

**ESTUDIO DE LA CALIDAD DE AGUA EN LOS AFLUENTES DE LA
MICROCUEENCA ALTA DEL RÍO GUARGUALLA PARA DETERMINAR LAS
CAUSAS DE LA DEGRADACIÓN Y ALTERNATIVAS DE MANEJO**

ROBERTO SARANSIG ZAMBRANO

TESIS

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

ESCUELA SUPERÍOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

RÍOBAMBA – ECUADOR

2009

El Tribunal de Tesis certifica que el trabajo de investigación titulado “ESTUDIO DE LA CALIDAD DE AGUA EN LOS AFLUENTES DE LA MICROCUENCA ALTA DEL RÍO GUARGUALLA PARA DETERMINAR LAS CAUSAS DE LA DEGRADACIÓN Y ALTERNATIVAS DE MANEJO” de responsabilidad del señor egresado Roberto Saransig Zambrano, ha sido prolijamente revisado, quedando autorizada su presentación.

TRIBUNAL DE TESIS

Dr. Galo Montenegro

Director

Ing. Pamela Paula

Miembro

ESCUELA SUPERÍOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Riobamba, Abril 2009

DEDICATORIA

El presente trabajo que representa esfuerzo, dedicación y entrega, la dedico principalmente a mi padre Alejandro Saransig y a mi madre Maria Zambrano que han representado un ejemplo a seguir, siendo ellos mi fuerza para el desarrollo de mi vida, y a toda mi familia en general. Tarea Cumplida

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la oportunidad de vivir y a mis padres que con su sacrificio y esfuerzo han permitido mi superación.

Al Foro de los Recursos Hídricos de Chimborazo, representado por el Ingeniero Wilson López y a su equipo técnico, Ingeniero Héctor Espinosa. A Fundación Natura que mediante sus tutores, Biólogo Juan Calles y Karla Jiménez, a GLOWS y a los presidentes de las comunidades Guargualla Chico y Gosoy San Luis quienes facilitaron en el acceso al lugar en el que se desarrollo la investigación.

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

A la Facultad de Ciencias, donde me recibieron y brindaron toda la asesoría necesaria, para culminar mi investigación.

A los miembros del Tribunal de Tesis, Dr. Galo Montenegro en calidad de director y a la Ing. Pamela Paula en calidad de miembro, por su apoyo en el proceso de investigación.

Al Ing. Carlos Cali que con su apoyo dedicado ayudo en este proceso investigativo.

A la Doctora Gina Álvarez, que mediante su capacidad, experiencia y explicaciones ayudaron en este trabajo hasta su culminación.

A todos mis amigos y compañeros de tesis, que luchamos día a día en adversidad a Diego, Cristian, José Luis, Guadalupe, por su alta cooperación en las salidas de campo.

A mi familia en especial a mis hermanos Jaime, Cesar, Lucila, Jairo por su constante apoyo. A mis sobrinos Aly y Keila. Y a toda mi familia y aquellas personas que de una u otra forma tuvieron que ver con la realización de este proyecto.

LISTA DE CONTENIDO

CAPÍTULO	CONTENIDO	PÁGINA.
	LISTA DE CUADROS	vi
	LISTA DE GRÁFICOS	viii
	LISTA DE FIGURAS	ix
	LISTA DE ANEXOS	x
I.	TÍTULO	1
II.	INTRODUCCIÓN	1
	Justificación	2
	Objetivos	3
III.	REVISIÓN DE LITERATURA	4
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS	43
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	63
VI.	CONCLUSIONES	98
VII.	RECOMENDACIONES	100
VIII.	RESUMEN	101
IX.	SUMMARY	102
X.	BIBLIOGRAFÍA	103
XI.	ANEXOS	106

LISTA DE CUADROS

N°	CONTENIDO	PÁGINA.
Cuadro 1.	Estimación del índice de calidad de agua.	6
Cuadro 2.	Escala del índice de calidad del agua	7
Cuadro 3.	Escala de oxígeno disuelto en una masa de agua dulce	12
Cuadro 4.	Escala de nitratos en una masa de agua dulce	14
Cuadro 5.	Escala de fosfatos en una masa de agua dulce	15
Cuadro 6.	Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico.	15
Cuadro 7.	Distribución del agua de la tierra.	34
Cuadro 8.	Ubicación geográfica de la Microcuenca Alta del Río Guargualla (Coordenadas UTM).	44
Cuadro 9.	Ubicación geográfica de los puntos de monitoreo de la Microcuenca Alta del Río Guargualla.	48
Cuadro 10.	Plan de monitoreo establecido para la zona de estudio.	49
Cuadro 11.	Valores de turbidez utilizados para la interpretación de resultados.	56
Cuadro 12.	Valores de referencia del índice EPT.	60
Cuadro 13.	Puntaje de las familias de macroinvertebrados acuáticos para aplicar el índice BMWP/Col (Roldan 2003).	60
Cuadro 14.	Valores de referencia del índice BMWP/Col (Roldan 2003).	61
Cuadro 15.	Datos de temperatura en los puntos de monitoreo	63
Cuadro 16.	Datos de pH en los puntos de monitoreo	64
Cuadro 17.	Datos de conductividad eléctrica y salinidad en los puntos de monitoreo	66
Cuadro 18.	Datos de sólidos disueltos en los puntos de monitoreo	67
Cuadro 19.	Datos de alcalinidad en los puntos de monitoreo	69
Cuadro 20.	Datos de oxígeno disuelto en los puntos de monitoreo	70
Cuadro 21.	Datos de nitratos y fosfatos en los puntos de monitoreo	72
Cuadro 22.	Datos de turbidez en los puntos de monitoreo	73
Cuadro 23.	Datos de pH y conductividad eléctrica en los puntos de monitoreo	75
Cuadro 24.	Datos de temperatura y oxígeno disuelto en los puntos de monitoreo	76

