caudales registrados

Cuadro 39. Precipitación mensual vs caudales medios en la estación del INAMHI.

| PRECIPITACIÓN vs. CAUDALES/ INAMHI | | |
|---|------------------------|---------------------------|
| MES | Caudales(m3/s) | Precipitación (mm) |
| Agosto | 3,114 | 120,9 |
| Septiembre | 5,594 | 132,9 |
| Octubre | 6,412 | 165,5 |
| Noviembre | 4,529 | 108,9 |
| Diciembre | 3,618 | 97,40 |
| Enero | 6,919 | |

Gráfico 19. Caudales promedio vs precipitación mensual en la estación del INAMHI durante el período de estudio.



El gráfico 19, muestra los valores obtenidos de caudales medios mensuales con respecto a la precipitación mensual según la estación del INAMHI, durante Agosto 08 a Enero 09..

Si analizamos la información pluviométrica del gráfico, indica que la incidencia de la precipitación es mayor en los meses de Septiembre y Octubre, teniéndose un rango que va de 137 a 165 mm de precipitación, notándose un incremento de caudal pues se tienen valores de 5.594 y 6.412 m³/s, mientras que en el mes de Enero se presenta el caudal mayor con 6,919 m³/s, en cuanto a la precipitación de precipitación no presenta registro en la información del INAMHI, pero se presume que es alta ya que va relacionada directamente con los caudales.

En los márgenes que dan lugar al, presentan suelos de texturas franco arcillosos y limosos, con régimen de humedad Udico, Per Udico y Ustico, en los cuales se desarrolla vegetación natural en su gran mayoría pero 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%.

5. Oferta hídrica de la microcuenca

Cuadro 40. Oferta hídrica media de los puntos de monitoreo de caudales.

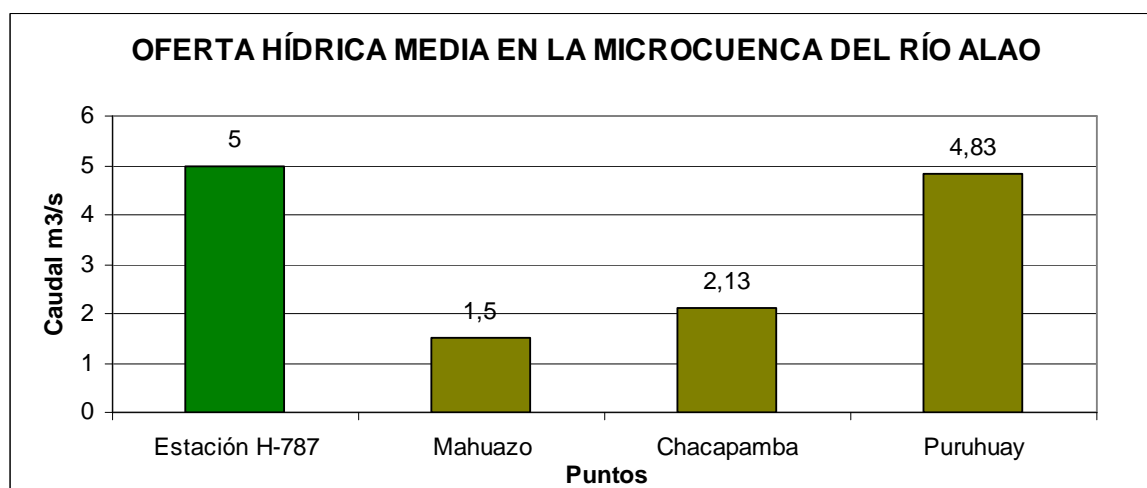
| Punto | Detalle | Oferta hídrica media (m ³ /s) | Periodo de monitoreo (2008) |
|----------------|--------------------|--|-----------------------------|
| Estación H-787 | Río Alao | 5 | Agosto – Diciembre |
| Mahuazo | Afluente principal | 1,5 | Agosto-Enero |
| Chacapamba | Río Alao | 2,13 | Octubre-Enero |
| Puruhuay | Río Alao | 4,8 | Septiembre –Enero |

Fuente: BAUTISTA, K (2009)

En el cuadro 40, se indica que de los 4 puntos de monitoreo de la microcuenca del río Alao, sólo uno de ellos es un afluente del río Alao, el Mahuazo. Los 3 restantes son puntos establecidos estratégicamente dentro del río Alao.

Se puede observar el punto del INAMHI (H-787), el que se encuentra más o menos en la mitad del río Alao presentó un caudal medio de 5 m³/s durante los meses de estudio.

Gráfico 20. Oferta hídrica media en la Microcuenca del Río Alao.



La gráfica 20, muestra que en la estación de monitoreo H-787 del INAMHI, presentó un caudal promedio de 5 m³/s durante los meses de estudio, a continuación se encuentra el punto Chacapamba que se encuentra en un sitio estratégico del río Alao con un caudal promedio de 2.13 m³/s y al final el Puruhuay que tuvo en caudal promedio de 4,83 m³/s esto en una superficie de 15603,537 Ha.

La gráfica muestra que el afluente principal, o sea el Mahuazo que se une al río Alao luego del punto del la estación del INAMHI, aporta al río con 1.5 m³/s en una superficie de 3004,18 ha. Luego de lo cual la hidroeléctrica se lleva el agua para la generación de luz

D. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO EN LOS DISTINTOS PUNTOS DE MONITOREO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ALAO.

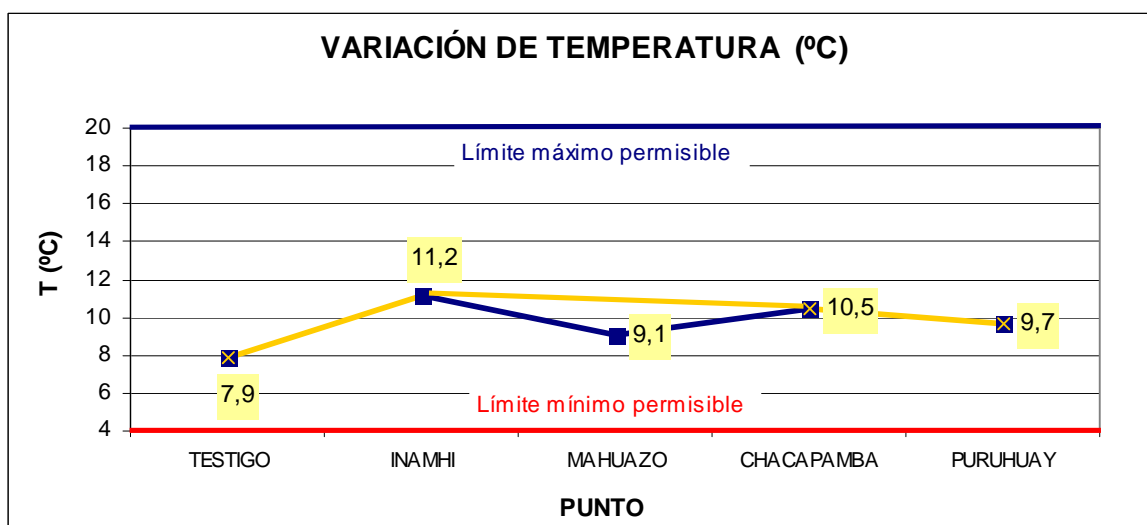
1. Temperatura

La temperatura influye de forma muy significativa en las especies acuáticas determinando su metabolismo, productividad primaria, respiración y descomposición de materia orgánica. Por ejemplo cuando la temperatura aumenta se da una proliferación del fitoplancton aumentando también la absorción de nutrientes disueltos. Este indicador influye en el comportamiento de otros indicadores de la calidad del recurso hídrico, como: pH, déficit de oxígeno, conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas.

Cuadro No 41. Resultados de temperatura en los puntos de monitoreo

| RESULTADO DE TEMPERATURA | | | |
|---------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Punto | Código | Altura | T (°C) |
| TESTIGO | AT | 3669 | 7,9 |
| INAMHI | AI | 3162 | 11,2 |
| MAHUAZO | AM | 3085 | 9,1 |
| CHACAPAMBA | ACH | 3040 | 10,5 |
| PURUHUAY | AP | 2811 | 9.7 |

Fuente: BAUTISTA, K (2009)

Gráfico 21. Variación de temperatura en los puntos de monitoreo

El gráfico 21 muestra los promedios de temperatura registrados en los seis meses de estudio en los cinco puntos de monitoreo en la Microcuenca del río Alao, en la cual se puede observar el valor más bajo en el testigo con 7.9 °C y en el punto del INAMHI presentó el valor más alto de 11.2 °C.

Mientras se desciende altitudinalmente por el cauce, los valores de temperatura del agua registrados revelan que existe una tendencia al alza, fenómeno que posiblemente se deba a que en los siguientes puntos de muestreo existe presencia de contaminantes de origen animal o vegetal y además otros desechos provenientes de actividades antrópicas.

Según la normativa Tulas para aguas naturales, que permiten la preservación de flora y fauna, se encuentra estipulada entre $\pm 3^{\circ}\text{C}$, donde los valores registrados en el cuadro 17 se encuentran dentro de este rango, teniendo en cuenta que la temperatura promedio de $9,7^{\circ}\text{C}$ y que se enmarca dentro de lo establecido. Concluyendo que el nivel de contaminación que existe en la Microcuenca del Río Alao es mínima.

2. Potencial Hidrógeno (pH)

La medida del pH es una de las pruebas más importantes y frecuentes utilizadas en el análisis químico del agua. Al pH se lo utiliza en las determinaciones de alcalinidad, dióxido de carbono y en muchos otros equilibrios ácidos base. SORENSON,S (1909)

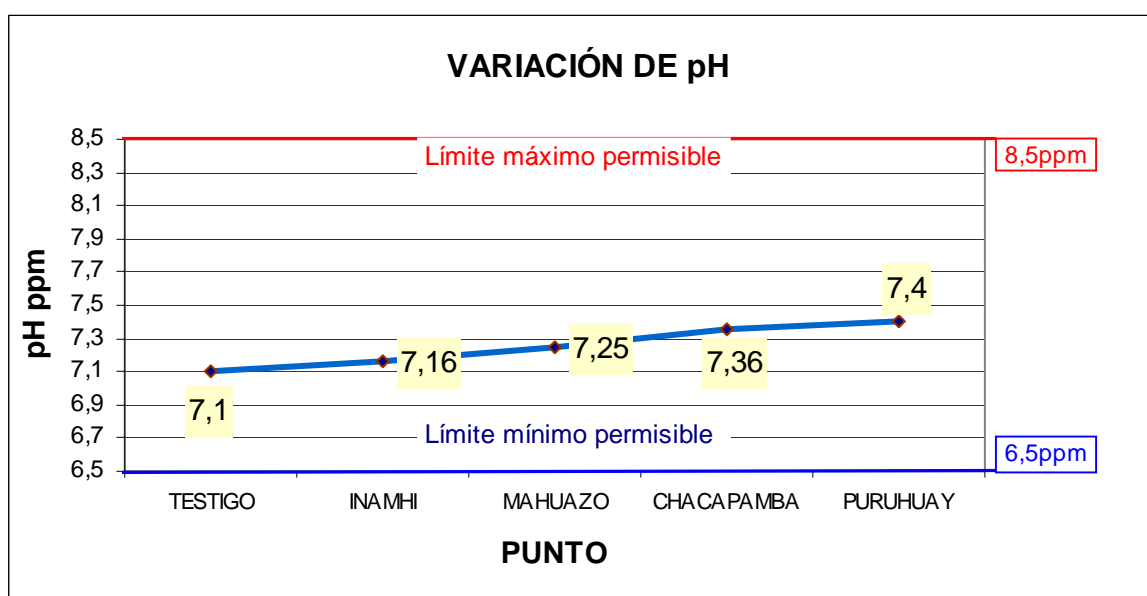
definió al pH como el $-\log [H^+]$, es el factor de intensidad o acidez. El valor del pH de una solución muy diluida es aproximadamente el mismo que el logaritmo común negativo de la concentración del ión hidrógeno. El rango varía de 0 a 14, siendo 7 el rango promedio (rango neutral). Un pH menor a 7 indica acidez, mientras que un pH mayor a 7, indica un rango básico.

Cuadro 42. Resultados de pH en los puntos de monitoreo

| RESULTADO DE pH | | | |
|-----------------|--------|--------|------|
| Punto | Código | Altura | pH |
| TESTIGO | AT | 3669 | 7,1 |
| INAMHI | AI | 3162 | 7,16 |
| MAHUAZO | AM | 3085 | 7,25 |
| CHACAPAMBA | ACH | 3040 | 7.36 |
| PURUHUAY | AP | 2811 | 7,4 |

Fuente: BAUTISTA, K (2009)

Gráfico 22. Variación de pH en los puntos de monitoreo



En el gráfico 22, se muestran los valores de pH encontrados durante los meses de estudio, los cuales se encuentran dentro de la neutralidad, encontrando el valor más bajo en el Testigo con un valor de 7,1 ppm elevándose pero no significativamente mientras

seguíamos por el río y en el último punto el Puruhuay se encontró el valor más alto de 7,4 ppm. Deduciendo de esta manera que no hubo mucha variación entre los diferentes puntos de muestreo, concluyendo que son muy estables, debido a que no hay evidencia en la zona de contaminantes de carácter ácido o básico que puedan influenciar directamente.

Los valores registrados en el Cuadro 42, se encuentran entre los límites permisibles (6,5 a 8,5); teniendo en cuenta que el pH promedio es de 7.3 ppm.

3. Oxígeno disuelto

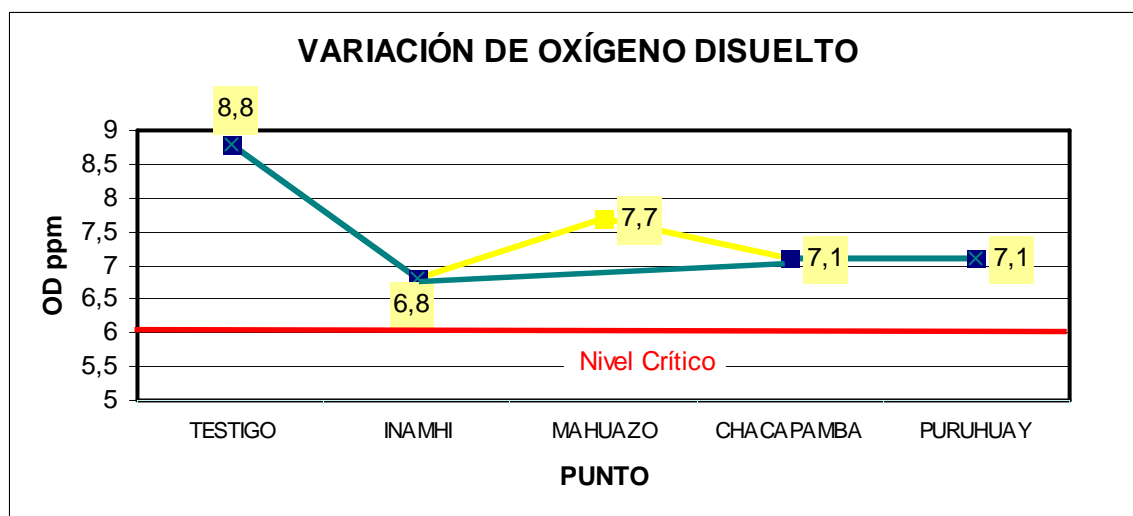
Aunque las moléculas del agua contienen un átomo de oxígeno, este oxígeno no está disponible para los organismos acuáticos que viven en nuestras aguas. Una pequeña parte de oxígeno, cerca de diez moléculas por un millón de partes de agua, se encuentra disuelta en el agua. Este oxígeno disuelto es primordial para la vida de los peces y la fauna del plankton.

Cuadro 43. Resultados de oxígeno disuelto en los puntos de monitoreo

| RESULTADO DE OXÍGENO DISUELTO (OD) | | | |
|---|---------------|---------------|----------------|
| Punto | Código | Altura | OD(ppm) |
| TESTIGO | AT | 3669 | 8.8 |
| INAMHI | AI | 3162 | 6.8 |
| MAHUAZO | AM | 3085 | 7.7 |
| CHACAPAMBA | ACH | 3040 | 7.1 |
| PURUHUAY | AP | 2811 | 7,1 |

Fuente: BAUTISTA, K (2009)

Gráfico 23. Variación de oxígeno disuelto en los puntos de monitoreo



El gráfico 23, muestra los resultados de oxígeno disuelto, en los cuales se observa que en el testigo presenta un valor de 8.8 ppm siendo el más alto, luego se encuentra el del INAMHI, el cual presenta el valor más bajo con 6.8 ppm el siguiente punto del río es el Chacapamba en el cual se puede observar la intervención del afluente principal del Alao, el Mahuazo que aporta con 7.7 ppm de oxígeno disuelto, de esta manera su valor es de 7.1 ppm al igual que el último punto de monitoreo, el Puruhuay.

Este descenso presentado puede ser por el cambio de temperatura, ya que los valores de oxígeno disuelto dependen fundamentalmente de la temperatura del agua, lo cual influye en el porcentaje de saturación de oxígeno en donde disminuye el valor del oxígeno disuelto, mientras que aumenta la temperatura, corroborando como manifiesta la teoría.

Los resultados que presenta el cuadro 44, se encuentran dentro de lo permitido, que es no menor a 6 ppm, valores de oxígeno disuelto adecuados para aguas de alta montaña. En el estudio la concentración de oxígeno disuelto promedio es de 7,5 ppm.

4. Turbidez

La turbulencia indica la cantidad de materia sólida suspendida en el agua y se mide por la luz que se refleja a través de esta materia. A mayor intensidad de luz dispersa, mayor nivel de turbulencia, se reporta en unidades nefelométricas (NTU por sus siglas en Inglés).

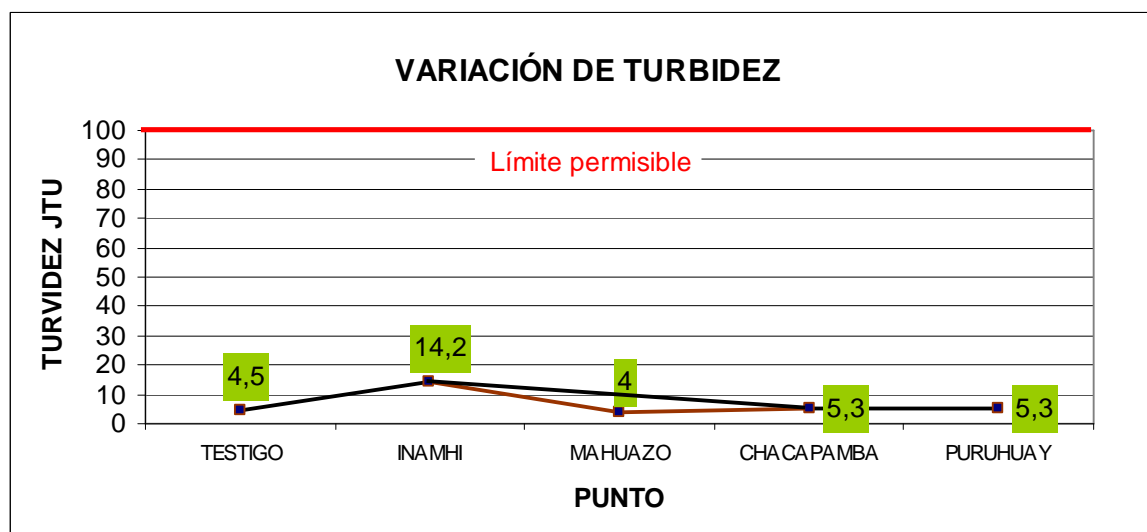
Durante períodos de flujo bajo (flujo normal), muchos ríos llevan agua de un color verde claro y las turbulencias son bajas, usualmente menos de 10 NTU. La materia que causa turbulencia en el agua incluye: arcilla, fango, materia orgánica e inorgánica pequeña, componentes de color orgánico soluble, plankton y organismos microscópicos.