Cuadro 25.	Datos de conductividad eléctrica y oxígeno disuelto en los puntos de monitoreo	77
Cuadro 26.	Datos de índice de calidad del agua en los puntos de monitoreo	78
Cuadro 27.	Datos de macroinvertebrados en los puntos de monitoreo (EPT)	80
Cuadro 28.	Datos de ordenes y familias de los organismos encontrados en los puntos de monitoreo	81
Cuadro 29.	Datos de macroinvertebrados en los puntos de monitoreo (Sensibilidad BMWP/Col Roldan 2003)	86

LISTA DE GRÁFICOS

N°	CONTENIDO	PÁGINA.
Gráfico 1.	Valores de temperatura en los puntos de monitoreo	63
Gráfico 2.	Valores de pH en los puntos de monitoreo	65
Gráfico 3.	Valores de conductividad eléctrica y salinidad en los puntos de monitoreo	66
Gráfico 4.	Valores de sólidos disueltos en los puntos de monitoreo	68
Gráfico 5.	Valores de alcalinidad en los puntos de monitoreo	69
Gráfico 6.	Valores de oxígeno disuelto en los puntos de monitoreo	71
Gráfico 7.	Valores de nitratos y fosfatos en los puntos de monitoreo	72
Gráfico 8.	Valores de turbidez en los puntos de monitoreo	74
Gráfico 9.	Valores de pH y conductividad eléctrica en los puntos de monitoreo	75
Gráfico 10.	Valores de temperatura y oxígeno disuelto en los puntos de monitoreo	76
Gráfico 11.	Valores de conductividad eléctrica y oxígeno disuelto en los puntos de monitoreo	77
Gráfico 12.	Valores de índice de calidad del agua en los puntos de monitoreo	79
Gráfico 13.	Valores de macroinvertebrados en los puntos de monitoreo (EPT)	80
Gráfico 14.	Numero de órdenes de especímenes encontrados en la Microcuenca Alta del Río Guargualla.	82
Gráfico 14.1.	Numero de ordenes de individuos encontrados en los puntos de Monitoreo	83
Gráfico 14.2.	Numero de familias de individuos encontrados en la Microcuenca Alta del Río Guargualla.	85
Gráfico 15.	Valores de macroinvertebrados en los puntos de monitoreo (Sensibilidad BMWP/Col Roldan 2003)	87

LISTA DE FIGURAS

N°	CONTENIDO	PÁGINA.
Figura 1.	Orden Trichoptera	23
Figura 2.	Orden Ephemeroptera.	26
Figura 3.	Orden Plecóptero	27
Figura 4.	Orden Díptera	29
Figura 5.	Orden Coleóptero	30
Figura 6.	Kit portátil marca “LaMotte” para determinar los parámetros físico-químicos <i>in situ</i>	50
Figura 7.	Red para captura de macro-invertebrados en ríos, tipo D-net.	58

LISTA DE ANEXOS

Nº CONTENIDO

1. Mapa de la localización y superficie de la Microcuenca Alta del Río Guargualla
2. Reuniones con líderes comunitarios y reconocimientos del lugar de estudio
3. Mapa de los puntos de monitoreo en la Microcuenca Alta del Río Guargualla.
4. Técnicas utilizadas en el monitoreo físico-químicos en el campo.
5. Técnicas de monitoreo en la captura de macroinvertebrados acuáticos.
6. Mapa del índice de la calida del agua (ICA) en la Microcuenca Alta del Río Guargualla
7. Mapa calidad del agua según el índice EPT en la Microcuenca Alta del Río Guargualla
8. Macroinvertebrados encontrados en la Microcuenca Alta del Río Guargualla
9. Mapa calidad del agua según el índice BMWP/Col en la Microcuenca Alta del Río Guargualla
10. Mapa del uso actual del suelo en la Microcuenca Alta del Río Guargualla
11. Fotografías del uso actual del suelo en los puntos de monitoreo
12. Actividades antrópicas en la Microcuenca Alta del Río Guargualla
13. Formulario para campo para el registro de datos físico-químicos.
14. Formulario para laboratorio para el registro de datos de macroinvertebrados (índice EPT.)
15. Formulario para laboratorio para el registro de datos de macroinvertebrados (índice de sensibilidad BMWP/Col Roldán 2003)
16. Formulario para laboratorio para el registro de datos del índice de calidad del agua (ICA y/o WQI).

I. ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LOS AFLUENTES DE LA MICROCUENCA ALTA DEL RÍO GUARGUALLA, PARA DETERMINAR LAS CAUSAS DE LA DEGRADACIÓN Y ALTERNATIVAS DE MANEJO.

II. INTRODUCCIÓN.

A pesar de que a muchos nos gustaría que la mayoría de los cuerpos de agua presentaran una buena calidad de agua, la realidad es que el hombre ha ido introduciendo modificaciones para poder utilizar el agua para su provecho, llevando a una alteración irreversible de la calidad del agua. Esto hace que no sea totalmente adecuada para la aplicación o uso que se destine, por consiguiente, el agua puede resultar contaminada para un cierto uso pero puede ser perfectamente aplicable a otro.

En la actualidad las actividades agropecuarias, industriales, mineras y el crecimiento económico de la población, en las zonas de vertientes generan desechos nocivos y no tratados que desembocan en los afluentes de una microcuenca, provocando procesos de sedimentación, lixiviación y eutrofización, limitando cada vez mas el uso que puede tener el agua en las zonas media y baja. Además es importante conocer las causas y consecuencias de la contaminación en el agua y las alteraciones ecológicas en el entorno natural.