Cuadro N° 44. Resultados de turbidez en los puntos de monitoreo

| RESULTADOS DE TURBIDEZ | | | |
|-------------------------------|---------------|---------------|----------------------|
| Punto | Código | Altura | Turbidez(JTU) |
| TESTIGO | AT | 3669 | 4.5 |
| INAMHI | AI | 3162 | 14.2 |
| MAHUAZO | AM | 3085 | 4 |
| CHACAPAMBA | ACH | 3040 | 5,3 |
| PURUHUAY | AP | 2811 | 5,3 |

Fuente: BAUTISTA, K (2009)

Gráfico 24. Variación de turbidez en los puntos de monitoreo



El gráfico 24, indica los valores de turbidez presentados durante el estudio en los diferentes puntos de monitoreo, en el cual se aprecia que en el punto Mahuazo tiene un valor de 4JTU siendo el más bajo, mientras que el INAMHI posee un valor de 14.2 JTU es el valor más alto en relación a los demás, lo cual se presume que es porque en el INAMHI hay una

pérdida de suelo especialmente en temporadas muy lluviosas y además las actividades antrópicas realizadas en el pueblo. Se puede observar que en el punto Chacapamba siguiendo la dirección del cauce se reduce el valor a 5.3 JTU, lo cual podría ser porque antes del mismo se encuentra el desarenador de la EERSA el cual retiene gran cantidad de sedimentos.

Según la normativa técnica, para aguas de alta montaña, permite un valor de 100 JTU, por lo que el valor promedio de la investigación en los puntos de monitoreo de la Microcuenca del Río Alao es de 6.68 JTU, mismos que se encuentran dentro de la normalidad.

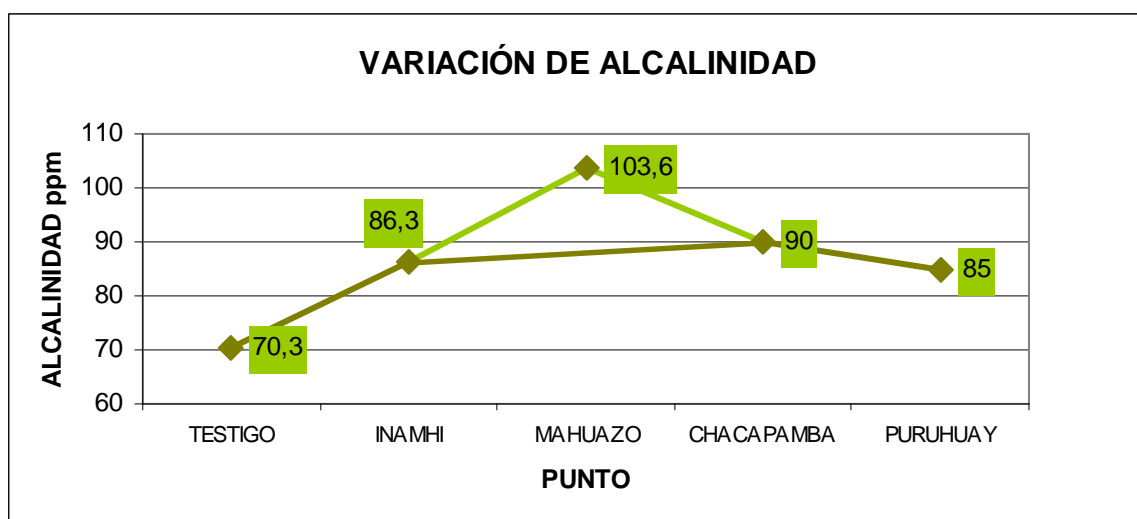
5. Alcalinidad total

La alcalinidad es causada principalmente por los bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos presentes en solución, y en menor grado por los boratos, fosfatos y silicatos, que puedan estar presentes en la muestra. En un sentido estricto las principales especies causantes de alcalinidad y su asociación con la fuente, es la siguiente: Hidróxidos, OH^- (Aguas naturales, residuales e industriales), Bicarbonatos, HCO_3^- (Aguas naturales y residuales) Carbonatos $\text{CO}_3^{=}$ (Aguas Naturales y residuales).

Cuadro 45. Resultados de alcalinidad total en los puntos de monitoreo

| RESULTADOS DE ALCALINIDAD TOTAL | | | |
|--|---------------|---------------|------------------------|
| Punto | Código | Altura | Alcalinidad ppm |
| TESTIGO | AT | 3669 | 70,3 |
| INAMHI | AI | 3162 | 86,3 |
| MAHUAZO | AM | 3085 | 103,6 |
| CHACAPAMBA | ACH | 3040 | 90 |
| PURUHUAY | AP | 2811 | 85 |

Fuente: BAUTISTA, K (2009)

Gráfico 25. Variación de alcalinidad en los puntos de monitoreo

El gráfico No 25, presenta los resultados de la variación de la alcalinidad en los puntos de monitoreo, presentando que al inicio del estudio en el testigo se encuentra un valor de 70.3 ppm, cuyo valor cambia en el INAMHI a 86.3 ppm en el cual se presume ya la presencia de componentes alcalinos como bicarbonatos, carbonatos, minerales que no necesariamente se pueden asociar con problemas de contaminación, a continuación se encuentra el afluente mahuazo que presenta un valor de 103.6 ppm el cual sería un valor alto que al unirse al río cambia su comportamiento, de todas formas el valor de los siguientes puntos bajan teniendo que el Chacapamba presenta un valor de 90 ppm, mientras que el Puruhuay tiene 85 ppm.

La norma técnica permitido de CaCO_3 para aguas de alta montaña es de 500 mg/L, por lo que los valores medidos en el presente estudio se encuentran de este rango, teniendo en cuenta que la alcalinidad promedio es 87.04 mg/L CaCO_3 .

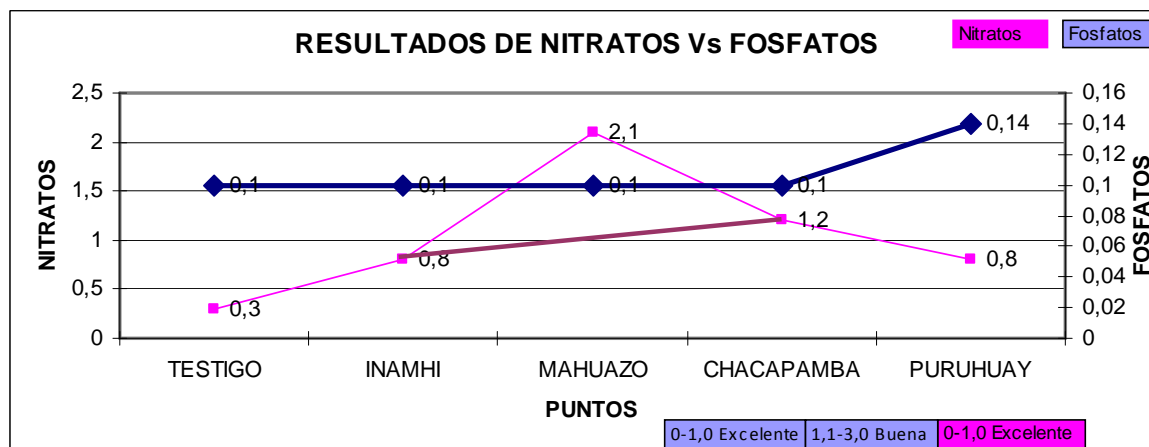
6. Fosfatos vs nitratos

Cuadro 46. Resultados de fosfatos vs. nitratos en los puntos de monitoreo

| Resultados de Fosfatos Vs Nitratos | | | |
|------------------------------------|------------|---------------|---------------|
| Código | Punto | Nitratos(ppm) | Fosfatos(ppm) |
| AT | TESTIGO | 0,3 | 0,1 |
| AI | INAMHI | 0,8 | 0,1 |
| AM | MAHUAZO | 2,1 | 0,1 |
| ACH | CHACAPAMBA | 1,2 | 0,1 |
| AP | PURUHUAY | 0,8 | 0,14 |

Fuente: BAUTISTA, K (2009)

Gráfico 26. Variación de nitratos vs. fosfatos en los puntos de monitoreo



En el gráfico 26, se observa que el contenido de nutrientes (nitratos y fosfatos) existentes en la microcuenca del Río Alao son mínimos, debido a que el contenido de estos en los puntos de monitoreo son bajos excepto en el del Mahuazo ya que a pesar que el valor de fosfato permanece bajo de 0,1ppm, el contenido de nitratos existentes en este sitio es el mayor siendo 2,1 ppm que puede ser por que en este sector se presenta mayor actividad humana como una agricultura intensiva, pozos sépticos y descargas domésticas, sin embargo representa un nivel bueno de calidad de agua según www.ksciencie.org, pero este

valor que presenta este afluente altera el valor del siguiente punto Chacapamba que es de 1.2 ppm que todavía recae en una calidad de agua buena según la misma tabla de referencia pero que es un tanto más alto que los demás, si observamos a continuación el Puruhuay ya presenta un valor que entra el rango de excelente con un contenido de nitratos de 0,8 ppm , lo cual se presume que es porque el río presenta una gran capacidad de autodepuración a lo largo del cauce , por los demás valores tanto de nitratos y fosfatos son tan bajos que recaen en una calidad de agua excelente según www.kscience.org.

El rango permitido para aguas frías de alta montaña se encuentra en 10 ppm (Nitratos), por lo que el promedio de la presente investigación se encuentra en 1.04 ppm, se incluye dentro del rango aceptado, mientras que el fosfato según: [kscience.org](http://www.kscience.org); el rango permitido en ríos de agua dulce es de 1,1 ppm (fosfatos), existiendo en el Río Alao un rango de 0,108ppm que esta entre lo aceptable.

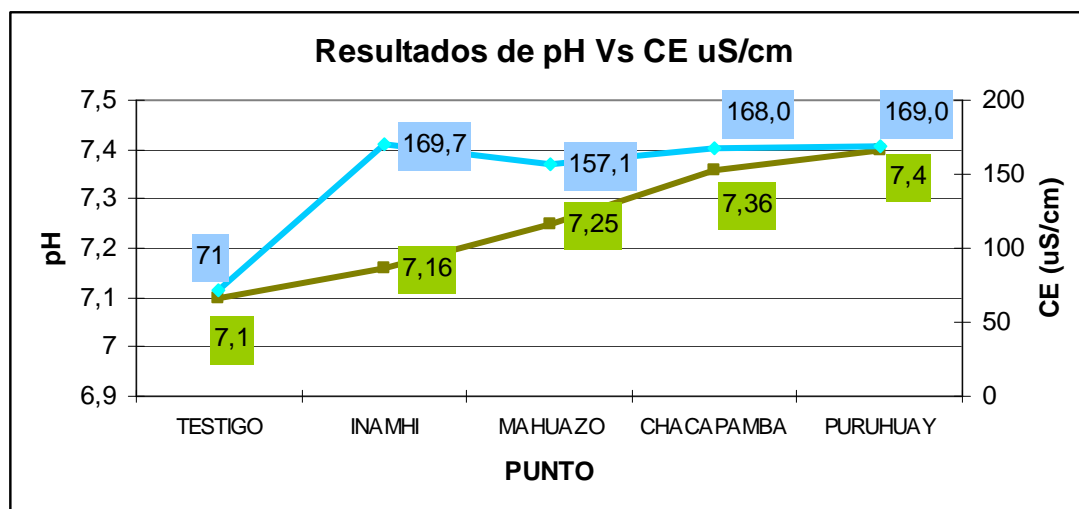
7. pH vs conductividad eléctrica

Conducción eléctrica, también conocida como conductividad, es la medición de la habilidad del agua para transportar corriente eléctrica. Depende en gran medida en la cantidad de materia sólida disuelta en el agua (como la sal). Agua pura, como el agua destilada, puede tener muy poca conductividad y en contraste, agua de mar tendrá una conductividad mayor. El agua de lluvia frecuentemente disuelve los gases y el polvo que se encuentran en el aire y por lo tanto, tiene una conductividad mayor que el agua destilada. La conductividad específica es una medida importante de la calidad del agua, ya que indica la cantidad de materia disuelta en la misma

Cuadro 47. Resultados de pH vs. conductividad eléctrica en los puntos de monitoreo

| Resultados de pH vs conductividad eléctrica | | | |
|--|--------------|-----------|-----------------|
| Código | Punto | pH | CE uS/cm |
| AT | TESTIGO | 7,1 | 71 |
| AI | INAMHI | 7,16 | 169,7 |
| AM | MAHUAZO | 7,25 | 157,1 |
| ACH | CHACAPAMBA | 7,36 | 168,0 |
| AP | PURUHUAY | 7,4 | 169,0 |

Fuente: BAUTISTA, K (2009)

Gráfico No 27 Variación de pH vs conductividad eléctrica

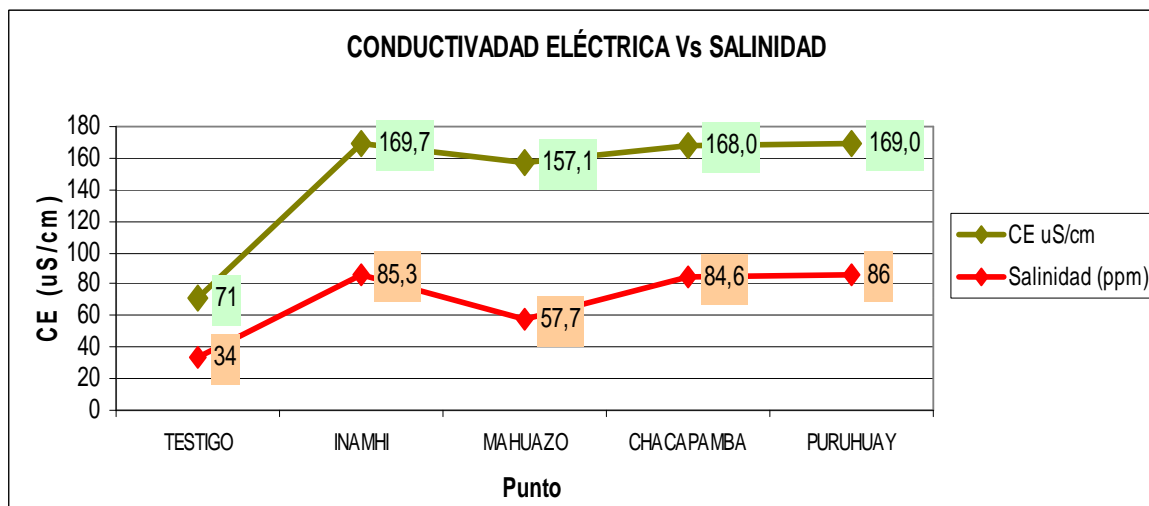
En el gráfico 27, se presenta la relación de resultados entre conductividad y pH; se puede observar que si presentan cambios en la conductividad eléctrica, existirá un aumento o disminución de sales en los cuerpos de agua, y por ende afectará al pH, cuyo parámetro podrá bajar o subir dependiendo del tipo de sales, que se encuentren en ese momento. Como se ve en el testigo que presenta el valor más bajo de 7,1 ppm y 71 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mientras que el Puruhuay presentó el más alto 7,4 ppm y 169,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

8. Conductividad eléctrica vs salinidad

Cuadro 48. Resultados de conductividad eléctrica vs. salinidad en los puntos de monitoreo

| Resultados de conductividad eléctrica y salinidad | | | |
|--|--------------|-----------------|------------------------|
| Código | Punto | CE uS/cm | Salinidad (ppm) |
| AT | TESTIGO | 71 | 34 |
| AI | INAMHI | 169,7 | 85,3 |
| AM | MAHUAZO | 157,1 | 57,7 |
| ACH | CHACAPAMBA | 168,0 | 84,6 |
| AP | PURUHUAY | 169,0 | 86 |

Fuente: BAUTISTA, K (2009)

Gráfico 28. Variación de conductividad eléctrica vs salinidad en los puntos de monitoreo

En el gráfico 28, se muestra la relación directa que tienen la conductividad eléctrica y la salinidad, como se observa el valor más bajo se presentó el testigo con valores de 71uS/cm y 34 ppm de conductividad eléctrica y salinidad respectivamente. De aquí en adelante se ve que los valores comienzan a subir esto puede ser producido por una mayor presencia de sales minerales producto de la actividad humana, encontrando el valor más alto en el INAMHI con valores de conductividad de 169,7 uS/cm y de salinidad de 85.3 ppm.

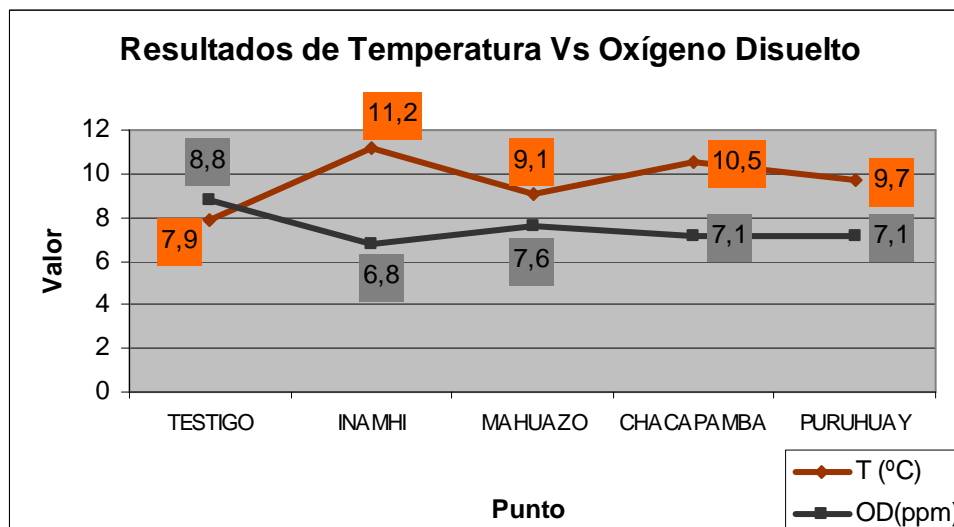
9. Temperatura vs. oxígeno disuelto

Cuadro 49. Resultados de temperatura vs. oxígeno disuelto en los puntos de monitoreo

| Resultados de T (°C) vs oxígeno disuelto (ppm) | | | |
|--|------------|--------|---------|
| Código | Punto | T (°C) | OD(ppm) |
| AT | TESTIGO | 7,9 | 8,8 |
| AI | INAMHI | 11,2 | 6,8 |
| AM | MAHUAZO | 9,1 | 7,6 |
| ACH | CHACAPAMBA | 10,5 | 7,1 |
| AP | PURUHUAY | 9,7 | 7,1 |

Fuente: BAUTISTA, K (2009)

Gráfico 29. Variación de temperatura vs oxígeno disuelto en los puntos de monitoreo



En el gráfico 29, se presentan resultados de temperatura y oxígeno disuelto, en los cuales se puede observar que los valores son inversamente proporcionales entre la temperatura del agua y la concentración de oxígeno disuelto, ya que a medida que incrementa la temperatura disminuye la cantidad de oxígeno disuelto, estas afirmaciones se manifiestan claramente en todos los puntos de monitoreo especialmente en el testigo que presenta un valor menor de temperatura con 7,9 °C y con un valor de oxígeno disuelto de 8.8 ppm, mientras que en el punto del INAMHI presentó 11,2 °C de temperatura y 6,8 ppm de oxígeno disuelto siendo este el valor más alto.

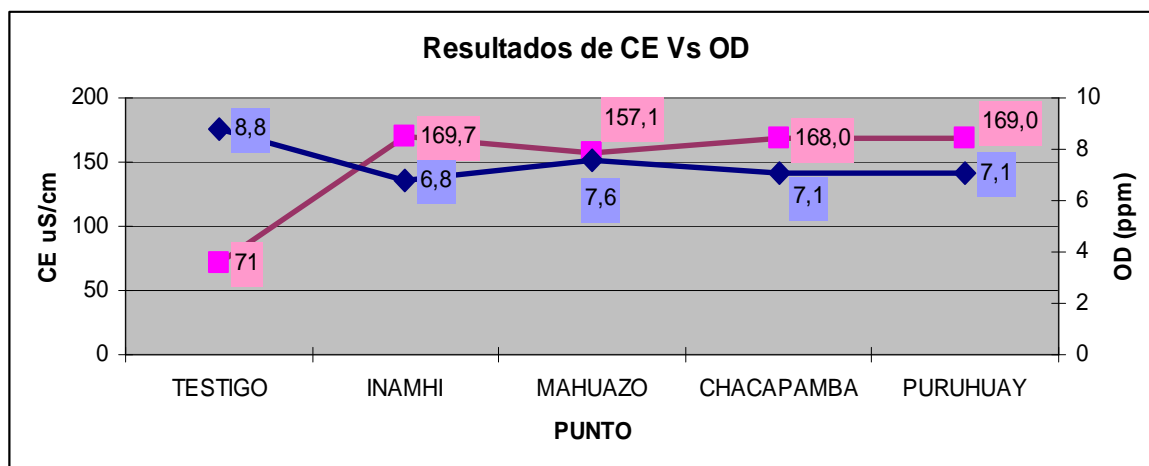
10. Conductividad eléctrica vs oxígeno disuelto

Cuadro 50. Resultados de conductividad eléctrica vs. oxígeno disuelto en los puntos de monitoreo

| Resultados de conductividad eléctrica vs oxígeno disuelto | | | |
|--|--------------|-----------------|----------------|
| Código | Punto | CE uS/cm | OD(ppm) |
| AT | TESTIGO | 71 | 8,8 |
| AI | INAMHI | 169,7 | 6,8 |
| AM | MAHUAZO | 157,1 | 7,6 |
| ACH | CHACAPAMBA | 168,0 | 7,1 |
| AP | PURUHUAY | 169,0 | 7,1 |

Fuente: BAUTISTA, K (2009)

Gráfico 30. Variación de conductividad eléctrica vs oxígeno disuelto en los puntos de monitoreo



Los resultados del gráfico 30, demuestran que a medida que se incrementan los valores de la conductividad eléctrica del agua, el oxígeno disuelto baja ya que estos parámetros son inversamente proporcionales porque la conductividad eléctrica se incrementa a medida que aumenta el nivel de contaminación en el agua, mientras que el oxígeno disuelto disminuye, teniendo un claro ejemplo en el punto de monitoreo INAMHI, donde la conductividad es alta (169.7us/cm) y el oxígeno disuelto es baja de 6,8 (ppm).

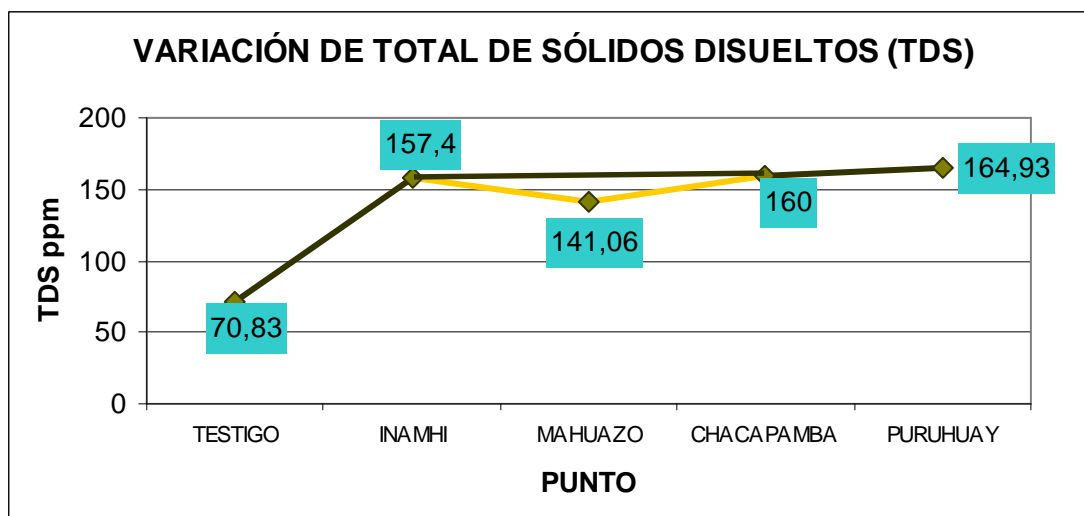
11. Total de sólidos disueltos

Cuadro 51. Resultados de total de sólidos disueltos en los puntos de monitoreo

| RESULTADOS DE TOTAL DE SÓLIDOS DISUELTOS (TDS) | | | |
|---|---------------|---------------|----------------|
| Punto | Código | Altura | TDS ppm |
| TESTIGO | AT | 3669 | 70,83 |
| INAMHI | AI | 3162 | 157,4 |
| MAHUAZO | AM | 3085 | 141,06 |
| CHACAPAMBA | ACH | 3040 | 160 |
| PURUHUAY | AP | 2811 | 164,93 |

Fuente: BAUTISTA, K (2009)

Gráfico 31. Variación de total de sólidos disueltos en los puntos de monitoreo



En el gráfico 31, se muestran valores de *Sólidos Totales Disueltos*, de los afluentes del Río Alao, encontrándose el valor más bajo en el testigo con 70.83 ppm, condición que se puede considerar a una menor contaminación a comparación con el INAMHI que presentó el valor más alto con 157,4 ppm; esto probablemente es producido por una mayor actividad humana.

Donde el valor permisible para TDS se encuentra en 500mg/L, por lo que los valores de la presente investigación registran en el Cuadro 27, (140.44mg/L), mismos que se enmarcan dentro de este rango aceptable.

12. Conductividad eléctrica vs. total de sólidos disueltos

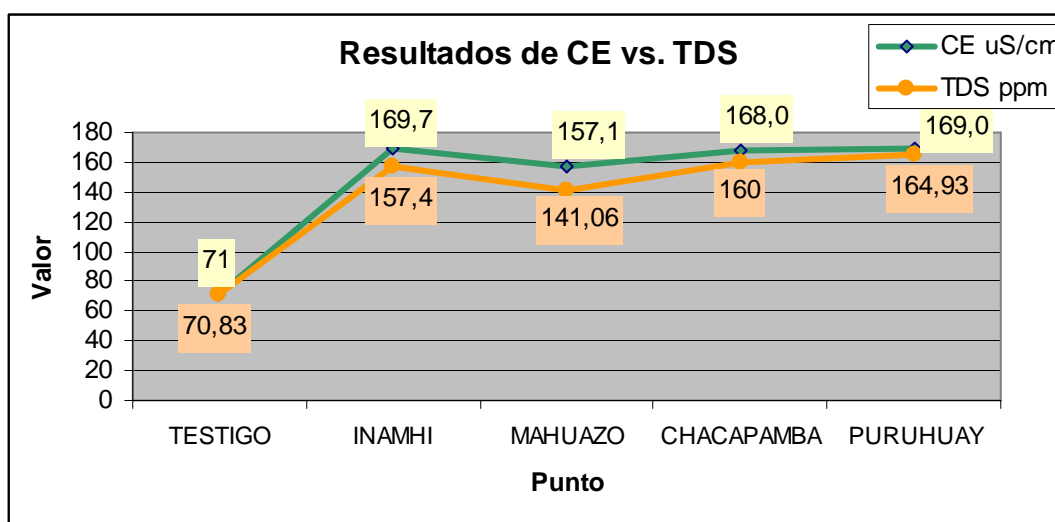
Cuadro 52. Resultados de conductividad eléctrica vs. total de sólidos disueltos en los puntos de monitoreo

| |
|---|
| Resultados de conductividad eléctrica vs TDS |
|---|

| Código | Punto | CE uS/cm | TDS ppm |
|--------|------------|----------|---------|
| AT | TESTIGO | 71 | 70,83 |
| AI | INAMHI | 169,7 | 157,4 |
| AM | MAHUAZO | 157,1 | 141,06 |
| ACH | CHACAPAMBA | 168,0 | 160 |
| AP | PURUHUAY | 169,0 | 164,93 |

Fuente: BAUTISTA, K (2009)

Gráfico 32. Variación de conductividad eléctrica vs. total de sólidos disueltos en los puntos de monitoreo



En el gráfico 32, se observa que entre la *Conductividad Eléctrica* y *Sólidos Disueltos Totales* existe una relación directa, es así que en los análisis de campo, tanto la conductividad y sólidos disueltos totales en el primer punto de monitoreo (testigo) presentaron condiciones similares con 70.83 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 71 ppm; esto debido a que aguas

arriba de la Microcuenca Alta del Río Alao, la intervención de la actividad humana es escasa, pero a partir del segundo punto monitoreo (INAMHI) existe un aumento en los valores de los dos parámetros, esto se presume que es producido por una mayor presencia de sales minerales que es producto de la actividad humana.

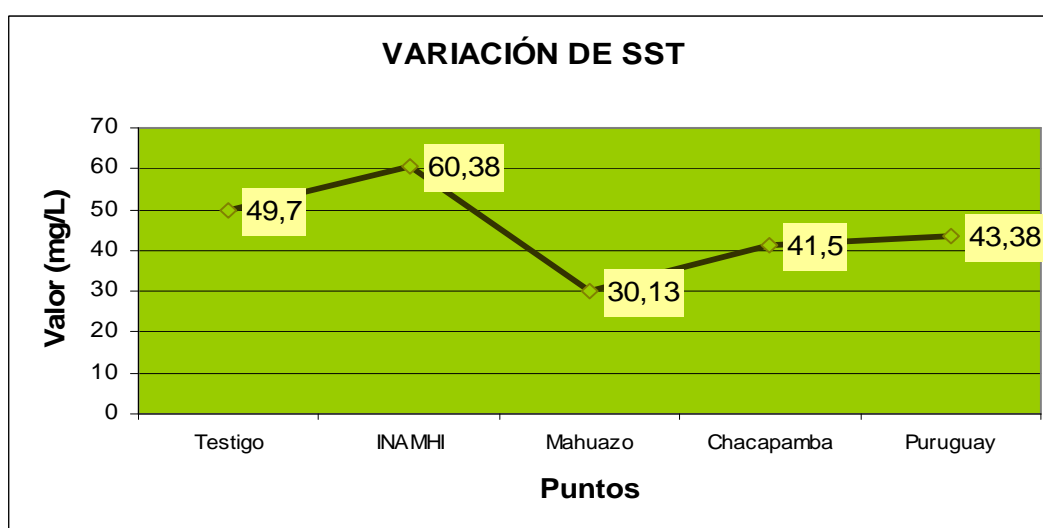
13. Total de sólidos en suspensión

Cuadro 53. Resultados de total de sólidos en suspensión encontrados en los puntos de monitoreo

| TOTAL DE SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN (mg/L) | | |
|---------------------------------------|-----------------|----------|
| CODIGO | RIO | PROMEDIO |
| AT | Alao-Testigo | 49,7 |
| AI | Alao-INAMHI | 60,38 |
| AM | Mahuazo | 30,13 |
| ACH | Alao-Chacapamba | 41,5 |
| AP | Alao-Puruguay | 43,38 |

Fuente: BAUTISTA, K (2009)

Gráfico 33. Variación de total de sólidos en suspensión en los puntos de monitoreo



El gráfico 33, presenta valores de total de sólidos en suspensión (SST) encontrados en los diferentes puntos de monitoreo encontrando el valor más bajo en el Mahuazo con 30.13 mg/L y el valor mayor en el INAMHI con 60.38 mg/L, lo cual podría ser por los derrumbes existentes, la incorporación y presencia de descargas de aguas residuales domésticas provenientes del pueblo.

B. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LOS ANALISIS MICROBIOLÓGICO EN LOS PUNTOS DE MONITOREO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ALAO.

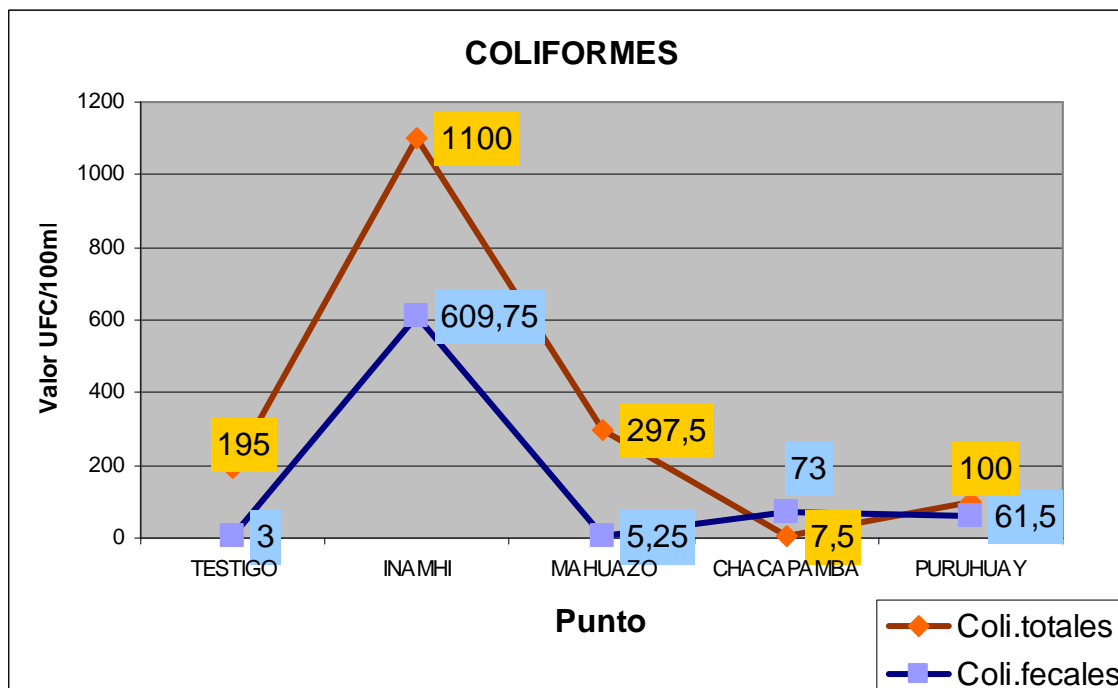
1. Coliformes

Cuadro 54. Resultados de coliformes encontrados en los puntos de monitoreo

| Promedio de Coliformes encontrados | | | | |
|---|---------------|----------------|----------------------|----------------------|
| <i>Punto</i> | <i>Código</i> | <i>Altura</i> | <i>Coli. Totales</i> | <i>Coli. Fecales</i> |
| | | <i>m.s.n.m</i> | <i>(UFC/100ml)</i> | <i>(UFC100ml)</i> |
| TESTIGO | AT | 3669 | 195 | 3 |
| INAMHI | AI | 3162 | 1100 | 609,75 |
| MAHUAZO | AM | 3085 | 297,5 | 5,25 |
| CHACAPAMBA | ACH | 3040 | 7,5 | 73 |
| PURUHUAY | AP | 2811 | 100 | 61,5 |

Fuente: BAUTISTA, K (2009)

Gráfico 34. Valores de Coliformes en los puntos de monitoreo



El gráfico 34 muestra los resultados obtenidos de coliformes fecales y totales obtenidos en los diferentes puntos de monitoreo encontrando los valores más bajos en el testigo con 195 UFC/100ml coliformes totales y 3 UFC/100ml coliformes fecales, mientras que el valor más alto se encontró en el INAMHI con 1100 UFC/100ml y 609,75 UFC/100ml de coliformes totales y fecales respectivamente. Esto es porque en el punto del INAMHI se encuentra el pueblo y los desperdicios del mismo van al río.

Cuadro 55. Resultados de coliformes en diferentes grifos.

| Coliformes totales y fecales UFC/100ml | | | | |
|--|------------|------------|------------|------------|
| Punto | 17/12/2008 | 08/01/2009 | 22/01/2009 | 30/01/2009 |
| Grifo | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Grifo | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Grifo | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Grifo | 0 | 0 | 0 | |
| Grifo | 0 | 0 | | |

Fuente: BAUTISTA, K (2009)

Además de los análisis realizados en el río se realizaron también en el grifo de algunas de las viviendas del pueblo sin encontrar ningún tipo de coliformes.

El agua potable es aquella agua que puede ser consumida por el hombre sin peligro alguno para su salud, para ser segura y aceptable debe cumplir con los siguientes parámetros: agua más fría más segura, incolora, inodora e incípida.

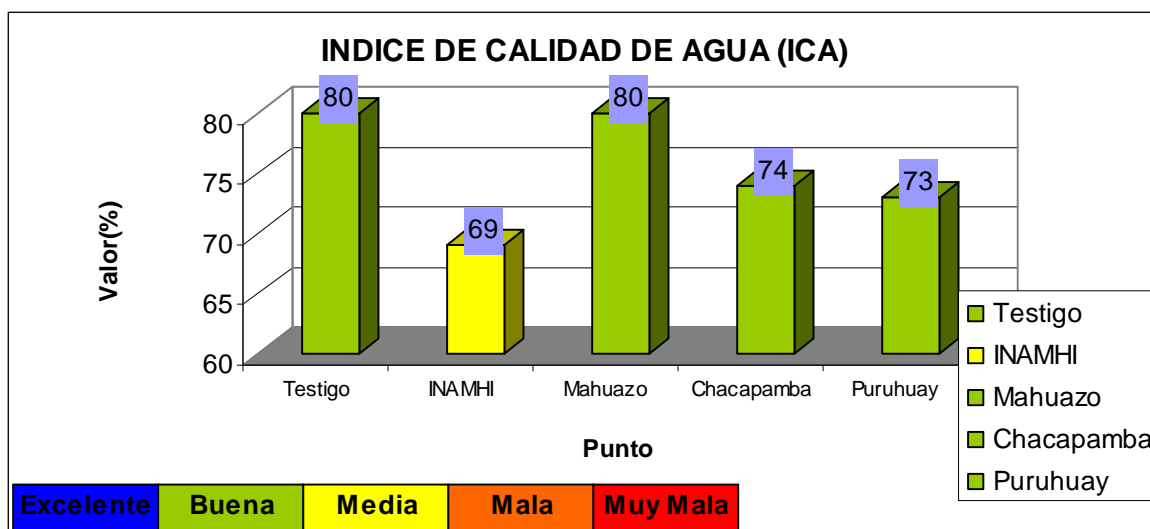
2. Índice de calidad del agua

Cuadro 56. Resultados de índice de calidad de agua (ICA o WQI) encontrados en los puntos de monitoreo

| Parámetro | Testigo | INAMHI | Mahuazo | Chacapamba | Puruhuay |
|--------------------|----------------|---------------|----------------|-------------------|-----------------|
| <i>Col.Fecales</i> | 86 | 27 | 79 | 48 | 50 |
| <i>S.Totales</i> | 86 | 78 | 80 | 78 | 77 |
| <i>%Sat. O</i> | 62 | 81 | 72 | 60 | 55 |
| <i>pH</i> | 90 | 88 | 92 | 93 | 93 |
| <i>Turbidez</i> | 87 | 69 | 88 | 85 | 85 |
| <i>DBO</i> | 49 | 51 | 38 | 47 | 52 |
| <i>Nitratos</i> | 97 | 97 | 95 | 96 | 96 |
| <i>Fosfatos</i> | 96 | 96 | 96 | 96 | 94 |
| <i>Incr. Temp.</i> | 83 | 87 | 93 | 93 | 87 |
| WQI | 80 | 69 | 80 | 74 | 73 |

Fuente: BAUTISTA, K (2009)

Gráfico 35. Variación del índice de calidad de agua (ICA o WQI) en los puntos de monitoreo



El gráfico 35, muestra los resultados del *Índice de Calidad del Agua* en los diferentes puntos de monitoreo los cuales son resultado el resultado de parámetros químicos (oxígeno disuelto, pH, DBO5, Diferencia de temperatura, fosfato total, nitratos, turbidez y sólidos totales) y microbiológicos (coliformes fecales) que se realizaron durante el transcurso de la investigación en la Microcuenca del Río Alao. Se encontró que según Comisión Nacional del Agua la calidad de agua en el río Alao es buena, ya que así nos muestran los valores de: Testigo, Mahuazo, Chacapamba y Puruhuay con (80, 80, 74 y 73)% respectivamente.

El caso particular del INAMHI tiene un índice de calidad de agua media según la Comisión Nacional del Agua, Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua, 1999 con un valor de 69%. Lo cual hace notar la influencia de las actividades antrópicas, ya que en este punto existen contaminantes de origen animal o vegetal y además se encuentran pozos sépticos que recaen directamente al río.

Concluyendo que el índice de calidad de agua, nos indica los diferentes tratamientos de agua para los diferentes usos consuntivos y no consuntivos que se pueden destinar el agua de la Microcuenca del Río Alao, de acuerdo al grado de contaminación que encontramos.

C. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LOS ANALISIS BIOLÓGICOS (MACROINVERTEBRADOS) EN LOS PUNTOS DE MONITOREO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ALAO.