La calidad y disponibilidad del agua para sus diferentes usos, son factores importantes para el bienestar y el progreso de un país, que no solo dependen del tipo de suelo, clima, condiciones de drenaje, técnicas de riego y caudales disponibles, sino también en forma fundamental de la calidad físico-química de las fuentes de agua.

El análisis físico, químico y bacteriológico del agua en un cauce permite determinar si el agua de la microcuenca es de buena o mala calidad para los diferentes usos. La calidad de agua es importante para alcanzar un nivel de bienestar en el ser humano, así como para el desarrollo de las plantas, animales y seres vivos, lo que garantiza salud, bienestar,

seguridad alimentaria y la supervivencia de todos los integrantes que conforma la microcuenca.

Otra alternativa de determinar la calidad del agua son los indicadores biológicos conocidos como "bioindicadores", los que presentan ventajas más amplias y estables a través del tiempo, y entregan una gama compleja de cualidades del medio en el cual se desenvuelven (tipo de sustrato, temperatura, oxígeno disuelto, pH del agua, entre otros). Estos permiten estudiar cambios temporales causados por las perturbaciones ya que los cambios en la estructura comunitaria, o la presencia/ausencia de especies indicadoras expresa un efecto actual o pasado sobre el sistema.

Conociendo los factores y niveles de contaminación del agua, se puede generar recomendaciones para el posible tratamiento, que se darían a los agentes contaminantes de carácter orgánico e inorgánico, lo cual permitirá tener herramientas de gestión de calidad de agua y por consiguiente mejorar las condiciones de salubridad de los habitantes que utilizan este recurso natural aguas abajo de la zona de páramos y vertientes.

A. JUSTIFICACIÓN

En el Ecuador existe muchas instituciones que tratan de enfrentar el problema del aprovechamiento del ecosistema, pero lamentablemente las personas por falta de conocimiento de un manejo adecuado de los recursos naturales, prácticamente van desapareciendo poco a poco la permanencia de estos recursos.

Siendo uno de los principales problemas la contaminación del agua el cual afecta en su calidad. Y debido a que este recurso agua constituye un elemento básico en todo ecosistema y es la única fuente líquida para la mayoría de poblaciones asentadas alrededor, el cual es aprovechado para el consumo humano, producción agrícola y ganadera, el Consorcio GLOWS, Fundación Natura, la Mesa Provincial del Foro de los Recursos Hídricos de Chimborazo, becarios de la investigación, conjuntamente con los representantes de las comunidades se ha considerado que se realice un estudio adecuado de la calidad del agua en los afluentes de la Microcuenca Alta del Río Guargualla.

Por tanto este estudio quedará como una línea base o una herramienta que le permitirá a la diferentes Organización Gubernamentales, ONG's y a las comunidades tener una información real y objetiva de la calidad de los recursos existentes, con el fin de tener un mejor control, protección, conservación y uso de los recursos naturales existentes, con el fin evitar el deterioro y/o mejorar la calidad del agua en la Microcuenca Alta del Río Guargualla.

B. OBJETIVOS

1. Objetivo general

Realizar el estudio de la calidad de agua en los afluentes de la Microcuenca Alta del Río Guargualla para determinar las causas de la degradación y alternativas de manejo

2. Objetivos específicos

- a. Determinar las características físicos-químicos del agua, en los afluentes de la Microcuenca alta del Río Guargualla.
- b. Valorar la calidad del agua, mediante el empleo de bioindicadores (macroinvertebrados) y realizar el análisis comparativo con las normas establecidas.
- c. Proporcionar alternativas de solución a los usos actuales de las actividades antrópicas para mejorar la calidad de agua.

III. REVISIÓN DE LITERTURA

A. CALIDAD DEL AGUA

La calidad del agua es un término usado para describir las características químicas, físicas y biológicas del agua. La calidad del agua depende principalmente del uso, no es simplemente decir que: "esta agua está buena," o "esta agua está mala". El impacto humano en los sistemas acuíferos ha originado problemas de control de calidad del agua. (<http://water.usgs.gov>)

Bacterias y microorganismos han invadido a los suministros del agua potable, causando serias enfermedades a los habitantes. Se han detectado contaminantes químicos en arroyos que dañan la vida vegetal y animal; así mismo, ha ocurrido, derramamiento de contaminantes en el drenaje forzando a la gente a hervir el agua que beben; plaguicidas y otros químicos se han infiltrado en la tierra y han contaminado los mantos acuíferos; escurrimientos contaminados de los caminos y estacionamientos han afectado la calidad del agua de los arroyos urbanos. (<http://water.usgs.gov>)

El uso de fertilizantes en la agricultura puede resultar un exceso de nitrógeno y fósforo en el agua superficial y el agua subterránea. Estos excedentes químicos llamados "nutrientes" porque actúan como alimento para las plantas, pueden bajar la calidad del agua. (<http://water.usgs.gov>)

HERNÁNDEZ, H (2002) manifiesta que "El agua para ser bebida debe estar libre de organismos patógenos, concentraciones químicas, impurezas y de cualquier tipo de contaminación que cause problemas a la salud humana. Por esta razón es indispensable asegurarse la buena calidad del agua, factor determinante del estado de salud de una población.

Cuando el agua se encuentra contaminada, se recomienda realizar algún tipo de tratamiento, mediante un proceso que transforme en agua segura para uso domestico. Las fuentes de abastecimiento de agua se pueden contaminar cuando están en contacto con basuras, excrementos humanos y de animales, plaguicidas e insecticidas y aguas negras, ocasionando enfermedades por la presencia de microorganismos patógenos u otras sustancias tóxicas”.