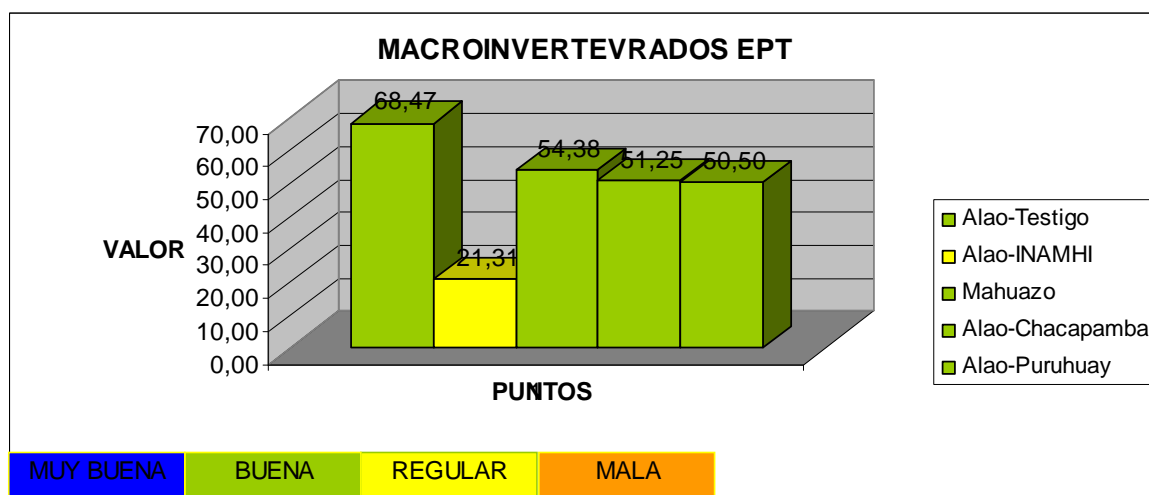
1. Análisis EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera)

Cuadro 57. Datos de macroinvertebrados en los puntos de monitoreo (EPT).

| CODIGO | RIO | PROMEDIO | CALIDAD |
|--------|-----------------|----------|---------|
| AT | Alao-Testigo | 68,47 | Buena |
| AI | Alao-INAMHI | 21,31 | Regular |
| AM | Mahuazo | 54,38 | Buena |
| ACH | Alao-Chacapamba | 51,25 | Buena |
| AP | Alao-Puruhuay | 50,50 | Buena |

Fuente: BAUTISTA, K (2009)

Gráfico 36. Variación de de macroinvertebrados (EPT) en los puntos de monitoreo



En el gráfico 36, se observa los valores en cuanto a resultados de macroinvertebrados encontrados en la microcuenca del Río Alao, así se encontró que el Testigo tiene una calidad de agua **buena** con 68.47 %, en donde se comprobó que existe menor contaminación, y esto se debe a que no se observa la intervención del ser humano, por lo tanto es evidente que la contaminación es menor, tiene mayor vida acuática de los macroinvertebrados sensibles a la contaminación (Ephemeroptera, Trichoptera y Plecoptera)

En cambio que en el INAMHI con 21.31% la calidad es **regular**, lo cual es porque en este punto ya existe la intervención del hombre mediante residuos que recaen directamente al río, lo mismo que las actividades antrópicas que se realizan en este punto.

En el Mahuazo se encontró una calidad de agua **buena** con 54,38 %, este siendo el afluente principal del río Alao lleva a él, agua más limpia y de mejor calidad mejorando de esta manera la calidad del cauce principal.

A continuación les sigue el Chacapamba con 51,25% y el puruhuay con 50,50 % que recaen en una calidad **buena** dándose a notar así que el río posee una gran capacidad de auto depuración o por la influencia de los desarenadores que posee la EERSA que retienen gran cantidad de sedimentos.

2. Análisis de los órdenes y familias de bioindicadores recolectados en la Microcuenca del Río Alao.

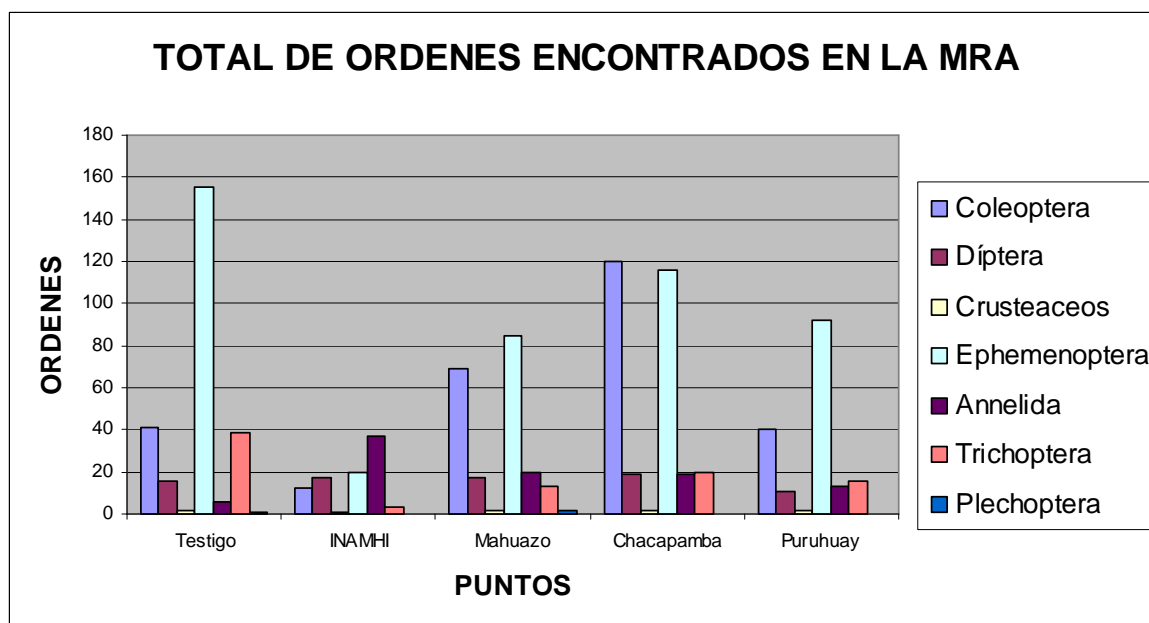
Cuadro 58. Valores de órdenes y familias de los organismos encontrados en los puntos de monitoreo.

| Total de órdenes y familias de macroinvertebrados encontrados en la microcuenca del río Alao | | | | | | | |
|---|-----------------|----------------|---------------|----------------|-------------------|-----------------|--------------|
| ORDEN | FAMILIA | Testigo | INAMHI | Mahuazo | Chacapamba | Puruhuay | TOTAL |
| Coleoptera | Elmidae | 41 | 12 | 69 | 120 | 40 | 282 |
| Díptera | Chironomidae | 4 | 5 | 9 | 2 | 3 | 23 |
| Díptera | Muscidae | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 8 |
| Díptera | Blepharoceridae | 1 | 1 | 2 | 3 | 1 | 8 |
| Díptera | Ceratopogonidae | 1 | 1 | 3 | 5 | 3 | 13 |
| Díptera | Tipulidae | 8 | 9 | 2 | 7 | 2 | 28 |
| Crustaceos | Hyalelidae | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 9 |
| Ephemeroptera | Beatidae | 155 | 20 | 85 | 116 | 92 | 468 |
| Annelida | Oligochaeta | 13 | 37 | 20 | 19 | 6 | 95 |
| Trichoptera | Leptoceridae | 29 | 1 | 1 | 2 | 6 | 39 |
| Trichoptera | Limnephylidae | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 9 |
| Trichoptera | Hidrobiosidae | 6 | 1 | 10 | 16 | 8 | 41 |
| Plecoptera | Gripopterygidae | 1 | | 2 | | | 3 |

| | | | | | | | |
|--------------|--|-----|----|-----|-----|-----|------|
| TOTAL | | 265 | 90 | 208 | 296 | 167 | 1026 |
|--------------|--|-----|----|-----|-----|-----|------|

Fuente: BAUTISTA, K (2009)

Gráfico 37. Variación de total de órdenes encontrados en la Microcuenca del Río Alao



El gráfico 37, muestra el total de individuos recolectados en la microcuenca del Río Alao, en donde se contabilizaron un total de 1026 individuos, siendo los de mayor incidencia los del orden Ephemeroptera (468), seguidos por los de Coleóptera (282) y Annelida (95), Trichoptera (91). Mientras que los órdenes Díptera (80), además se tienen individuos no-insectas como Crustáceos (9) y Plechoptera (3) individuos.

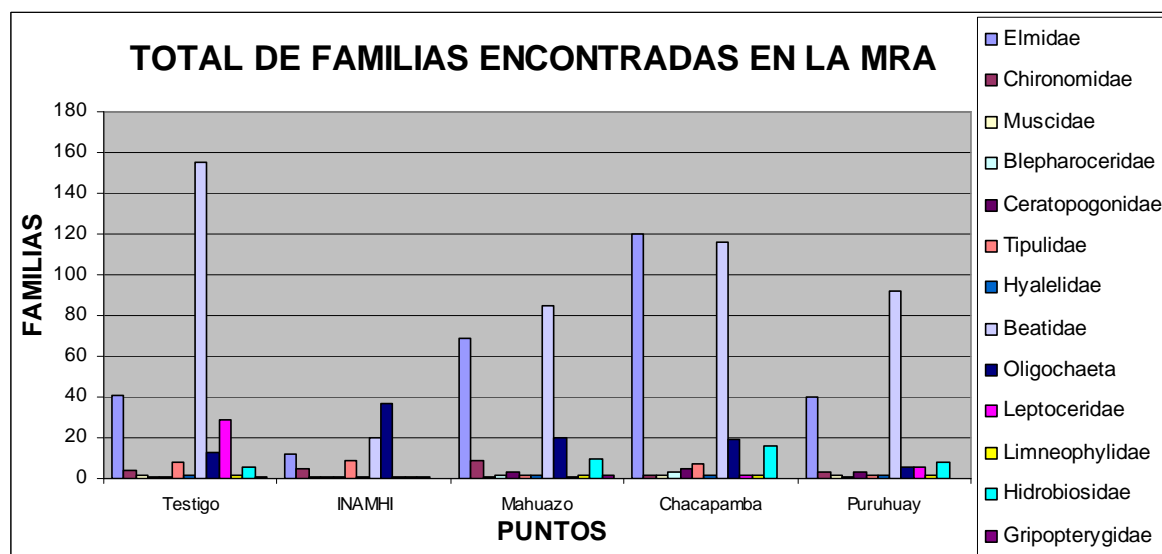
En el gráfico indica que el orden Ephemeroptera, presentó una mayor abundancia en los puntos de monitoreo testigo y Chacapamba, mientras que en los demás puntos de monitoreo presentan menor abundancia, seguido el orden Coleóptera, si tiene en cuenta que el agua de los puntos de monitoreo se encuentran clasificadas según el índice EPT dentro del rango de buena y regular calidad, mostrando condiciones intermedias, se puede suponer que las características que presentan estos puntos de monitoreo, permiten el establecimiento de comunidades de macroinvertebrados especialmente de estos dos órdenes, relacionando con la mediana actividad antrópica que se da en la zona de estudio.

En cuanto al número de individuos para el orden Plecóptero, un individuo en el testigo y 2 en el Mahuazo.

El mayor número de individuos colectadas para el orden Trichoptera se obtuvo en los puntos de monitoreo testigo, Mahuazo, Chacapamba y Puruhuay (39), (13), (20) y (16) respectivamente, y el menor número de individuos fue encontrado en el punto de monitoreo INAMHI con un total de tres individuos.

Adicionalmente a los macroinvertebrados recolectados, se hallaron Crustáceos y Anélidos, el primero de ellos se encontraron en los puntos de monitoreo testigo, INAMHI, Mahuazo, Chacapamba y Puruhuay (2), (1), (2), (2) y (2) respectivamente. Y el segundo de ellos con 95 individuos en lo puntos testigo, INAMHI, Mahuazo, Chacapamba y Puruhuay.

Según los indicadores de buena calidad de agua ETP (Ephemeroptera, Trichopteros y Plecópteros) que sumados dieron un total de 562 individuos que significan la mayor abundancia, que al orden de los dípteros que son indicadores de mala calidad de agua excepto el orden Blepharoceridae, no se encontraron en valores tan altos, lo que indica que la contaminación existente en la Microcuenca del Río Alao no es tan alta.

Gráfico 38. Total de familias encontradas en la Microcuenca del Río Alao

En el gráfico No 38, se muestra el número total de familias encontrados en la Microcuenca del río Alao fue de 13 familias, correspondiente a 7 ordenes, en los cuales la familia con mayor número de individuos fue la Baetidae (orden Ephemeroptera) con 468, cabe resaltar que esta familia es bioindicadora de buena calidad de agua; seguida de la familia Elmidae (Coleóptera) con 282, Leptoceridae (39), Hidrobiosidae (41),

Luego encontramos a la tipulidae (28), Chironomidae (23), Ceratopogonidae (13), Hyalelidae (9), Limnephylidae (9), luego encontramos a los Muscidae (8), Blepharoceridae (8) que pertenecen a la familia de los Dípteros.

En menor cantidad se encontró la familia de Gripopterygidae con 3 individuos, esta familia es la más sensible, así que apenas se presenta contaminación es la primera en desaparecer.

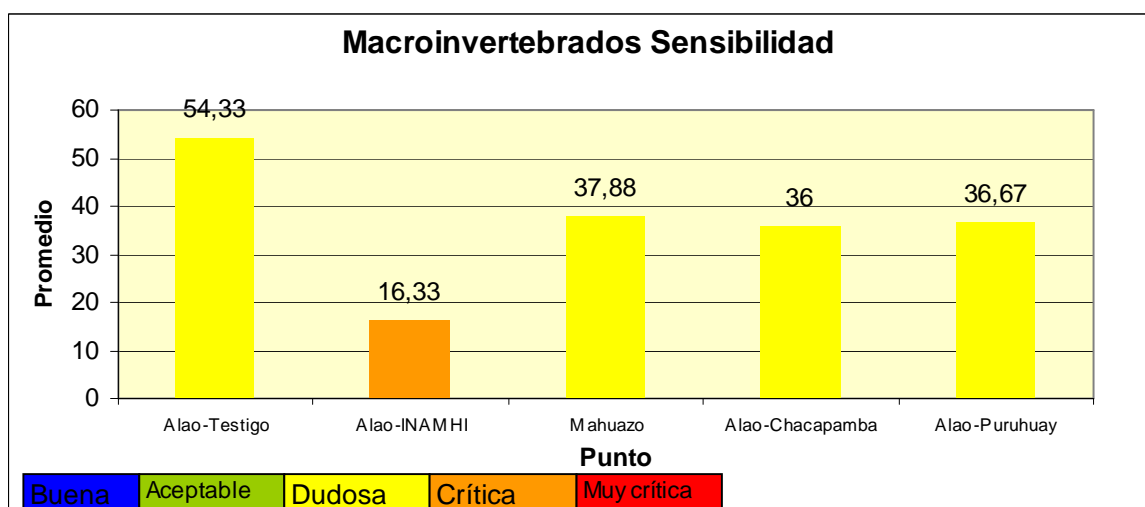
B. Análisis de sensibilidad (BMWP/Col Roldan 2003)

Cuadro 59. Valores de ordenes y familias de los organismos encontrados en los puntos de monitoreo

| CODIGO | RIO | PROMEDIO % | Calidad |
|---------------|------------|-------------------|----------------|
| AT | Testigo | 54,33 | Dudosa |
| AI | INAMHI | 16,33 | Crítica |
| AM | Mahuazo | 37,88 | Dudosa |
| ACH | Chacapamba | 36 | Dudosa |
| AP | Puruhuay | 36,67 | Dudosa |

Fuente: BAUTISTA, K (2009)

Gráfico 39. Variación de de macroinvertebrados (BMWP/Col Roldan 2003) en los puntos de monitoreo



El gráfico 39, muestra que de acuerdo a la presencia de macroinvertebrados encontrados en la zona de estudio y a sus respectivos puntajes BMWP/Col, presentando así el grado de sensibilidad que presentaron los diferentes puntos de monitoreo de la MRA y según los valores presentados en el cuadro 60, todos recaen en una valoración de 36-60 dando una calidad de agua dudosa cuya referencia significa que son aguas moderadamente contaminadas.

El caso particular del punto INMHI tiene un valor de 16,33% que según la misma tabla tiene una valoración de crítica o sea muy contaminada lo cual deja entrever las actividades antrópicas que se encuentran realizando en este punto, así como las descargas domésticas y también se le adiciona a los pozos sépticos que recaen directamente al río haciendo que la presencia de macroinvertebrados de calidad se reduzcan.

E. ANALISIS DE LAS CONCESIONES

1. Oferta hídrica del río Alao.

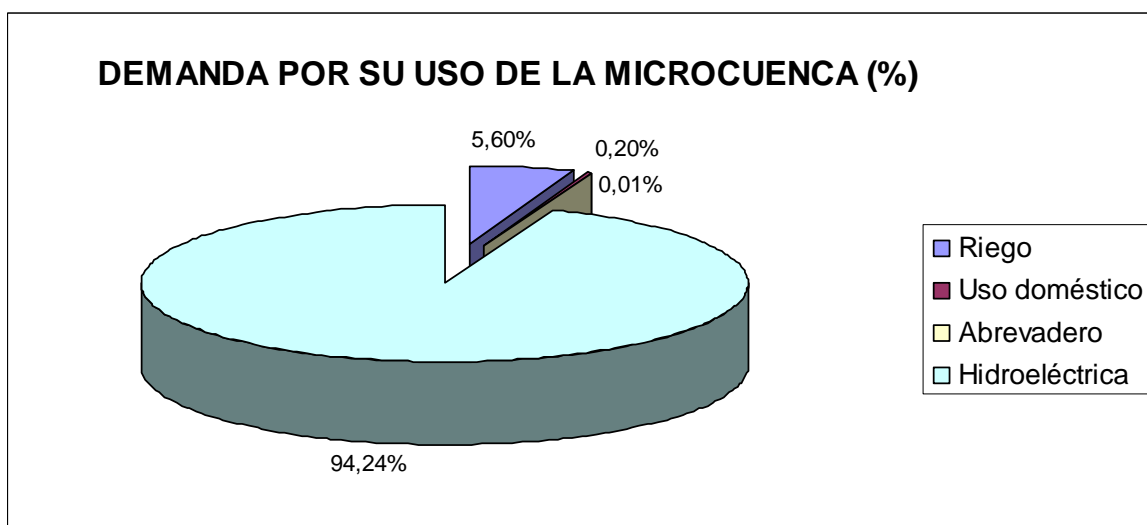
La oferta hídrica en el punto de monitoreo Puruhuay representa la descarga del Río Alao al río Chambo.

Para determinar la oferta hídrica del Río Alao, es necesario analizar los caudales concesionado existente en la microcuenca, para lo cual se recopiló información de las concesiones que se encuentran registradas en la Agencia de Aguas Chimborazo.

Cuadro 60. Demanda por usos de la Microcuenca del Río Alao

| JURISDICCIÓN | CUENCA | SUBCUENCA | USO | CAUDAL (l/s) | % | Uso |
|------------------------------|---------|------------|-----|-----------------|---------------|----------------|
| CHIMBORAZO | Pastaza | Río Chambo | R | 266,96 | 5,591 | Riego |
| CHIMBORAZO | Pastaza | Río Chambo | D | 7,21 | 0,151 | Uso doméstico |
| CHIMBORAZO | Pastaza | Río Chambo | A | 0,69 | 0,0144 | Abrevadero |
| CHIMBORAZO | Pastaza | Río Chambo | H | 4500 | 94,243 | Hidroeléctrica |
| Total litros | | | | 4774,86 | 100,00 | |
| Total m³/s | | | | 4,775 | | |

Fuente: Tomado de la base de concesiones de Cebadas, Agencia de Aguas Riobamba

Gráfico 40. Demanda por uso de la Microcuenca del Río Alao.

Como se observa en el gráfico No 40 las adjudicaciones de la microcuenca la posee en un 0,014 % (0,69 L/s) para abrevadero, un 0,20 % (7,21 L/s) para uso doméstico, un 5,60% (266,96 L/s) para riego, mientras que la mayor utilización del agua en la microcuenca es para la hidroeléctrica (EERSA), la cual utiliza el 94.24 % (4500 L/s).

2. Índice de escasez de la oferta respecto a la demanda

De acuerdo al índice de escasez de la oferta respecto a la demanda tenemos el siguiente cuadro.

Cuadro 61. Índice de escasez respecto a la oferta.

| Microcuenca Nombre | Oferta media (m ³ /s) | Caudal concesionado en Uso (m ³ /s) | Caudal Concesionado aproximado (fc) (m ³ /s) | Oferta Total (m ³ /s) | Oferta Neta (m ³ /s) | Índice de escasez % | Apreciación de la escasez |
|-----------------------|--|---|---|--|---------------------------------------|------------------------------|---|
| Río ALAO | 4,83 | 4,775 | 3,82 | 8,65 | 5.17 | 55,20 | Demanda alta con respecto a la oferta |

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 $4,83 \text{ m}^3/\text{s}$, información obtenida durante los seis meses de monitoreo.

La oferta hídrica total es de $8.65 \text{ m}^3/\text{s}$, 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 $3.82 \text{ m}^3/\text{s}$.

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 $5.17 \text{ m}^3/\text{s}$ como oferta neta.

Según DÍAS, P (2007), el **índice de escasez** 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 escasez 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 escasez supere el 50% significa que existen caudales concesionados o en uso alto con respecto a la oferta, cuyo caudal corre el peligro para mantener el régimen hídrico mínimo.

La microcuenca del Rio Alao presenta una oferta total de $8.65 \text{ m}^3/\text{s}$ y el caudal concesionado en uso es de $4,775 \text{ m}^3/\text{s}$ que según el índice de escasez de la oferta sobre las

concesiones es alta con respecto a la demanda, 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.

Se investigó en campo y en la Ley de Aguas el procedimiento legal de adjudicaciones, para conocer el funcionamiento de los procesos. y sistematizar la mayor información.

Se logró recaudar y analizar información con la Agencia de Aguas – Riobamba (SENAGUA), obteniendo las concesiones de agua adjudicadas en la microcuenca del río Alao, se realizó un procesamiento determinando demanda hídrica resultado de los procesos de adjudicación.

Los pasos para adquirir una Concesión de Aguas son los siguientes

1. CONCESIÓN de aguas/ Fundamento Legal: Art. 86 y siguientes de la ley de aguas vigente.

La concesión de un derecho de aprovechamiento de aguas, estará condicionado a la disponibilidad del recurso hídrico y a las necesidades reales del objeto al que se destina.

Requisitos:

Para más de 5 personas

- Conformar el directorio (Art. 29 del reglamento de aplicación de la Ley de aguas)
- Copia del Acta de Elección del Directorio.
- Copia de los documentos personales del Presidente del Directorio de aguas.
- Estudios Técnicos y Croquis de la zona beneficiario (Art.86, literal g de la ley de Aguas)
- Tasa Judicial VALOR 8 dólares
- Escrito con el patrocinio de un Abogado.

Para menos de 5 personas

- Copia de los documentos personales del beneficiario.
- Estudios Técnicos y Croquis de la zona beneficiario (Art. 86, literal g de la ley de Aguas)
- Tasa Judicial. VALOR 8 dólares.
- Estudio con el patrocinio de un Abogado.

2. SERVIDUMBRES / Fundamento legal: Art. 6 Ley de Aguas vigente, Art. 131 y siguientes del Reglamento de Aplicación de la Ley de Aguas.

El concesionario de un derecho de aprovechamiento de aguas tiene igualmente la facultad de constituir las servidumbres de tránsito, acueducto y conexas. Está obligado a efectuar las obras necesarias para ejercitar tales derechos.

Requisitos:

- Estudios Técnicos (Croquis o mapas de la zona, fotografías determinando la modificación , obra o servidumbre que se ejecutará, presupuestos estimado etc.)
- Copia del nombramiento (Personería Jurídica) emitido por el CNRH Agencia de Aguas (Actualizado).
- Copia de los documentos personales.
- Tasa Judicial VALOR 8 dólares.

3. ESCRITO DE ADHESIÓN A UNA CONCESIÓN DE AGUAS

Cuando se ha iniciado un trámite de Concesión de aguas sin considerar en la demanda a otros usuarios que vienen utilizando el recurso hídrico del mismo cause común, se presentará la Adhesión: (unirse a la demanda inicial), para que mediante sentencia emitida por el titular de la Agencia de Aguas sean considerados como usuarios de un mismo trámite.

Requisitos:**Para más de 5 personas**

- Escrito de Adhesión con Abogado.
- Más los Requisitos de una concesión.

TRASPASO (Transferencia) del derecho y uso de aprovechamiento de aguas/Fundamento
Lega: Art.5 Ley de Aguas vigente.

Requisitos

:

- Escritura pública original:(Compra y Venta, Herencia o Posesión Efectiva)
- Copia de la lista del padrón de usuarios que reposa en la Agencia de Aguas)
- Si es viudo/a, certificado de defunción.
- Copia del certificado de defunción
- Copia de la Sentencia de Agua.
- Copia de los Documentos personales del interesado.
- Certificado del Directorio de Aguas, que justifique la transferencia.
- Copia de la última carta de pago del agua emitida por el CNRH Agencia de Aguas.
- Tasa Judicial. VALOR 8 dólares.

4. RENOVACIÓN Sentencia de Aguas**Requisitos:**

- Copia de Sentencia de Agua
- Copia del nombramiento (Personería Jurídica) emitido por el CNRH Agencia de Aguas (Actualizada).
- Copia de la Carta de Pago emitido por la Agencia de Aguas
- Copia de los documentos personales del Presidente del Directorio.
- Tasa Judicial VALOR 8 dólares.

5. LEGALIZACION DEL DIRECTORIO (Cada Año)

Legalizar la directiva y obtener el nombramiento emitido por la Agencia de Aguas cada año.

Requisito:

- Copia de la carta de pago.
- Original y copia del Acta de Elección de la Asamblea.
- Copia de la Sentencia.
- Lista del Padrón de Usuarios.
- Escrito dirigido a la Agencia de Aguas solicitando la legalización del Directorio.

6. Asesoría en la elaboración de los ESTATUTOS y REGLAMENTOS

Son normas locales que se discuten en la Asamblea General de usuarios por tres ocasiones en fechas distintas, cuyo objetivo es mejorar la organización y desempeño de los usuarios de aguas en sus Juntas o Directorios.

Requisitos:

- Copia del nombramiento (Persona Jurídica) emitido por el CNRH
- Agencia de Aguas (Actualizada)
- Copia de los documentos personales.
- Copia de la Sentencia.
- Copia de la última carta de pago emitida por la Agencia de Aguas.
- Un oficio dirigido al titular de la Agencia de Aguas, solicitando su Aprobación.

7. DENUNCIAS/ Fundamento Legal: Art. 79 y siguientes de la ley de Aguas vigente Art. y siguientes del Reglamento de Aplicación de la Ley de Aguas vigente.

El trámite de Denuncia es presentado a al Agencia de Aguas, cuando un usuario incumple con lo estipulado por la Ley de Aguas o su Estatuto.

Introducción:

- A petición de parte o como representante de un Directorio o Junta de Aguas.
- Copia de los documentos personales.
- Copia de la Sentencia.
- Copia del nombramiento (Personería Jurídica) emitido por el CNRH Agencia de Aguas (Actualizado)
- Tasa Judicial VALOR 8 dólares.

VI. CONCLUSIONES

- A. En la zona alta de la Microcuenca del Río Alao se encontró páramos en un 70% de pajonales 15% y pasto introducido 15%, con un suelo de textura limosa, que tiene un drenaje bueno, con un régimen de humedad UDICO y una pendiente que esta comprendida entre 5 y 25%. Por lo tanto esta es una zona que aún mantiene casi en su totalidad las características naturales propias de páramo protegidas por un manto de pajonal aún intacto en su mayor parte.
- B. En la zona media existe un 20% de páramo, un 40% de pasto introducido, además se presentan cultivos como papa, cebolla colorada, haba y maíz en un 12%, 4%, 2% y 2% respectivamente, además se encontró pasto nativo (10%), bosque introducido (5%) y bosque nativo (5%), con una texturas franca, la cual presenta un drenaje bueno, un régimen de humedad UDICO y pendientes mayores al 12%. Y arcillas, que poseen un drenaje malo, un régimen de humedad PERUDIC, con una pendiente menor al 12%. Características que hacen notar que se ha reducido el páramo y por ende la capacidad de infiltración de agua, la vegetación existente y las malas prácticas agrícolas hacen que el suelo se desgaste y empiece una erosión hídrica por tanto empieza a haber pérdidas de agua por escurrimiento.
- C. En la zona baja se encontró un 5% de bosque nativo, bosque introducido (10%), pasto nativo (2%), pasto introducido (13%), además cultivos como haba (14%), maíz (21%), papa (14%), zanahoria (7%), alfalfa (10,5%) y remolacha (3,5%), con un suelo de textura franca arenosa la cual presenta un régimen de humedad USTICO, con un drenaje bueno y una pendiente entre 5%. la profundidad de la capa arable y del manto freático es > 1 m. en casi toda su área. En este sector, 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. La lenta permeabilidad, por su textura fina (francas arenosas), favorece a que en ciertas áreas planas se de inundaciones frecuentes que afectan moderadamente el desarrollo.

- D. En la parte alta del sector de Mahuazo se encontró páramos en un 80%, matorral chaparro en un 14% y vegetación de páramo en un 6%, con suelos de textura limosa que tiene un drenaje bueno, con un régimen de humedad UDICO y una pendiente que esta comprendida entre 5 y 25%. En donde se puede observar intervención aunque manteniendo la mayor parte de las características del páramo protegidas por un manto de pajonal que evidencia que posee una buena capacidad de infiltración y una incidencia mínima de evaporación por parte del suelo.
- E. En la parte media hay páramo con un 20%, pasto cultivado con un 30% además se presentan cultivos de ciclo corto en su mayoría con un 50%, con texturas franca, la cual presenta un drenaje bueno, un régimen de humedad UDICO y que presentan pendientes mayores al 12% y arcillas, que poseen un drenaje malo, un régimen de humedad PERUDIC, con una pendiente menor al 12% En esta zona la quema de pajonales se está incrementando ya que en las partes bajas de la microcuenca el desgaste de los suelos está provocando infertilidad en los mismos y buscan suelos en mejores condiciones para realizar sus prácticas agrícolas introduciendo maquinaria para la preparación del suelo provocando perdidas del suelo por erosión hídrica y eólica.
- F. El porcentaje de humedad en la Microcuenca del Río Alao, encontrado en el bosque joven de eucalipto en sus dos pruebas fue de 8,19% y 14,6%, debido a que al sembrar estos bosque y mientras crecen dejan el suelo desnudo y este entra en contacto con los rayos solares los cuales provocan la evaporación del mismo y por ende no se encuentra tanta humedad presente en el suelo, por lo tanto a pesar que se presentan buenas cantidades de precipitaciones suelo contiene un menor grado de humedad.
- G. El cultivo de papa presentó un % de humedad del 28,13 % en el cual se produce el mismo efecto de evaporación por parte del suelo y menor transpiración de las plantas, en el bosque de pino y el natural cuyos valores son 34,06 y 34,66 % °respectivamente. que son valores altos ya que el agua proveniente de las precipitaciones no cae directamente al suelo sino que es amortiguado por la

vegetación hasta llegar al suelo para ser almacenado y la densa cubierta del suelo no permite que se evapore.

- H. Los valores más altos de humedad los presentaron en el páramo (40,12%) y pasto (48,07%) debido a la capacidad de infiltración que posee y a que en esta zona existe mayor transpiración de la planta y menor evaporación por parte del suelo por las características propias de esta vegetación y las precipitaciones que se registran a nivel de toda la microcuenca.
- I. En el sector de Mahuazo, en el páramo presentó un 42,032% de humedad y el pasto un 40%. Siendo valores altos presentados en dichos ecosistemas debido a que en su suelo la textura retiene el agua, junto con la densa cubierta vegetal que posee no permite la evaporación.
- J. La oferta hídrica media en el Chacapamba tienen un promedio de 2,13 m³/s, el caudal más alto fue de 2,04 m³/s con una precipitación de 165,5 mm y el más bajo con 1,18 m³/s. En el punto Puruhuay hay una media igual a 4,8 m³/s, el caudal más alto fue de 7,07 m³/s, con una precipitación de 165,5 mm que también fue la más alta, el caudal menor fue de 1,69 m³/s. En el Mahuazo una media de 1,5 m³/s, el caudal más alto fue de 1,8 m³/s y el más bajo fue de 1,31 m³/s. En la estación del INAMHI se encontró una media igual a 5 m³/s, el caudal más alto fue de 6,91 m³/s, con una precipitación de 165 mm y el más bajo fue de 3,1 m³/s.
- K. De acuerdo al índice de calidad de agua (WQI), los puntos de monitoreo Testigo, Mahuazo, Chacapamba, Puruhuay presenta un índice de calidad de agua **Buena** con valores de (80%), (80%), (74%), (73%), respectivamente. Mientras que el punto de monitoreo INAMHI, presentan un índice de calidad del agua **Regular** con un valor de 69%. Lo cual permite determinar los diferentes usos que se puede destinar el agua de la Microcuenca Río Alao.

- L. Según el índice EPT los puntos de monitoreo Testigo, Mahuazo, Chacapamba, Puruhuay poseen una calidad de agua **Buena** con valores de (68,47%), (54,38%), (51,25%), (50,50%), respectivamente. Mientras que el punto de monitoreo INAMHI, encontramos una calidad de agua **Regular** con un valor de 21,31%.
- M. Según los macroinvertebrados encontrados, y de acuerdo a los puntajes BMWP/Col y la clasificación de calidad de agua dada por Roldán (2003), los puntos de monitoreo Testigo, Mahuazo, Chacapamba, Puruhuay poseen una calidad de agua **Dudosa** que son aguas moderadamente contaminadas con valores de (54,33%), (37,88%), (36%), (36,67%) respectivamente. Y el punto de monitoreo INAMHI encontramos una calidad de agua **Critica** que son aguas muy contaminadas con un valor de 16,33%.
- N. Según la agencia de aguas (SENAGUA) las adjudicaciones de la microcuenca la posee en un 0,014 % (0,69 L/s) para abrevadero, un 0,20 % (7,21 L/s) para uso doméstico, un 5,60% (266,96 L/s) para riego, mientras que la mayor utilización del agua en la microcuenca es para la hidroeléctrica (EERSA), la cual utiliza el 94.24 % (4500 L/s). El caudal total concesionado en uso es de 4,775 m³/s que según el índice de escasez de la oferta sobre las concesiones es alta con respecto a la demanda, 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.
- O. La oferta hídrica total de la microcuenca es de 8.64 m³/s, la misma que se obtiene de sumar la oferta media 4,8 m³/s y el caudal concesionado aproximado que es 4,775 m³/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 Río Alao en esta investigación es de 5,17 m³/s.

VII. RECOMENDACIONES

- A. Es necesario realizar actividades de protección, como las prácticas de conservación de suelos ya que la ampliación de la frontera agrícola es uno de los mayores problemas de estas zonas pues al invadirla y el incremento de pastizales para la silvicultura y ganadería extensiva y semi-extensiva sin un adecuado uso y manejo de sus suelos, a más de disminuir las zonas de páramo provoca desgaste de los suelos que en lo posterior será muy perjudicial para el mantenimiento de la microcuenca.
- B. Es necesario intensificar y mejorar procesos de planificación en los que se capacite a las personas que viven en estos sectores acerca del mantenimiento de cuencas hidrográficas y recurso hídrico hasta en lo posible incorporarlos como un modo de vida, ya que las alteraciones en la cobertura vegetal, el aumento de la contaminación y la destrucción de las fuentes de agua provocan cambios en el comportamiento hidrológico
- C. Las universidades e instituciones del gobierno deberían ocuparse en incrementar el conocimiento, tanto del recurso como de los escenarios en los cuales éstos se encuentran y que vienen definidos bajo los esquemas de las cuencas hidrográficas, unidades territoriales naturales que deben constituirse en la base de nuestro desarrollo nacional.
- D. Se recomienda continuar con los estudios de aforamientos en la microcuenca del Río Alao, para empezar a entender su comportamiento y tener una mejor perspectiva de su uso en tiempo y espacio. Además el monitoreo de caudales debe ir acompañado de la medición de precipitaciones en distintos ecosistemas de la microcuenca para estudiar la estrecha relación existente entre ambas.

- E. Es necesario, a más de los parámetros físico-químicos proporcionados por el kit de calidad de agua obtener el valor de DBO_5 en el laboratorio para establecer el índice ICA que nos permitirá establecer el grado de contaminación del agua a la fecha del muestreo.

- F. La aplicación de los métodos EPT y BMWP son buenos indicadores de la calidad del agua, dada la simplicidad por el nivel taxonómico requerido (familia), y por el ahorro en términos de tiempo y costo pero la utilización de estos análisis es necesario realizar una tabla referencial para zonas de alta montaña y la tabla referencial que se utilizó es la de bioindicadores de climas templados.

- G. Realizar este estudio nuevamente por lo menos en un año consecutivo para determinar la diferencia existente en diferentes estaciones del año para obtener mayor y mejor información con la que se tenga una visión más clara de la presencia de macroinvertebrados, especialmente en épocas de estiaje.

- H. Por otra parte las actuales adjudicaciones ponen a la microcuenca en peligro de disminuir su nivel normal ya que su oferta total actual de $8,65 \text{ m}^3/\text{s}$ y las adjudicaciones son de $4,77 \text{ m}^3/\text{s}$ Pues a más de captar casi el 50% de su caudal en adjudicaciones, su hábitat corre peligro evidenciando que sobrepasaría los límites mínimos de caudal ecológico que sería $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$.

VIII. RESUMEN

En la presente investigación se propuso: el “*Estudio del aprovechamiento hídrico de la Microcuenca del Río Alao desde los usos de concesión*”. En la Provincia de Chimborazo; analizando las actividades antrópicas de la zona, encontrando que la capacidad hídrica de la microcuenca presenta un déficit del recurso agua. Determinando que la oferta hídrica total es de 8.65 m³/s y la oferta hídrica neta es 5,17 m³/s. De acuerdo al índice de calidad de agua, en cinco puntos de monitoreo se estableció que: en cuatro (Testigo, Mahuazo, Chacapamba y Puruhuay) presentó una calidad buena, mientras que en uno (INAMHI) presentó una calidad regular. Según el índice EPT los puntos de monitoreo Testigo, Mahuazo, Chacapamba, Puruhuay poseen una calidad de agua buena e INAMHI regular. Según el índice BMWP/Col, los puntos de monitoreo Testigo, Mahuazo, Chacapamba, Puruhuay poseen una calidad de agua dudosa, e INAMHI crítica. Según las adjudicaciones de la agencia de aguas (SENAGUA) la microcuenca posee 0,014 % para abrevadero, 0,20 % para uso doméstico, 5,60% para riego y 94.24 % para la hidroeléctrica, en total 4,775 m³/s que según el índice de escasez (55.20%) de la oferta sobre las concesiones es alta con respecto a la demanda. Tomando en cuenta la capacidad regenerativa natural de la microcuenca se establece que con un manejo adecuado de la frontera agrícola y educación ambiental, garantiza el abastecimiento natural del caudal necesario para cumplir poco a poco la necesidad hídrica del sector así como el mejoramiento de la calidad del agua.

IX. SUMMARY

In the present investigation was proposed: the "Study of water use in the watershed of the Rio Alao from grant applications. In the province of Chimborazo, analyzing human activities in the area, finding that the water capacity of the watershed shows a deficit of water resources. Determining that the total water supply is 8.65 m³ / s and the water supply net is 5.17 m³ / s. According to the index of water quality at five monitoring sites was established that: in four (Witness, Mahuazo, Chacapamba and Puruhuay) presented a good quality, while one (INAMHI) presented a fair quality. According to the EFA index monitoring points Witness Mahuazo, Chacapamba, Puruhuay have good water quality and regular INAMHI. According to the index BMWP / Col, monitoring points Witness Mahuazo, Chacapamba, Puruhuay have questionable water quality, and INAMHI criticism. According to agency adjudications waters (SENAGUA) the watershed has 0,014% to trough, 0.20% for domestic use, 5.60% to 94.24% for irrigation and hydropower in total 4.775 m³ / s according to the index lean (55.20%) of the bid on concessions is high on demand. Taking into account the natural regenerative capacity of the micro-states that with proper management of the agricultural frontier and environmental education, ensures the supply of natural flow necessary to gradually meet the water needs of the sector and improving the quality of water.

X. BIBLIOGRAFÍA

1. CALLES, J. A. 2007. Manual básico de monitoreo de la calidad del agua. Monitoreo físico-químico, microbiológico, biológico e hidrológico. Fundación Natura-Programa GLOWS. Quito. Ecuador. 49 pp.
2. VÁZQUEZ, G. et al. Bioindicadores como herramientas para determinar la calidad del agua, Depto. El Hombre y su Ambiente, UAM
gavaz@correo.xoc.uam.mx
3. Organización Internacional de Normalización, 1979: Liquid Flow Measurement in Open Channels: Velocity-area Methods. Segunda edición, ISO 748, Ginebra.
4. Organización Meteorológica Mundial, 1986: *Methods of Measurement and Estimation of Discharges at Hydraulic Structures*. Informe de hidrología operative N° 26, OMM-N° 658, Ginebra.
5. SANZ RONDA F.J. y MARTÍNEZ DE AZAGRA, A., 1999: Utilización de la inventariación fluvial en la aplicación de la metodología IFIM. Libro de actas del “I Congreso de Caudales Ecológicos”, Terrassa.
6. HENAO, JESÚS; Introducción al manejo de Cuencas Hidrográficas, USTA.
www.imacmexico.org/ev_es.pHp?ID=17469_208&ID2=DO_TOPIC
7. HERAS, RAFAEL, Curso de Hidrología para Ingenieros, España, 1983.
8. IDEAM. Subdirección de Hidrología, Modelo Conceptual del Sistema de Información Ambiental - Componente Hidrológico. Santa Fe de Bogotá. 1997.
9. IDEAM. Subdirección de Hidrología, Modelo Conceptual del Sistema de

Información Ambiental - Componente Hidrológico. Santa Fe de Bogotá 1997.