HENAO, J. (1988), menciona “la calidad del agua es el conjunto de características físicas, químicas y biológicas del agua en su estado natural o después de ser alteradas por la acción del ser humano”.

1. Índice de calidad del agua (ICA v/o WQI)

Los índices pueden generarse utilizando ciertos elementos básicos en función de los usos del agua, el índice de la calidad del agua “ICA”, define la aptitud del cuerpo de agua respecto a los usos prioritarios que este pueda tener. Estos índices son llamados de “usos específicos”.

El índice de calidad del agua propuesto por Brown es una versión modificada del “WQI” desarrollada por la Fundación de Sanidad Nacional de EEUU. (NSF), que en un esfuerzo por idear un sistema para comparar ríos en varios lugares del país, creó y diseño un índice estándar llamado WQI (Water Quality Index), traducido al español se conoce como: Índice de Calidad del Agua. (ICA)

Este índice es ampliamente utilizado entre todos los índices de calidad de agua existentes siendo diseñado en 1970, y puede ser utilizado para medir los cambios en la calidad del agua en tramos particulares de los ríos, a través del tiempo comparando la calidad del agua de diferentes tramos del mismo río, además compararlo con la calidad de agua de diferentes ríos alrededor del mundo.

Los resultados pueden ser utilizados para determinar si un tramo particular de dicho río es saludable o no. (www.set.gob.sv)

2. Parámetros para la determinación del índice de calidad del agua (ICA y/o WQI)

Para la determinación del índice de calidad del agua, interviene nueve parámetros, los cuales son:

- a. Coliformes fecales (NMP/100mL)
- b. Potencial de hidrogeno (unidades de pH)
- c. Demanda bioquímica de oxígeno en 5 días (DBO₅ en mg/L)
- d. Nitratos (NO₃ mg/L)
- e. Fosfatos (PO₄ mg/L)
- f. Temperatura (°C)
- g. Turbidez (JTU)
- h. Sólidos disueltos totales (mg/L)
- i. Oxígeno disuelto (OD en % saturación)

3. Estimación del índice de calidad del agua

Para la determinación del índice de calidad del agua se toma en cuenta los factores previamente mencionados y con una tabla se puede establecer criterios generales sobre la calidad del agua y los usos que se pueden dar (Cuadro 1 y 2).

Cuadro 1. Estimación del índice de calidad del agua

Rango ICA	CRITERIOS GENERALES			
	Escala	Uso: agua potable	Escala	Uso: riego agrícola
90		No requiere purificación para su consumo		No requiere tratamiento para riego
80		Requiere purificación menor		Tratamiento menor para cultivos que requieren de alta calidad de
70		Dudoso su consumo sin		

		purificación		agua de riego
50		Tratamiento de potabilización indispensable		Utilizable en la mayoría de los cultivos
40		Dudoso para consumo		Tratamiento requerido para la mayoría de los cultivos
30		Inaceptable para consumo		Solo para cultivos muy resistentes (forrajes)
20				Inaceptable para riego

Escala de calidad del agua					
Excelente	Aceptable	Levemente contaminada	Contaminada	Fuerte contaminada	Excesiva

Fuente: www.set.gob.sv

Cuadro 2. Escala del índice de calidad del agua

ICA	Uso Público	Recreo	Pesca y vida acuática	Industria Agrícola	Navegación	Transporte desechos tratados
100	Aceptable No requiere de purificación	Aceptable para todo tipo de deporte acuático	Aceptable para todo tipo de organismos	Aceptable No requiere de purificación		
90	Requiere una ligera purificación			Requiere una ligera purificación		
80						
70	Mayor necesidad de tratamiento	Aceptable pero no recomendable	Excepto especies muy sensibles	Sin tratamiento para la industria normal	Aceptable para todo tipo de navegación	Aceptable para todo tipo de transporte de desechos tratados
60			Dudoso para especies sensibles			
50	Dudoso	Dudoso para contacto directo	Solo para organismos muy resistentes	Con tratamiento para la mayor parte de la industria		
40	Inaceptable	Sin contacto con el agua				
30		Muestras obvias de contaminación	Inaceptable	Uso muy restringido	Contaminado	
20		Inaceptable		Inaceptable	Inaceptable	
10						Inaceptable
0						

Fuente: Guzmán y Merino, 1992; Montoya, et al., 1997

4. Parámetros físico-químicos a considerar en la calidad del agua

Existen muchos parámetros para la determinación de la calidad del agua entre los principales se encuentran:

a. Temperatura del agua

La temperatura del agua tiene gran importancia por el hecho de que los organismos requieren determinadas condiciones para sobrevivir los organismos. 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.

Las descargas de agua a altas temperaturas pueden causar daños a la flora y fauna de las aguas receptoras al interferir con la reproducción de las especies, incrementar el crecimiento de bacterias y otros organismos, acelerar las reacciones químicas, reducir los niveles de oxígeno y acelerar la eutrofización. (www.ideam.gov)

b. pH

El pH es el término usado para medir la intensidad de acidez o alcalinidad en una solución, se expresa en la concentración de los iones de hidrógeno y se representa en una escala de 0 a 14, donde los valores de pH 7 son considerados neutros; cuando hay un aumento de las condiciones ácidas los valores del pH disminuyen y un aumento de las condiciones alcalinas los valores de pH aumentan (Sawyer et al.1994). En las aguas naturales los valores de pH pueden oscilar entre 4 (agua de lluvia) y 9 en dependencia del sustrato con el cual las aguas entren en contacto. (McNeely et al. 1984).

El pH es una medida de concentración de iones de hidrogeno. El pH es una medida que indica la acidez del agua. 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. Aguas fuera del rango normal de 6 a 9 pueden ser dañinas para la vida acuática, estos niveles de pH pueden causar perturbaciones celulares y la eventual destrucción de la flora y fauna acuática. Agua que contenga más iones de hidrógeno tiene una acidez mayor, mientras que agua que contiene más iones de hidróxido indica un rango básico.

El pH puede afectarse por componentes químicos en el agua, siendo un indicador importante de que el agua está cambiando químicamente. El pH se reporta en "unidades logarítmicas," Cada número representa un cambio de 10 veces su valor en la acidez/rango normal del agua. El agua con un pH de 5, es diez veces más ácida que el agua que tiene un pH de seis. La contaminación puede cambiar el pH del agua, lo que a su vez puede dañar la vida animal y vegetal que existe en el agua. <http://water.usgs.gov>

c. Conductión específica o conductividad eléctrica

Conducción específica, 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, el agua de mar tendrá una conductividad mayor.

El agua 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. <http://water.usgs.gov>

d. Sólidos totales disueltos

Los sólidos totales disueltos (TDS) constituyen una medida de la parte de sólidos en una muestra de agua que pasa a través de un poro nominal de 2,0 μm (o menos) en condiciones específicas. <http://water.usgs.gov>

El término TDS describe la cantidad total de sólidos disueltos en el agua. Los sólidos totales disueltos y la conductividad eléctrica están estrechamente relacionados. Cuanto mayor sea la cantidad de sales disueltas en el agua, mayor será el valor de la conductividad eléctrica. La mayoría de los sólidos que permanecen en el agua tras una filtración de arena, son iones disueltos. El cloruro de sodio por ejemplo se encuentra en el agua como Na^+ y Cl^- . El agua de alta pureza que en el caso ideal contiene solo H_2O sin sales o minerales tiene una conductividad eléctrica muy baja. La temperatura del agua afecta a la conductividad eléctrica de forma que su valor aumenta de un 2 a un 3 % por grado Celsius. <http://www.lenntech.com>

e. Cloruros

Los cloruros (Cl^-) son los principales aniones inorgánicos en el agua. A diferencia de los indicadores más generales de la salinidad (la conductividad y los STD). El incremento de cloruro en el agua ocasiona el aumento de la corrosividad del agua. El alto contenido de cloruros impide que el agua sea utilizada para el consumo humano o animales. Altos porcentajes de cloruros en los cuerpos de agua también pueden matar a la vegetación circundante. <http://water.usgs.gov>

f. Demanda bioquímica de oxígeno

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es la cantidad de oxígeno usado por las bacterias bajo condiciones aeróbicas en la oxidación de materia orgánica para obtener CO_2 y H_2O . Esta prueba proporciona una medida de la contaminación orgánica del agua, especialmente de la materia orgánica biodegradable. <http://water.usgs.gov>

g. Coliformes totales

Los coliformes son bacterias principalmente asociadas con los desechos humanos y animales. Los coliformes totales proporcionan una medida de la contaminación del agua proveniente de la contaminación fecal. <http://water.usgs.gov>

h. Turbidez o turbiedad

La turbidez o turbiedad indica la cantidad de materia sólida suspendida en el agua y se mide por la luz que se refleja en una columna de agua que contiene esta materia. A mayor intensidad de luz dispersa, mayor nivel de turbulencia. La materia que causa turbulencia en el agua incluye:

- 1). Arcilla
- 2). Fango
- 3). Materia orgánica e inorgánica.
- 4). Componentes de color orgánicos solubles
- 5). Plankton
- 6). Organismos microscópicos

La turbulencia hace que el agua pierda su transparencia y sea opaca. La 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. Durante una tormenta, partículas de la tierra de los alrededores se introducen al río, originando agua de color café (por el lodo), lo cual indica que el agua tiene valores de turbulencia altos.

Así mismo, durante flujos altos, las velocidades del agua se incrementan igual que los volúmenes del agua, lo cual propicia que la misma velocidad del agua revuelva las

materias suspendidas en el fondo del arroyo, causando turbulencias mayores.
<http://water.usgs.gov>

i. 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. <http://water.usgs.gov>

Un flujo rápido de agua, tal como se encuentra en un arroyo de montaña, o un río grande, tiende a contener mucho oxígeno disuelto, mientras que el agua estancada contiene poco oxígeno. La bacteria existente en el agua puede consumir oxígeno al podrirse la materia orgánica. Por lo tanto, materia orgánica en exceso en lagos y ríos puede hacer que se escasee el oxígeno existente en el agua. <http://water.usgs.gov>

La vida acuática tiene grandes problemas para poder sobrevivir en agua estancada que tiene materia orgánica descompuesta especialmente durante el verano, cuando los niveles de oxígeno disuelto se encuentran en sus niveles estacionales más bajos.
<http://water.usgs.gov>

Cuadro 3. Escala de oxígeno disuelto en una masa de agua dulce.

Nivel de OD (ppm)	Calidad del agua
0,0 - 4,0	Mala para algunas poblaciones de peces y macroinvertebrados empezarán a bajar.
4,1 - 7,9	Aceptable
8,0 - 12,0	Buena
12,1 o más	Repita la prueba. El agua puede airearse artificialmente.