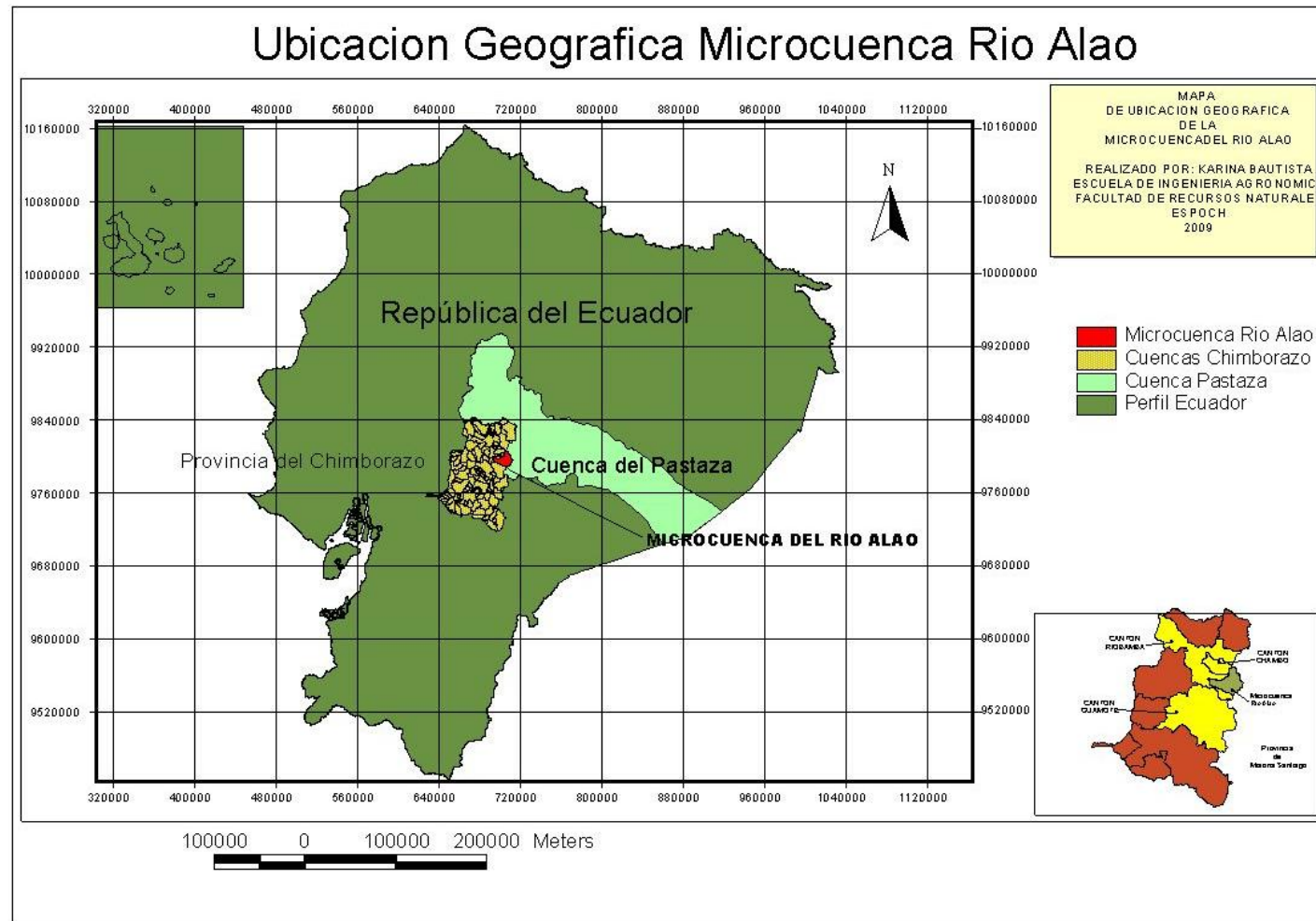
10. IDEAM. Estudio Nacional del Agua. Balance Hídrico y Relaciones Oferta - Demanda en Colombia. Primera versión. Santa Fe de Bogotá. 1998
11. SEMINARIO DE CUENCAS HIDROGRAFICAS 2o. 1972, jun. 4-10: Cúcuta, Colombia. Título: Conclusiones Segundo Seminario de Cuencas Hidrográficas.
12. Matriz de Leopold. www.ut.edu.co/fif/0941/mpf/eia.doc
13. FAO (aquastat, 2003), www.fao.org/ag/agl/AGLW/aquastat/log/indexesp.stm - 19k
14. <http://www.unesco.org/uy/phi/libros/VIJornadas/A13.pdf>
15. www.ine.gob.mx/dgoece/cuencas/conceptos.html - 31k
16. www.eraecologica.org/revista_16/cuenca_hidrografica.htm - 16k
17. Programa Nacional de Manejo de **Cuencas Hidrográficas** y Conservación de Suelos. www.pronamachcs.gob.pe/
18. www.minambiente.gov.co/viceministerios/ambiente/dir_ecosistemas/cuencas.asp
19. DÍAZ, P (2008) Tesis **Inventario De Caudales, Para Establecer La Oferta Hídrica En Los Afluentes De Las Microcuencas De La Zona Sur Oriental De La Subcuenca Alta Del Rio Chambo**.
20. CARRERA, C. y FIERRO, K. (2001). Manual de monitoreo: Los Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. Ecociencia. Quito

21. FIGUEROA, A. (2004), Macro invertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua VI Jornadas del CONAPHI-CHILE
<http://www2.udec.cl/~rfiguero>
22. HENAO, J. (1988), Introducción al manejo de Cuenca Hidrograficas. Universidad Santos Tomas. Bogota. 31-44pp.
23. LUJÁN, A. (2000), Las algas, indicadores de la calidad del agua. Interciencia, UNRC, Río Cuarto, 4(4). Fac. de Ciencias Exactas, Dpto. de Ciencias Naturales, UNRC.
24. MOYA, N. (2006) Índice multimétrico de integridad biótica para la cuenca del Río Chipiriri. Tesis de maestría en ciencias biológicas y biomédicas. UMS La Paz-Bolivia
25. MELCALFE, J. (1989) Biological Water Quality Assessment of Running Water Based on Macroinvertebrate Communities: History and Present Status in Europe. Environmental Pollution 60 (1989) 101-139
26. ROMERO, J. 2002. Calidad del Agua. Primera Edición. Editorial Nomos S.A. Bogotá – Colombia.. Pag. 281-292; 335-349.
27. SEGOVIA, J. (2005). Módulos de Cuencas. ESPOCH-PECESI. Riobamba-Ecuador.
28. TORO, J., J. SCHUSTER, J. KUROSAWA, E. ARAYA & M. CONTRERAS. (2003). Diagnostico de la calidad del agua en sistemas loticos utilizando diatomeas y macro invertebrados bentónicos como bioindicadores Río Maipo (Santiago:Chile) Ed. Sociedad Chilena De Ingeniería Hidráulica XVI Congreso Chileno De Ingeniería Hidráulica Bervoets, L. 1996

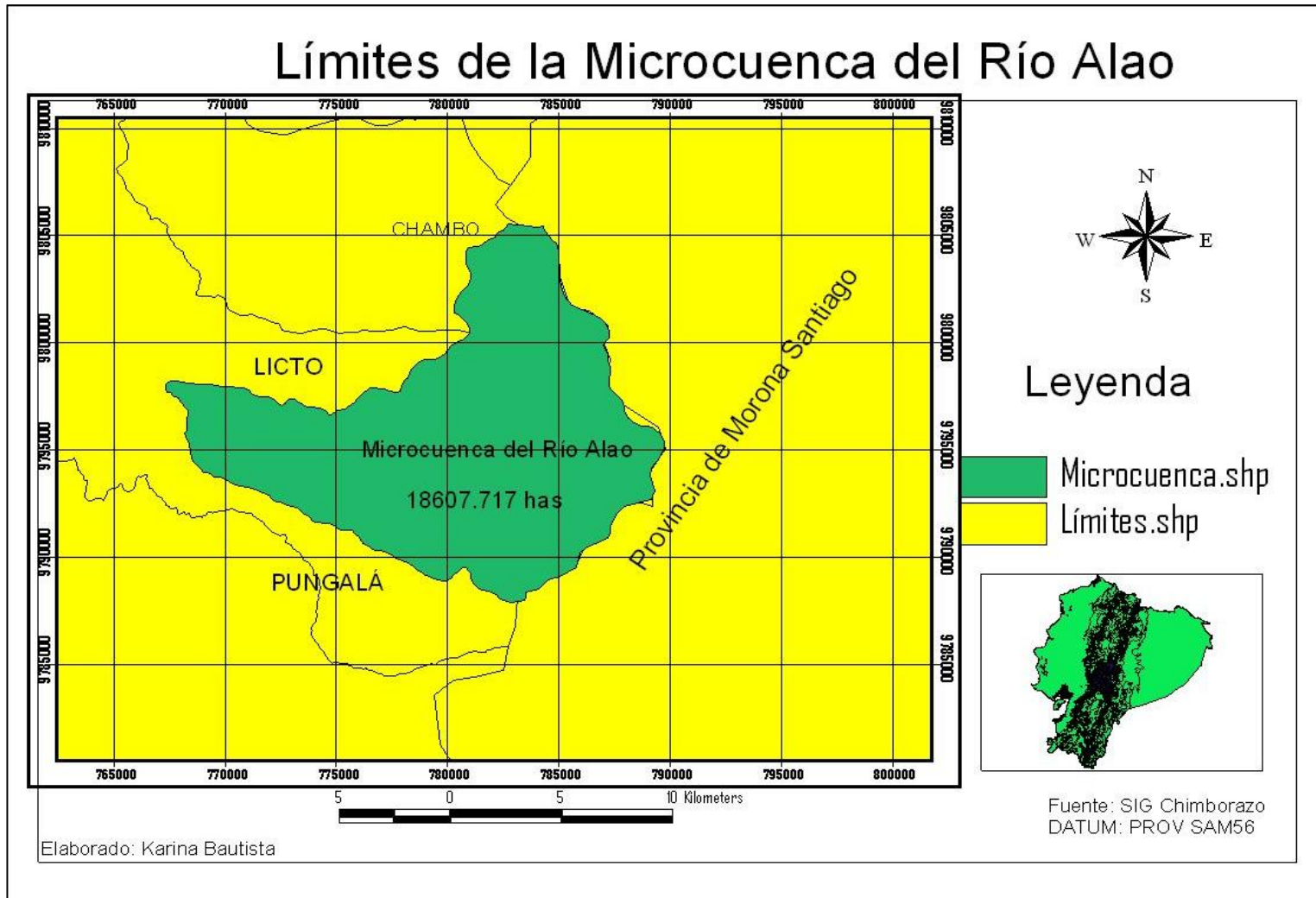
29. Acosta, I .2008. (en línea). Consultado el 3 de Junio de 2008. Disponible en <http://www.campesinos%20y%20subdesarrollo.pdf>
30. AGROECOSISTEMA. 2008. Wikipedia, la enciclopedia libre. (en línea). Consultado el 20 de Marzo de 2009. Disponible en <http://es.wikipedia.org/wiki/Agroecosistema>
31. <http://www.minag.gob.pe/hidro.shtml>
32. <http://educasitios.educ.ar/grupo068/?q=node/42>
33. <http://www.monografias.com/trabaos16/cuenca-parana/cuenca-parana.shtml>
34. <http://www.monografias.com/trabajos5/anagua/anagua.shtml>
35. <http://water.usgs.gov/gotita/earthriverssed.html>
36. <http://www.lenntech.com/home.htm>
37. <http://www.ideam.gov.co/indicadores/calidad.htm>
38. <http://water.usgs.gov/pubs/FS/fs-027-01/index.html>

XI. ANEXOS

ANEXO 1. Ubicación geográfica de la Microcuenca del Río Alao.



ANEXO 2 Límites de la ubicación geográfica de la Microcuenca del Río Alao.



ANEXO 3. Matriz de caracterización de microcuencas

| CARACTERIZACIÓN DE MICROCUENCAS | | | | | | | | | |
|---|--|-------------------|--|-----------------|-------|--|-----------------|-------|--|
| REGISTRO DE CAMPO | | | | | | | | | |
| Microcuenaca | Alao | Parroquia: | | Canton: | | | | | |
| Subcuenca: | Rio Chambo | Cuenca: | Pastaza | Latitud: | _____ | | | | |
| | | | | Long: | _____ | | Altitud: | _____ | |
| Investigación: | ESTUDIO DEL APROVECHAMIENTO HIDRICO DE LA MICROCUENCA DEL RIO ALAO DESDE LOS USOS DE CONCESIÓN | | | | | | | | |
| Responsable: | Egresada Karina Rosana Bautista Rojas | | | | | | | | |
| Registro llenado por: | KARINA BAUTISTA | | | | | | | | |
| Fecha: | | Hora: | | Mes: | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| CARACTERÍSTICAS DEL AREA DE ESTUDIO | | | | | | | | | |
| Uso del suelo predominante en los alrededores | | | Topografía: | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Bosque | <input type="checkbox"/> Urbano | | Plana <input type="checkbox"/> Ondulada <input type="checkbox"/> Quebrada <input type="checkbox"/> | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Rastrojo | <input type="checkbox"/> Potrero | | Número de viviendas _____ | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Agricultura | <input type="checkbox"/> Otro _____ | | Número aproximado de personas _____ | | | | | | |
| | | | Cantidad de animales | | | | | | |
| | | | Vacuno: _____ Bovinos: _____ Equinos: _____ Porcinos: _____ | | | | | | |
| | | | Tenecia de la tierra aproximada | | | | | | |
| Especificar cultivo(s) _____ | | | 2-5 ha <input type="checkbox"/> 6-10 ha <input type="checkbox"/> 10-19 ha <input type="checkbox"/> > 20 <input type="checkbox"/> | | | | | | |
| | | | Carreteras: | | | | | | |
| | | | Pavimentadas <input type="checkbox"/> 2do O. <input type="checkbox"/> 3do O. <input type="checkbox"/> | | | | | | |
| Identifique el tipo dominante y registre las especies predominantes | | | | | | | | | |
| Árboles <input type="checkbox"/> Arbustos <input type="checkbox"/> Rastrojo bajo <input type="checkbox"/> Pastos <input type="checkbox"/> Especie _____ | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------------------|--|-----------------|--|-----------------|-----------------|----------------|
| predominante: _____ | | | | | | | | | | |
| TEXTURA CAPA ARABLE | | | | PROBLEMAS DE EROSION | | % m | | Z. Alta | Z. Media | Z. Baja |
| TIPO | Z. Alta | Z. Media | Z. Baja | Laminar | | | | | | |
| Arenoso | | | | Suelo sin protección | | | | | | |
| Arcilloso | | | | | | | | | | |
| Franco arenoso. | | | | | | | | | | |
| Limoso | | | | Cárcavas y derrumbes | | | | | | |
| Roca madre | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| FUENTE DE TRABAJO | | | | | | | | | | |
| Zonas | | Pecuaría | | Ganadería | | Agrícola | | Forestal | | piscícola |
| Alta | | | | | | | | | | |
| Media | | | | | | | | | | |
| Baja | | | | | | | | | | |
| Consumo del producto | | | | | | | | | | |
| De donde viene el agua para el grifo | | | | | | | | | | |
| Cuanto de agua tiene consecionada | | | | | | | | | | |
| Observaciones: | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|--------|-------|
| 1983 | 47.0 | 96.8 | 132.7 | 127.2 | 169.7 | 51.2 | 73.1 | 74.3 | 96.4 | 43.2 | 22.6 | 41.1 | 975.3 | 81.2 |
| 1984 | 39.9 | 88.5 | 94.3 | 70.9 | 87.6 | 127.9 | 122.9 | 24.3 | 95.0 | 61.9 | 85.9 | 47.5 | 946.6 | 78.8 |
| 1985 | 32.7 | 49.1 | 95.6 | 149.4 | 130.2 | 85.5 | 135.2 | 29.7 | 86.6 | 41.8 | 25.5 | | | |
| 1986 | 92.1 | 112.9 | 102.1 | 148.5 | 648.9 | 437.1 | 18.7 | 56.3 | 55.2 | 78.7 | 73.0 | | | |
| 1987 | 13.8 | 163.6 | 67.7 | 143.7 | 169.4 | 62.5 | 107.1 | 121.0 | 101.9 | 93.0 | 27.3 | 88.9 | 1159.9 | 96.6 |
| 1988 | 34.8 | 108.1 | 92.3 | 97.2 | 135.2 | 118.4 | 199.4 | 111.5 | 112.6 | 131.9 | 70.3 | 19.8 | 1231.5 | 102.6 |
| 1989 | 69.9 | 72.8 | 206.1 | 70.4 | 116.3 | 147.5 | 80.4 | 18.6 | 95.6 | 17.6 | 28.4 | | | |
| 1990 | 62.0 | 47.9 | 61.3 | 83.1 | 67.4 | 134.8 | 74.3 | 102.5 | 64.4 | 37.5 | | | | |
| 1991 | 28.0 | 54.8 | 58.9 | 54.8 | 95.4 | 80.3 | 63.5 | 18.8 | 50.0 | 68.3 | 22.7 | | | |
| 1992 | 45.3 | 79.2 | 96.1 | 116.1 | 68.9 | 57.2 | 94.4 | 42.8 | 75.0 | 27.7 | 54.6 | 24.4 | 781.7 | 65.1 |
| 1993 | 49.7 | 69.3 | 183.5 | 107.2 | 11.6 | 74.1 | 130.7 | 68.9 | 45.4 | 78.3 | 46.3 | 75.1 | 940.1 | 78.3 |
| 1994 | 49.3 | 45.0 | 113.7 | 106.0 | 139.5 | 144.6 | 97.9 | 99.1 | 48.6 | 45.5 | 118.4 | 61.9 | 1069.5 | 89.1 |
| 1995 | 35.9 | 32.3 | 32.6 | 88.5 | 76.0 | 73.8 | 165.1 | 48.6 | 63.6 | 84.5 | 57.9 | | | |
| 1996 | 77.7 | 130.1 | 70.3 | 73.9 | 65.4 | 54.1 | 83.5 | 78.3 | 62.7 | 46.8 | 23.7 | 24.1 | 790.6 | 65.8 |
| 1997 | 27.6 | 121.5 | 55.8 | 92.1 | 69.4 | 69.7 | 68.5 | 37.1 | 31.4 | 118.6 | 47.7 | | | |
| 1998 | 34.2 | 69.0 | 79.4 | 130.1 | 82.5 | 116.9 | 134.7 | 74.7 | 39.9 | 101.2 | 20.7 | 12.2 | 895.5 | 74.6 |
| 1999 | 43.2 | 102.1 | 98.8 | 176.6 | 125.6 | 82.9 | 83.3 | 101.0 | 49.4 | 42.0 | 106.5 | | | |
| 2000 | 71.2 | 105.8 | 78.9 | 112.7 | 228.7 | 108.5 | 48.7 | 89.2 | 91.4 | 13.1 | 24.6 | 93.6 | 1066.4 | 88.8 |
| 2001 | 49.3 | 68.3 | 88.8 | 92.6 | 132.9 | 115.6 | 68.2 | 59.6 | 89.8 | 10.6 | 76.0 | 46.5 | 898.2 | 74.8 |
| 2002 | 34.4 | 57.6 | 46.0 | 128.4 | 81.4 | 93.0 | 65.5 | 9.2 | 105.0 | 46.2 | | | | |
| 2003 | 75.7 | 48.6 | 57.6 | 126.8 | 86.2 | 85.4 | 21.9 | 71.2 | 88.2 | 75.2 | | | | |
| 2004 | 57.7 | 100.2 | 128.5 | 91.8 | 66.3 | 133.7 | 44.1 | 38.7 | 126.8 | 112.3 | 59.7 | | | |
| 2005 | 24.9 | 101.6 | 128.9 | 124.5 | 71.3 | 37.5 | 16.5 | 17.9 | 68.1 | 33.5 | 103.9 | | | |
| 2006 | 35.0 | 53.6 | 57.1 | 109.5 | 50.6 | 16.2 | 3.4 | | | | | | | |
| 2007 | | | | 76,2 | 84,2 | 188,6 | 52,5 | 149,7 | 72 | 58 | 103,2 | 99,2 | 883,6 | 98,18 |
| 2008 | 103,5 | 132,4 | 84,1 | 122,9 | 137,7 | 138 | 176,3 | 120,9 | 132,9 | 165,5 | 108,9 | 27,4 | 1450,5 | 120,8 |