Fuente: www.k12sciencie.org

j. Carbonatos

La cantidad de calcio y magnesio disueltos en el agua determina su "dureza", la dureza del agua varía de acuerdo a cada región geográfica. Si vive en una área en donde el agua es "suave," (que contiene únicamente sólidos pequeños disueltos) entonces la dureza del agua en realidad no es muy importante. Sin embargo, si vive en donde el agua es relativamente dura, entonces notará que le es difícil obtener espuma cuando se lava sus manos o su ropa. <http://water.usgs.gov>

k. 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 eutrofización de lagos o pozas. La eutrofización 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.k12.science.org

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

Nivel NO_3^- (ppm)	Calidad del agua
0 - 1,0	Excelente
1,1 - 3,0	Buena
3,1 - 5,0	Aceptable
5,0 o más	Mala

Fuentes: www.k12.science.org

1. 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.k12.science.org

Cuadro 5. 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

Fuentes: www.k12.sciencie.org

5. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico

Cuadro 6. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Sustancia	mg/L	0.3
Aluminio total	Al	mg/L	0.1
Amoníaco	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.

6. Indicadores biológicos a considerar en la calidad del agua

En general, todo organismo es indicador de las condiciones del medio en que se desarrolla, ya que de cualquier forma su existencia en un espacio y momentos determinados responden a su capacidad de adaptarse a los distintos factores ambientales. Sin embargo, en términos más estrictos, un indicador biológico acuático se ha considerado como aquel, cuya presencia y abundancia señalan algún proceso o estado del sistema en el cual habita. Los indicadores biológicos se han asociado directamente con la calidad del agua, más que con procesos ecológicos o con su distribución geográfica.

Es pertinente aclarar que más que a un organismo, el indicador biológico se refiere a la población de individuos de la especie indicadora, y en el mejor de los casos al conjunto de especies que conforman una comunidad indicadora. El concepto de organismo indicador se refiere a especies seleccionadas por su sensibilidad o tolerancia (normalmente es la sensibilidad) a varios parámetros. Usualmente los biólogos emplean bioindicadores de contaminación debido a su especificidad y fácil monitoreo, y define a los organismos

indicadores como la presencia de una especie en particular, que demuestra la existencia de ciertas condiciones en el medio, mientras que su ausencia es la consecuencia de la alteración de tales condiciones. (TORO et al., 2003).

a. Principios de la bioindicación

Un contaminante es cualquier otro evento particular que perturbe las condiciones iniciales de un sistema acuático, que provocaban una serie de cambios en los organismos, cuya magnitud dependerá del tiempo que dure la perturbación, su intensidad y naturaleza. La acción puede ser indirecta (cambios en el medio) o directa (ingestión o impregnación). Los efectos sobre la fauna acuática cuando es sometida a la descarga de una sustancia tóxica; a medida que transcurre el tiempo se pasa de respuestas individuales (bioquímicas y fisiológicas) a respuestas poblacionales, comunitarias y ecosistémicas.

Entonces un indicador biológico será aquel que logre soportar los efectos ocasionados por el elemento perturbante, es decir, que muestre algún tipo de respuesta compensatoria o tolerante. Estas respuestas significan para la especie, mantener el funcionamiento normal a expensas de un gran gasto metabólico (TORO et al., 2003).

b. Importancia de los indicadores biológicos

El uso de especies para detectar procesos y factores en los ecosistemas acuáticos tiene varias ventajas:

- 1) Las poblaciones de animales y plantas acumulan información que los análisis fisicoquímicos no detectan, es decir, las especies y comunidades bióticas responden a efectos acumuladores intermitentes que en determinados momentos un muestreo de variables químicas o físicas pasan por alto.

- 2) La vigilancia biológica evita la determinación regular de un número excesivo de parámetros químicos y físicos, ya que en los organismos se sintetizan o confluyen muchas de estas variables.
- 3) Los indicadores biológicos permiten detectar la aparición de elementos contaminantes nuevos o insospechados.
- 4) Puesto que muchas sustancias se acumulan en el cuerpo de ciertos organismos, su concentración en esos indicadores puede reflejar el nivel de contaminación ambiental.
- 5) Como no es posible tomar muestras de toda la biota acuática, la selección de algunas pocas especies indicadoras simplifica y reducen los costos de la valoración, sobre el estado del ecosistema, a la vez que se obtiene solo la información pertinente, desechando un cúmulo de datos difícil de manejar e interpretar. (TORO et al., 2003).

c. **Uso de bioindicadores**

Los principales usos que se han dado a los indicadores biológicos, ha sido la detección de sustancias contaminantes, sean estos metales pesados, materia orgánica, nutrientes (eutrofización), o elementos tóxicos como hidrocarburos, pesticidas, ácidos, bases y gases con miras a establecer la calidad del agua.

En adición a esta utilización primordial, existen otra serie de fenómenos que no son de origen cultural y que se pueden determinar mediante bioindicadores como son por ejemplo:

- 1) Saturación de oxígeno
- 2) Condiciones de anoxia
- 3) Condiciones de pH

- 4) Estratificación térmica y de oxígeno en la columna de agua
- 5) Turbulencia del agua
- 6) Eutrofización natural
- 7) Grado de mineralización del agua
- 8) Presencia de determinados elementos como hierro, sílice y calcio
- 9) Fenómenos de sedimentación.

d. Selección de bioindicadores

Antes de seleccionar los bioindicadores, se debe definir que factor ambiental o para que tipo de contaminación se quiere un indicador, empleando organismos acuáticos. Casi cualquier especie puede ser indicador de algo, pero puesto que el conocimiento de la ecología de la mayoría de las especies es mínimo, y si no fuera ese el caso, los recursos son limitados, entonces se debe seleccionar a organismos potencialmente más útiles para el problema particular a resolver.

Al seleccionar indicadores de protección ambiental los siguientes atributos son particularmente deseables. Un indicador ideal debería, sin ambigüedades indicar parámetros ambientales, mediante su presencia muy estrechamente definida.

- 1) Son fácilmente identificados, incertidumbres taxonómicas pueden confundir la interpretación de los datos.
- 2) Pueden ser fácilmente muestreados, esto es, sin necesidad de varios operarios o equipos costosos, y cuantitativamente.
- 3) Tener distribución cosmopolita, la ausencia de especies con requerimientos ecológicos muy estrechos y distribución limitada, puede no estar asociado a la polución, etc.

- 4) Deben estar asociados a abundantes datos auto ecológicos, esto es de considerable ayuda en el análisis de resultados de estudios y legados de polución o índices bióticos.
- 5) Deben tener importancia económica como recurso o perjuicio o peste: especies económicamente importantes (peces) o son perjudiciales (algunas algas) tienen interés intrínseco
- 6) Deben fácilmente acumular poluentes, especialmente para reflejar niveles ambientales puesto que facilita la comprensión de su distribución en relación al nivel de poluentes.
- 7) Deben ser fácilmente cultivables en laboratorio, lo cual también ayuda en estudios experimentales relacionados de sus respuestas a poluentes y observaciones de campo.
- 8) Deben tener baja variabilidad, tanto genética como en su rol (nicho) en la comunidad biológica (HELLAWELL, 1986)

e. **Organismos bioindicadores**

Los organismos o grupos de organismos más utilizados como indicadores de contaminación son:

1) **Bacterias**

Las aguas destinadas a consumo doméstico, los factores más importantes a tener en cuenta es su estado sanitario, reflejado en los organismos que contiene. En este caso es necesario utilizar índices bacteriológicos que consideran la proporción de organismos indicadores de contaminación fecal presentes en las aguas a través del conteo directo de las poblaciones

de coliformes (especialmente *Escherichia coli*) y de estreptococos, y a veces también de otras especies de virus, sulfabacterias, ferrobacterias.

Uno de los mayores problemas empleando índices bacteriológicos es el tiempo que necesitan para obtener resultados, puede tardar varios días y hasta una semana o mas antes de obtener los grupos de organismos buscados, asimismo los resultados son difíciles de interpretar, claro esta que las células que crecen en cultivos son resistentes, pero la pregunta radica en si estas células fueron activas en el momento del muestreo.

Similar problema existe cuando se emplean conteos directos del número de células bacterianas ya que es difícil y solo posible con técnicas avanzadas y costosas para distinguir entre células bacterianas viables o inviables o partículas del mismo tamaño. (www.cricyt.edu)

2) Fitoplancton

La importancia de emplear algas como indicadores biológicos se debe a su relación con la eutrofización. En aguas libres, como de lagos, es el único grupo de organismos que se puede utilizar par investigar el enriquecimiento orgánico.

La toma de muestras es fácil, pero la obtención de muestras cuantitativas es difícil especialmente para formas que estén atadas. La tolerancia de las algas a la contaminación orgánica es muy conocida, sin embargo no son útiles como indicadores de contaminación por biocidas o por metales pesados. (LUJÁN, 2000)

Una de las características más importantes de las algas es su capacidad depuradora del medio ambiente, ya que a través del proceso de fotosíntesis incorporan oxígeno, contribuyendo de esta manera a la oxidación de la materia orgánica, y aumentar el oxigeno disuelto en el agua, el cual será utilizado por las otras comunidades u organismos que componen la flora y fauna del medio acuático donde viven.

De las microalgas, las diatomeas son preferidas para los monitoreos debido a que es el grupo autotrófico dominante además de que su identificación es simple. Las ventajas de su uso es que son cosmopolitas, algunas especies son muy sensibles a cambios ambientales, mientras que otras muy tolerantes, algunas son muy sensibles a cambios ambientales por períodos muy largos, el muestreo es sencillo y rápido, pueden cultivarse para estudiarlas en diseños experimentales (TORO et al., 2003)

3) Macrofitas

Las macrófitas comprenden a todas las plantas acuáticas pluricelulares, incluyen a musgos, hepáticas y fanerógamas, son componentes naturales de la mayoría de los ecosistemas acuáticos.

Las ventajas del uso de macro fitas como indicadoras radican en que son estacionarias y su recolección es fácil debido a su tamaño y ubicación en el cuerpo de agua (orillas). El muestreo cualitativo de estos organismos incluye una observación visual y recolección de los tipos más representativos del área de estudio. La comunidad de macrofitas tienen influencia del clima, geología y tipo de sustrato.

4) Peces

Este grupo es el único que es monitoreado fácilmente por el público o grupos interesados como los pescadores.

Al ser el ápice de la cadena alimentaría, los peces reflejan efectos de contaminación directa e indirecta, esta ultima por alimentarse de otros peces contaminados. Sin embargo. Los peces tienen una gran movilidad dentro del ambiente acuático y pueden escapar de la contaminación y volver cuando las condiciones hayan mejorado.

El primer sistema multimétrico para conocer la calidad del agua fue desarrollado para aplicarse en peces y se usó como un modelo para utilizarlo en otros organismos como los macroinvertebrados (FORE et al., 1996).

5) Macroinvertebrados

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.