ANEXO 5. Cálculo de la humedad del suelo

| CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD DEL SUELO | | | | | | |
|--|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------------|------------------------|
| ALAO | SIMBOLO | CAPSULA | P. TOTAL | P. SECO | PESO DEL AGUA | PESO SUELO SECO |
| BOSQUE DE PINO(15cm) | Bp | 45,5015 | 50,5015 | 48,7977 | 1,7038 | 3,2962 |
| BOSQUE DE EUCALIPTO JOVEN (15cm) | Bej | 44,7536 | 49,7536 | 49,3441 | 0,4095 | 4,5905 |
| PASTO (10 cm) | Ps | 44,1012 | 49,1012 | 46,6977 | 2,4035 | 2,5965 |
| PAPA (20cm) | Pp | 46,103 | 51,103 | 49,6964 | 1,4066 | 3,5934 |
| BOSQUE NATURAL | Bn | 50,204 | 55,204 | 53,471 | 1,733 | 3,267 |
| PARAMO pajonal | P | 51,253 | 56,253 | 54,247 | 2,006 | 2,994 |
| BOSQUE eucalipto (25 cm) | Be | 44,803 | 49,803 | 49,1005 | 0,7025 | 4,2975 |
| MAHUAZO | SIMBOLO | CAPSULA | P. TOTAL | P. SECO | PESO DEL AGUA | PESO SUELO SECO |
| PARAMO pajonal | P | 46,152 | 51,152 | 49,9504 | 1,2016 | 3,7984 |
| PASTO (10 cm) | Ps | 50,201 | 55,201 | 54,2111 | 0,9899 | 4,0101 |

ANEXO.6 Pluviómetro casero



ANEXO 8. Cálculo de precipitación

| | Sumatria de | mm de | Relaciòn pluviòmetro | Àrea del embudo | Diàmetro del embudo | Precipitaciòn |
|------|----------------|---------------|-------------------------|--------------------|------------------------|---------------|
| MES | lluvia (ml) | Precipitaciòn | Tècnico | en cm2 | en cm | Mm |
| AGO | 1394 | 130,658 | 2593,1651 | 107,5134 | 11,7 | 157,446 |
| SEPT | 1682 | 157,446 | 2593,1651 | 107,5134 | 11,7 | 150,935 |
| OCT | 1612 | 150,935 | 2593,1651 | 107,5134 | 11,7 | 142,099 |
| NOV | 1517 | 142,099 | 2593,1651 | 107,5134 | 11,7 | 130,658 |
| DIC | 1484 | 139,029 | 2593,1651 | 107,5134 | 11,7 | 139,029 |
| ENE | 1761 | 164,794 | 2593,1651 | 107,5134 | 11,7 | 164,794 |

ANEXO 9. Medición del espejo de agua



ANEXO 10. Mediciones de la velocidad del agua con molinete



ANEXO 11 Hoja electrónica para la medición del caudal

Hoja de cálculo de caudales

Aforo #

Datos referenciales

Río:
 Quebrada:
 Acequia:
 Otro:

Cuenca: Pastaza
 Subcuenca: Chambo
 Microcuenca:

Código del sitio:
 m.s.n.m.

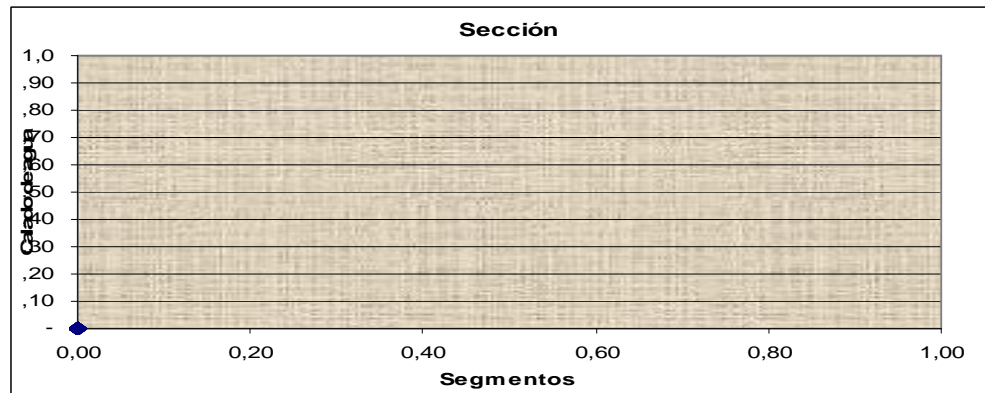
Coordenadas:

| | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| N | E |
| <input type="text" value="-"/> | <input type="text" value="-"/> |

 Fecha:
 Hora:

Ancho del espejo de agua (m):
 Ancho del segmento b (m):
 Total No. de segmentos:
 Profundidad maxima del vertical d (m):
 Molinete SEBA - Propela No.

Sección transversal de cálculo



Velocidad de corriente de agua m/s. **V**
 Area de la sección m2. **A**

| | | |
|---------------------|----------|--------------|
| Caudal m3/s. | Q | 0,000 |
|---------------------|----------|--------------|

Metodo aritmético de:

Responsable:

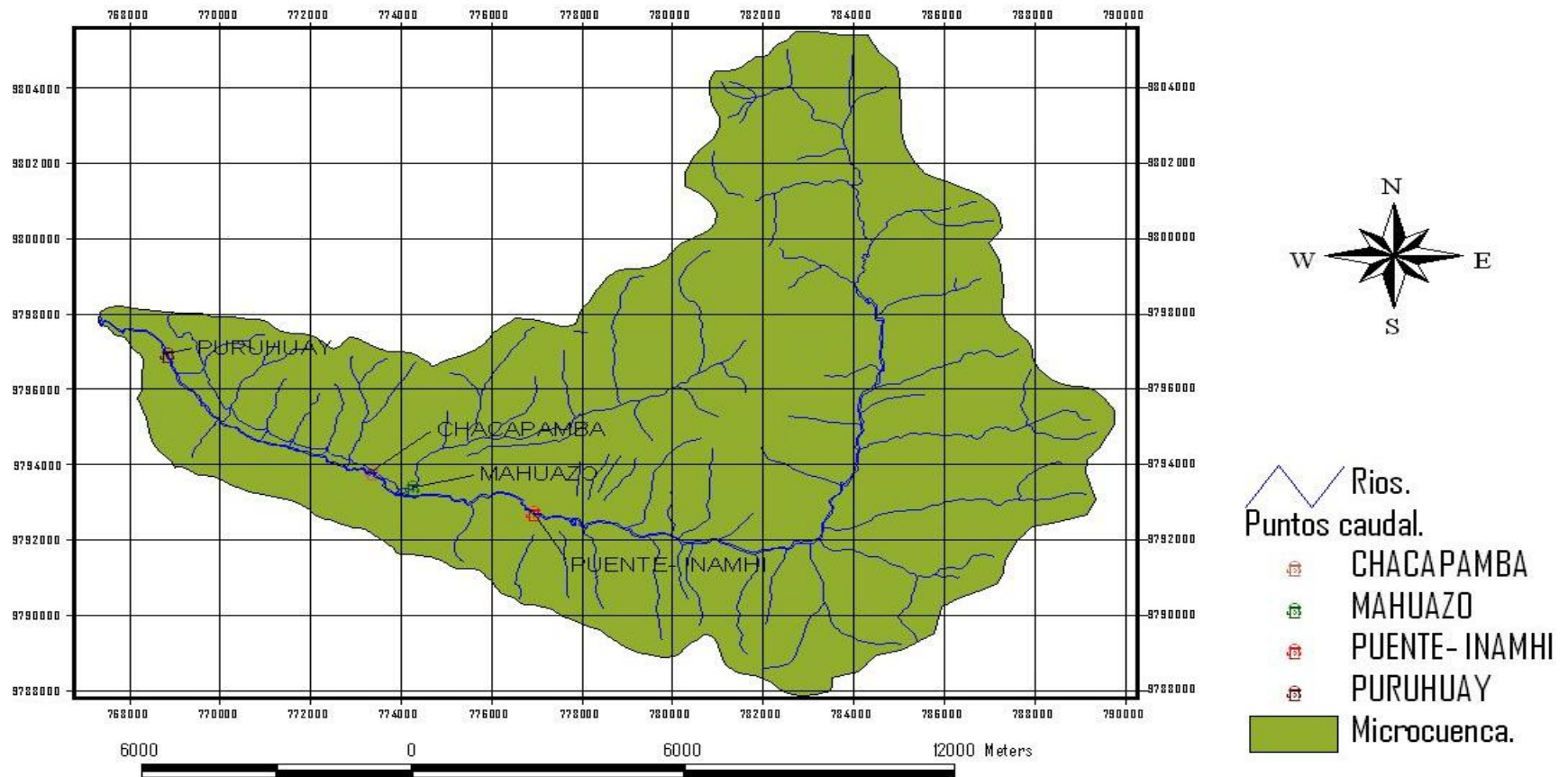
ANEXO 12 Regletas graduadas para la medición del nivel de agua.

o

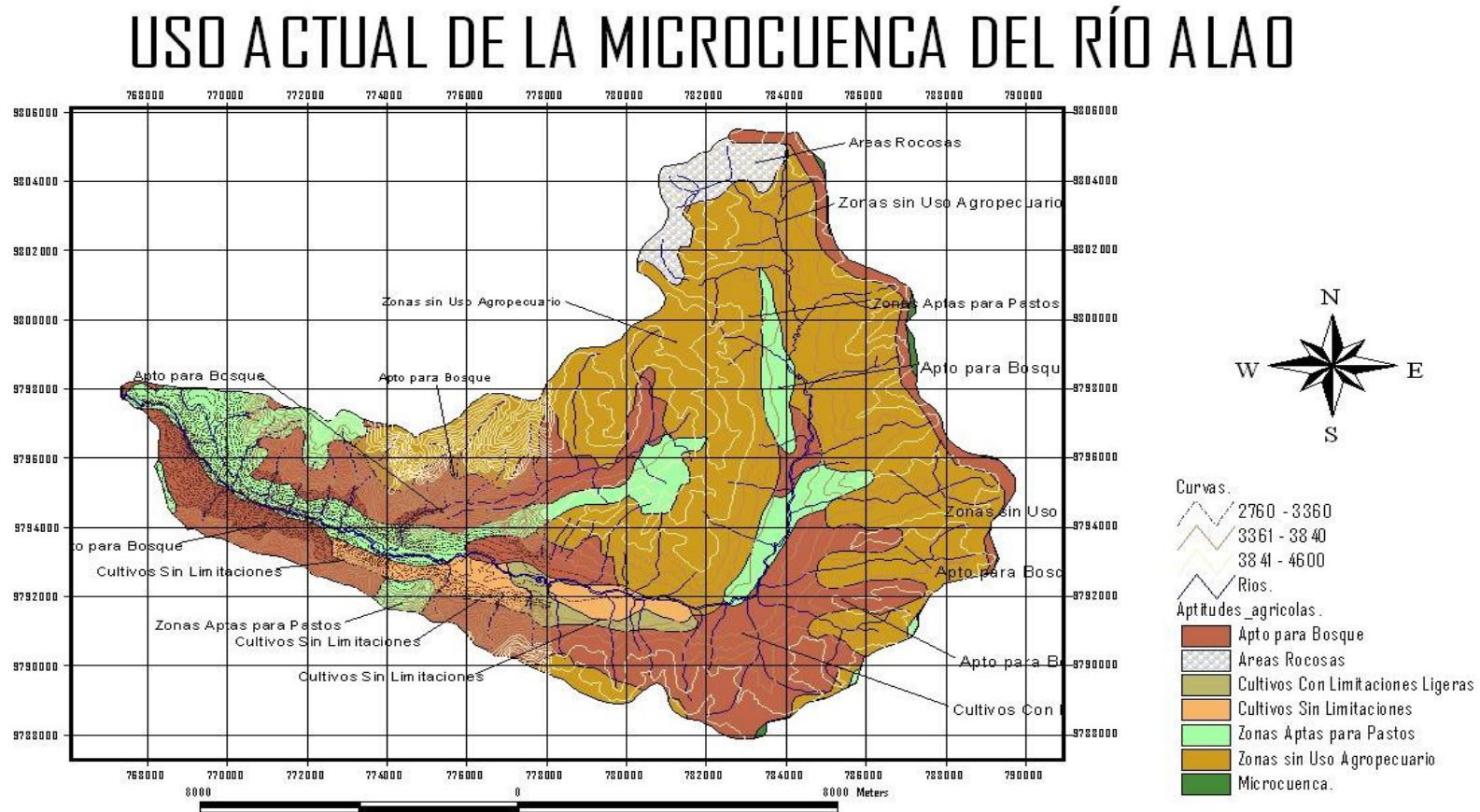


ANEXO 13 Puntos de monitoreo de caudales en la microcuenca del río Alao

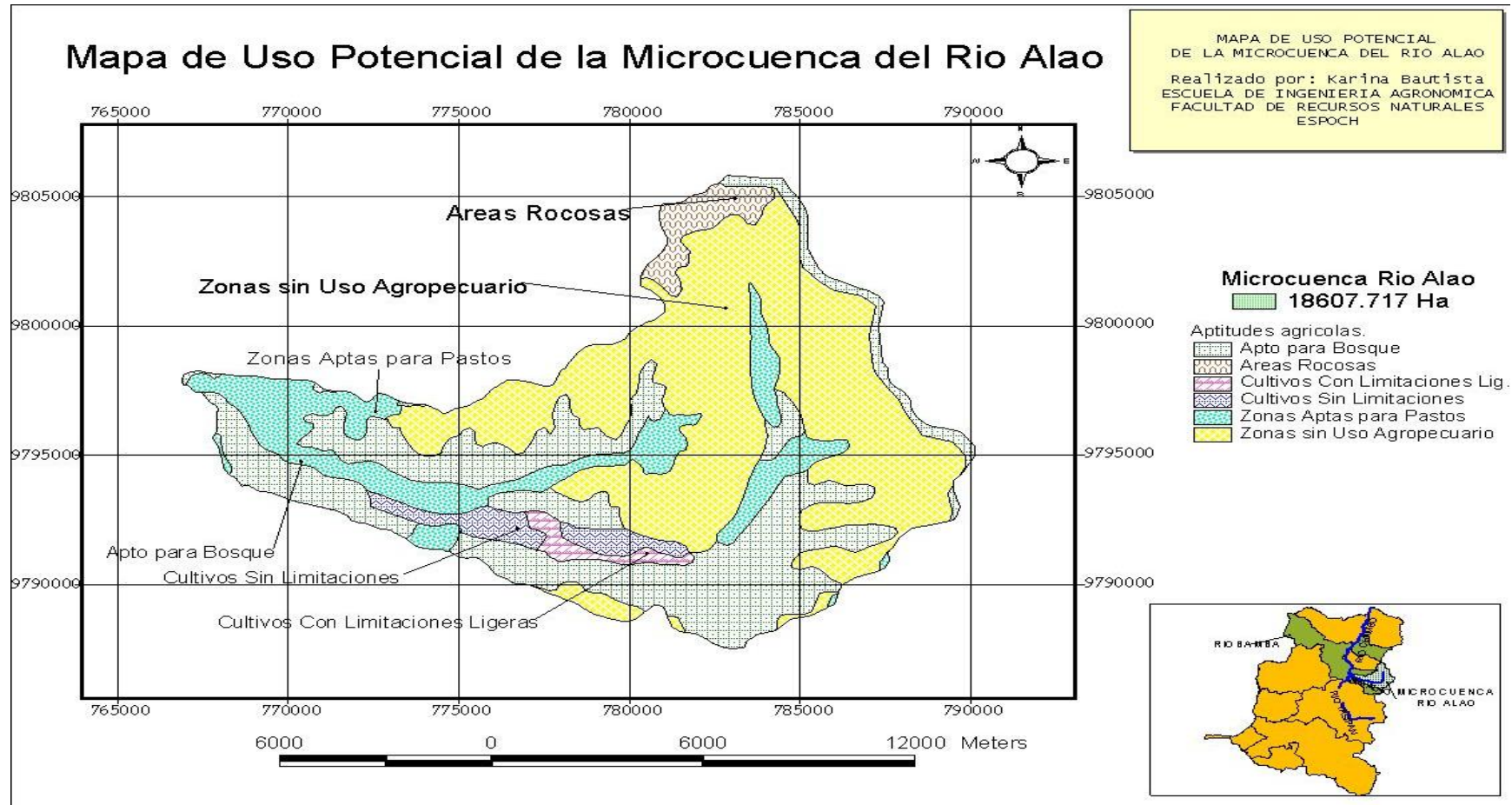
PUNTOS DE MONITOREO DE CAUDALES



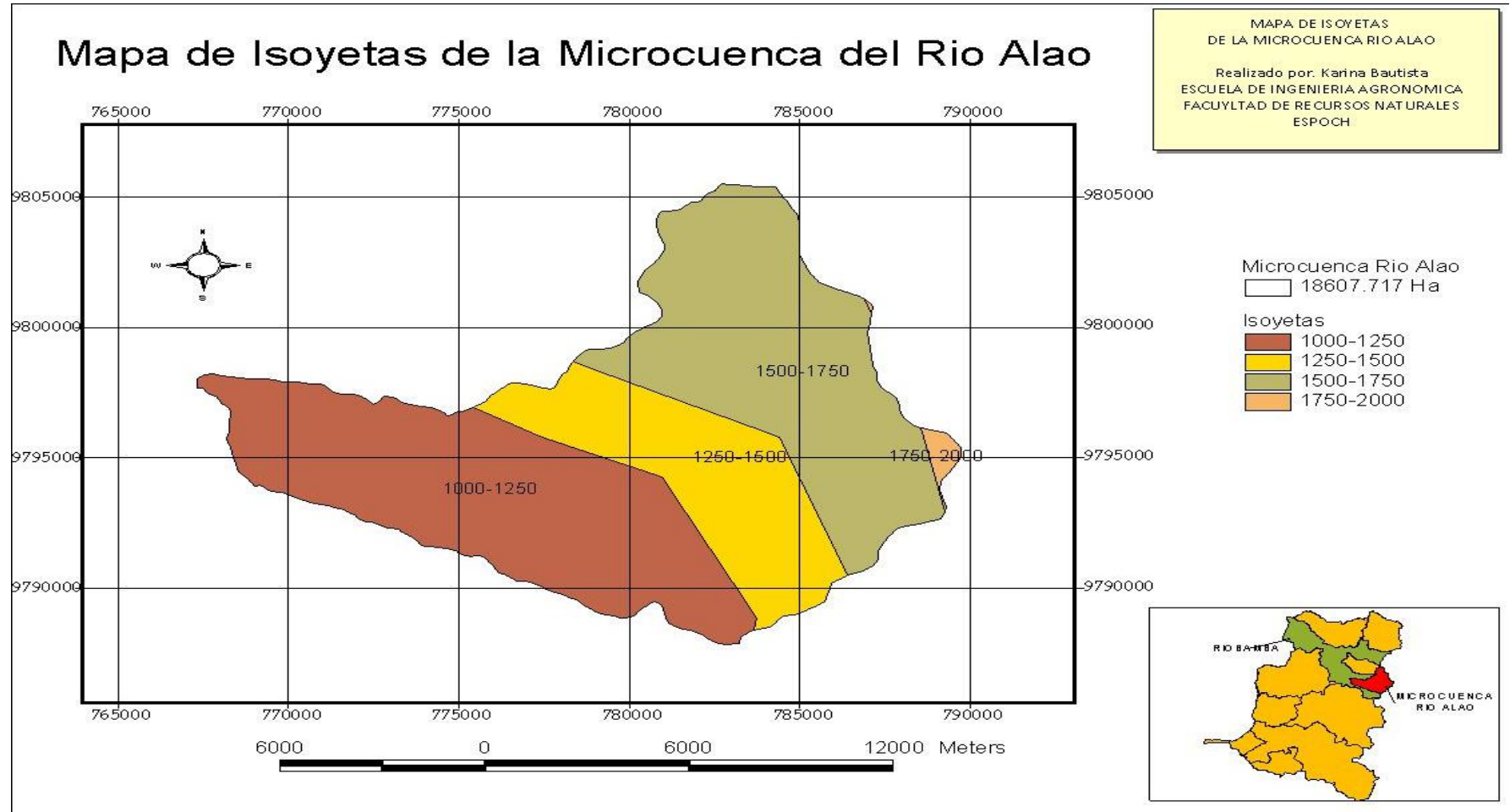
ANEXO 14 Mapa de uso actual de la microcuenca del río Alao



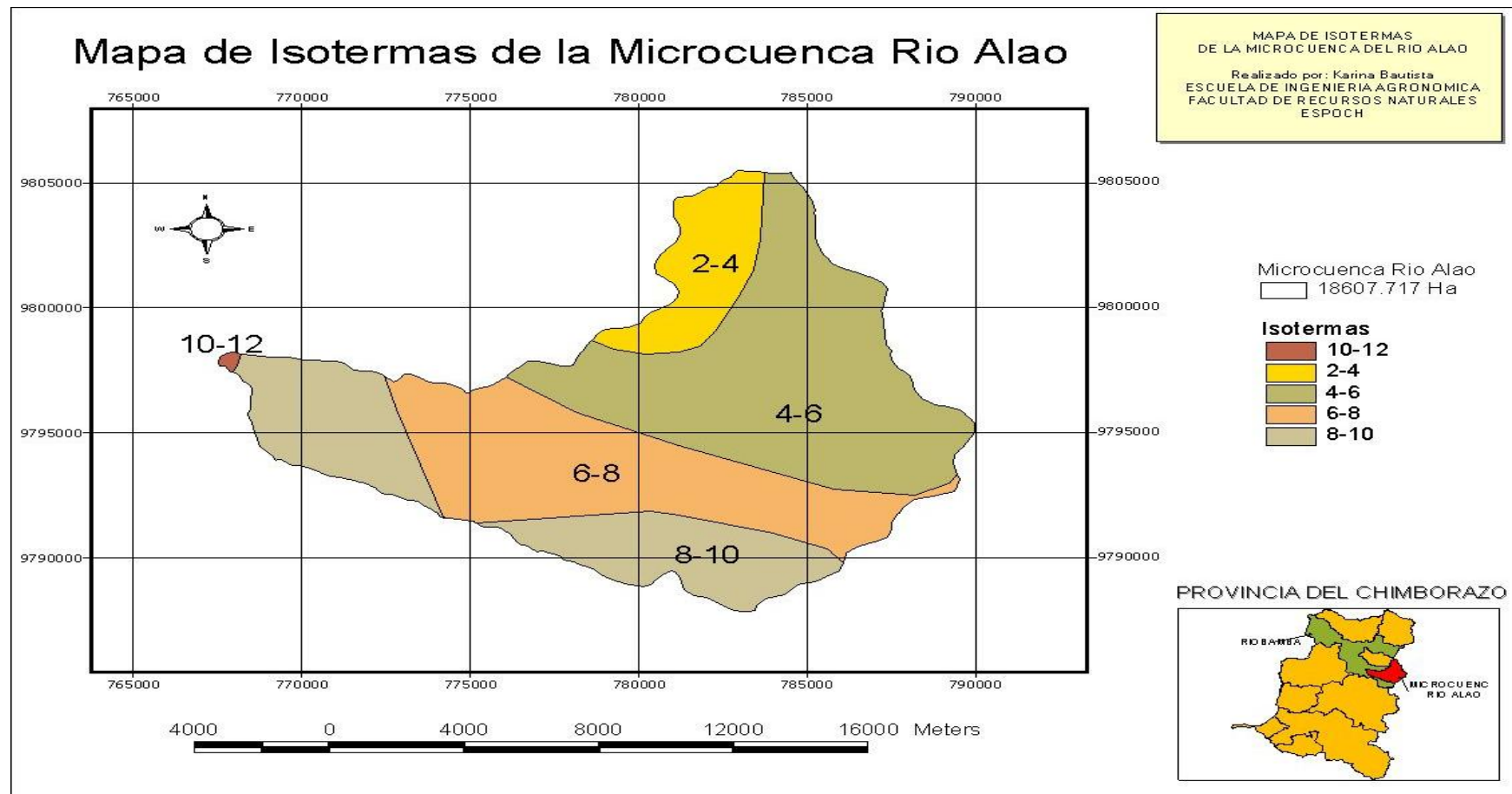
ANEXO 15 Mapa del uso potencial de la microcuenca



ANEXO 16 Mapa de isoyetas de la Microcuenca del Río Alao



ANEXO 17. Mapa de isotermas de la Microcuenca del Río Alao



ANEXO 18. Reuniones con líderes comunitarios y reconocimiento de la microcuenca del río alao. Instituciones de apoyo



ANEXO 19. Microcuenca Alta del Río Alao



Alao Llactapamba



Alao San Antonio

ANEXO 20. Microcuenca Media del Río Alao



Alao Llactapamba



Alao San Antonio

ANEXO 21. Microcuenca Baja del Río Alao



Alao Llactapamba

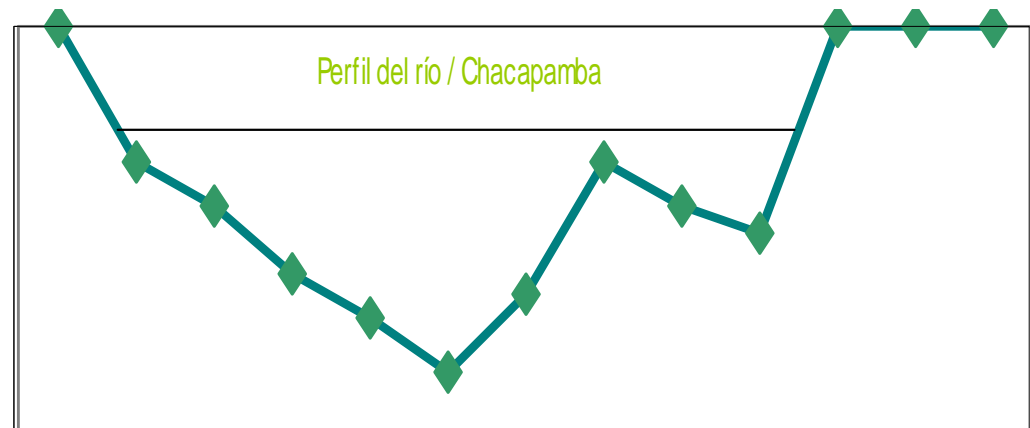


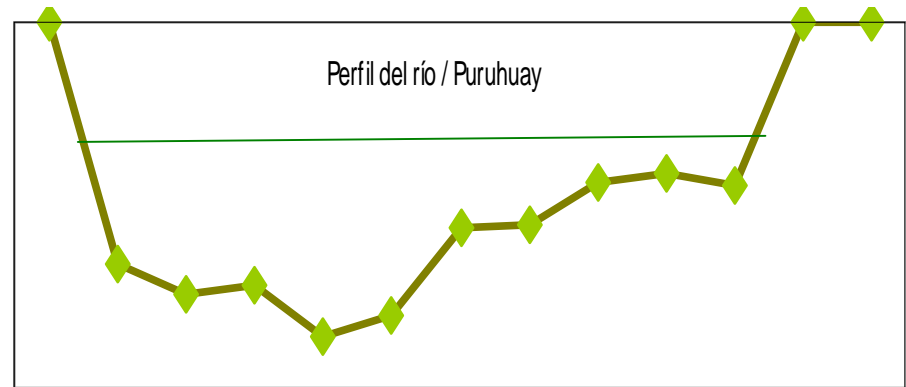
Alao San Antonio

ANEXO 22. Perfiles del río en donde se encuentra los puntos de monitoreo

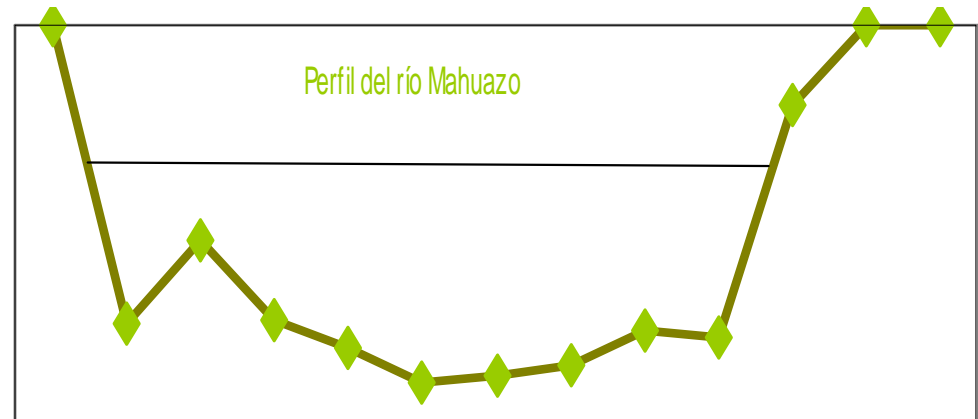


Rio Alao sector Chacapamba





Río Alao sector Puruhuay



Río Mahuazo (afluente principal)

ANEXO 23: Toma de muestras de Macroinvertebrados Acuáticos



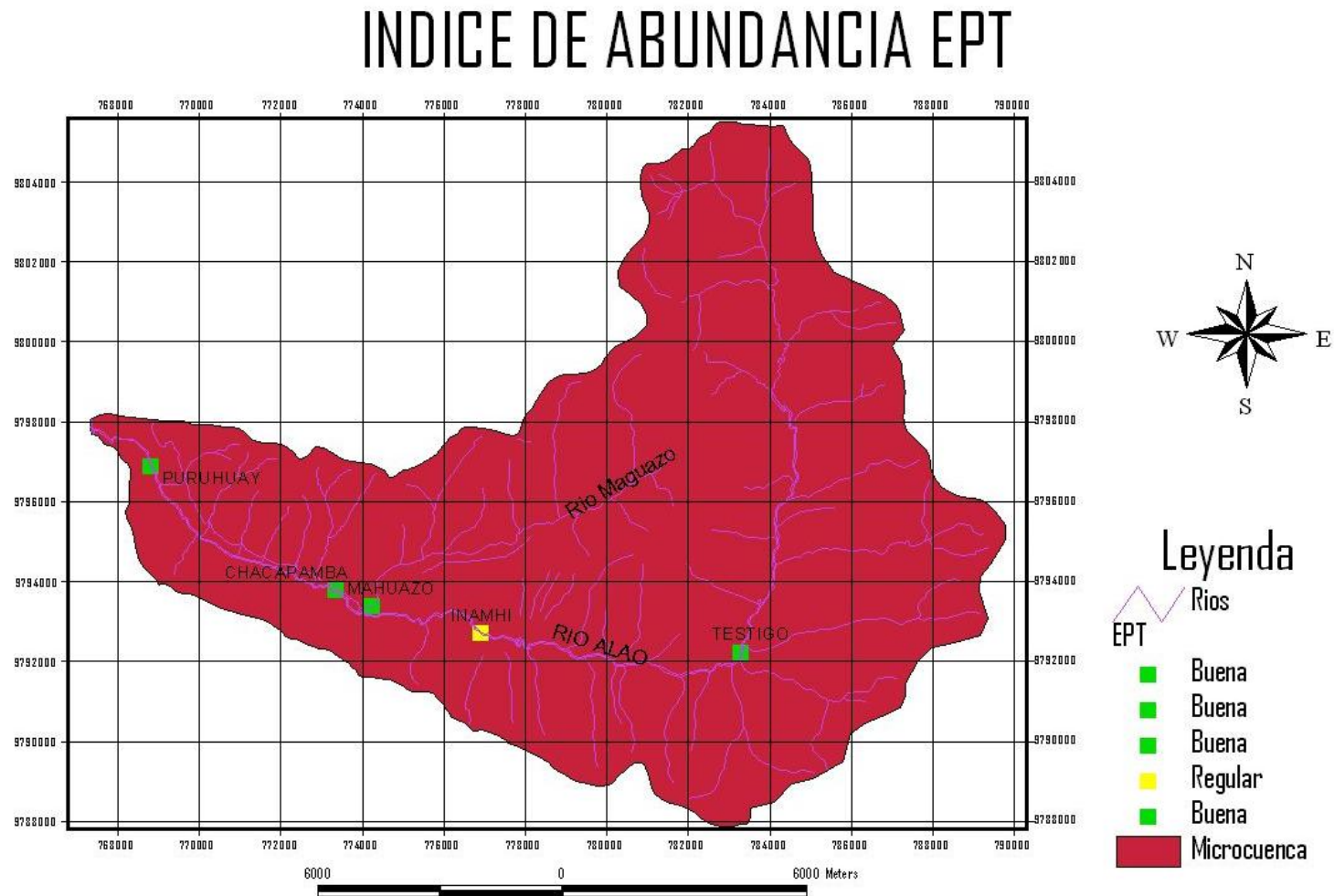
ANEXO 24. Trabajo de laboratorio para la determinación de la calidad de agua por Macroinvertebrados acuáticos.



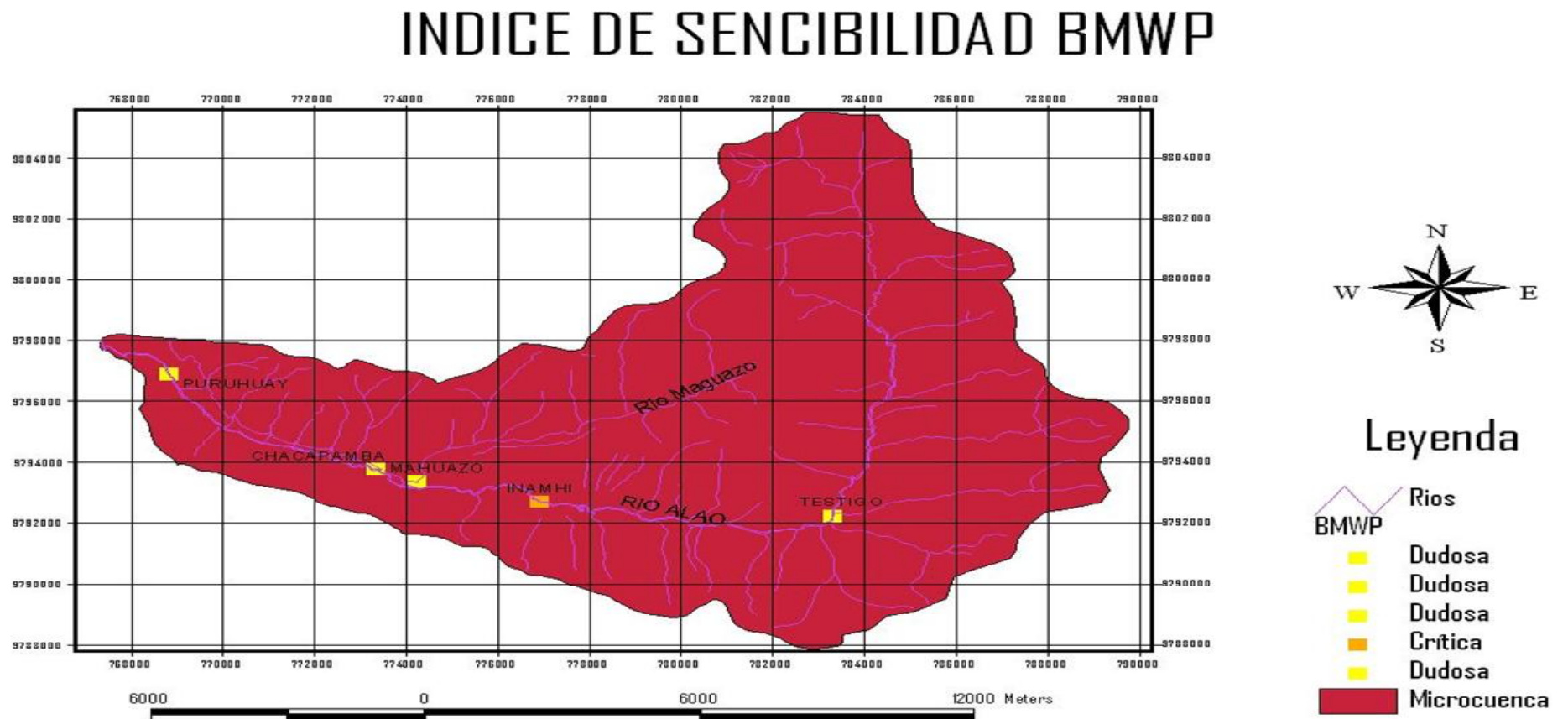
ANEXO 25: Toma de muestras Bacteriológicas.



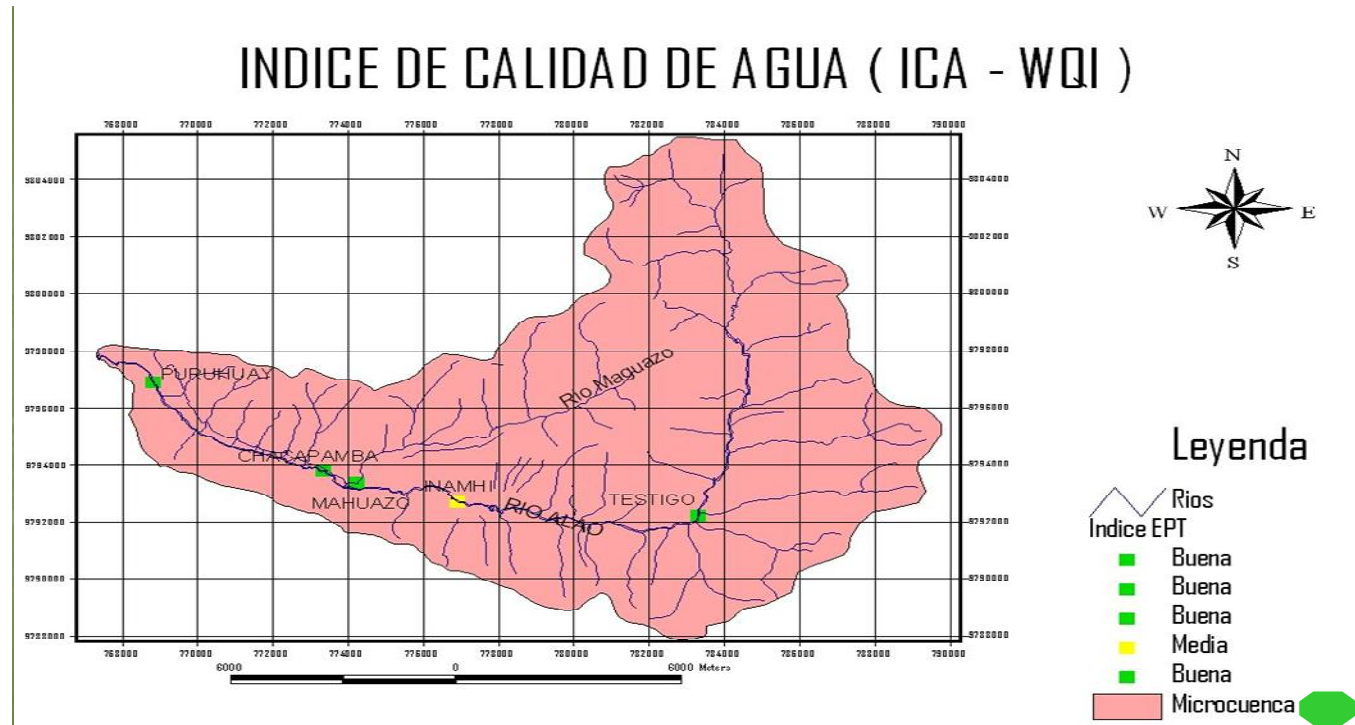
ANEXO 26. Mapa calidad del agua según el índice EPT en la microcuenca del río alao



ANEXO 27. Mapa Calidad Del Agua (Indice BMWP/Col) En La Microcuenca del Río Alao.



ANEXO 28. Mapa del Índice de la calidad del agua (ICA - WQI) en la microcuenca del Río Alao.



ANEXO 30. Formulario para laboratorio para el registro de datos de macroinvertebrados. Índice EPT

| Monitoreo biológico | | | | | |
|--|---------------------|----------------|------------------------|---------------------------------|----------------------|
| id: | Microcuenca: | Río: | Fecha: | | |
| Nombre del colector: | | | | | |
| Nombre del identificador de la muestra: | | | | | |
| Fecha: | Orden | Familia | # de individuos | Estadio (larva o adulto) | Observaciones |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| Total de individuos | | | | | |
| Total de EPT | | | | | |
| Valor EPT(%) | | | | | |
| Calidad del agua | | | | | |