Cualquier tipo de substrato puede constituirse en hábitat adecuado para estos organismos incluyendo grava, piedra, arena, fango, detritus, plantas vasculares, algas filamentosas, troncos, etc. Los macro invertebrados se multiplican en grandes cantidades, se pueden encontrar miles en un metro cuadrado. Son importantes en la alimentación de los peces. Los macro invertebrados pueden alimentarse de plantas acuáticas, restos de otras plantas, algas, otros invertebrados, peces, pequeños restos de comida en descomposición, elementos nutritivos del suelo, animales en descomposición, elementos nutritivos del agua, sangre de otros animales. A consecuencia de su enorme diversidad es probable que algunos de ellos respondan a cualquier tipo de contaminación.

a) Orden trichóptera



Figura 1. Orden trichóptera

Los trichópteros son insectos semejantes a mariposas nocturnas, de tamaño pequeño a grande (1 a 30 mm) con larvas y pupas acuáticas. La mayoría son de colores bastante sombríos con manchas cafés. Unos pocos son más brillantemente coloreados, con o sin manchas contrastantes en las alas anteriores. El cuerpo y los apéndices, especialmente las alas anteriores, están cubiertas por pelos (raramente escamas). Las antenas son largas y filiformes, generalmente tan o más largas que el cuerpo. Presentan ojos compuestos y los ocelos pueden o no estar presentes. Las piezas bucales, especialmente las mandíbulas, están reducidas, pero los palpos maxilares (de 5 segmentos o menos en algunos machos) y labiales (de 3 segmentos) son notables. Sus alas membranosas cuando están en reposo se mantienen sobre el cuerpo y toman una posición oblícua en forma de techo. La venación de las alas es bastante generalizada y ambas poseen una pequeña mancha, la nigma, en la bifurcación de las venas R4 y R5. Las patas son largas y delgadas, con espinas tibiales prominentes. La cabeza, el pronoto y el mesonoto tienen "verrugas de setas" sobresalientes y características. Los adultos de Trichoptera son terrestres, de hábitos reservados y generalmente nocturnos. Los adultos son encontrados cerca de ríos y lagos y son atraídos por la luz. Se alimentan de líquidos y son de vida muy corta. Hay 3 subórdenes, 40 familias y se conocen alrededor de 7000 especies descritas de agua dulce alrededor del mundo. (www.ryosenderos.com)

Las larvas son acuáticas; unas pocas especies son terrestres o marinas. Se parecen a orugas de mariposa, pero además de las patas torácicas, poseen sólo un par de propatas abdominales terminales, en cuyo extremo tienen una uña. La cabeza, tórax y patas torácicas están bien desarrollados y el abdomen puede o no tener branquias filamentosas. Muchas larvas construyen vainas o estuches portátiles de una gran variedad de formas y materiales, cementados unos con otros por medio de seda secretada del labio. Otras construyen refugios estacionarios de los cuales hilan una red de seda para filtrar detritus del agua o capturar presas. Algunas no construyen ni estuches ni refugios y se dice que son de "vida libre". Las larvas empupan dentro del refugio o estuche y las de vida libre construyen una cubierta pupal especial.

Las larvas se alimentan de algas asociadas con las hojas en descomposición, raspan diatómeas de las piedras sumergidas o depredan invertebrados pequeños. Unas pocas se

alimentan de hojas verdes. Las larvas son vitalmente importantes en las redes alimentarias, pero se conoce muy poco acerca de la ecología, comportamiento o historia natural de los tricópteros en los Neotrópicos.

Los Trichopteros son insectos holometábolos cuyas larvas viven en todo tipo de hábitat (lóticos y lénticos), pero en lóticos fríos es donde parece presentarse la mayor diversidad. La mayoría de los Trichopteros requieren de uno o dos años para su desarrollo, a través de los cuales pasan por cinco o 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 le agua y los encierran por lo regular en una masa gelatinosa.

Una de las características más llamativas de los Trichopteros es su capacidad de construir casa o refugios, de formas variadas, a menudo característico 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 busca de oxígeno y alimento. Las larvas se alimentan de material vegetal y algas que se 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.
- Distribución geográfica: Según Flint (1971,1978^a), citado por Roldán 1996, los Trichopteros son cosmopolitas, pero para el geotrópico se han descrito familias, géneros y especies propios de esa región.
- 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

numero 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. (www.ryosenderos.com)

b) **Orden ephemeróptera**

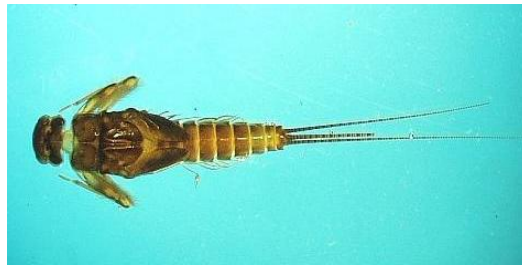


Figura 2. Orden ephemeróptera.

El orden de insectos EpHemeroptera recibe su nombre debido a su efímera etapa final de adultos alados, cuyo único propósito, en las limitadas horas de existencia como tales, es de reproducirse y morir. Estas moscas pasan varios meses (incluso hasta un año) viviendo como un inmaduro - en este caso una ninfa, que se desarrolla a lo largo del año - en el medio acuático de un río o un lago (según la especie). En este período se alimentan ya sea de materia vegetal o bien orgánica e incluso de otros insectos de otras o la misma especie, como es el caso de algunas de las habitantes de aguas australes (familia Amelitopsidae). Algunas de estas inmaduras nadan, otras se arrastran, pero en general se mantienen cerca del fondo, en sectores con buena oxigenación, y otras especies en sectores más tranquilos, como el fondo de un lago.

Una vez que han alcanzado la “madurez” como ninfa, estos insectos interpretan las condiciones del cuerpo de agua y climáticas como una señal, que miles y miles de estos insectos de una sola especie siguen simultáneamente, produciéndose una migración de estos inmaduros hacia la superficie. En la superficie son arrastrados por la corriente mientras luchan por liberarse de su caparazón de ninfas para aparecer como un insecto alado - proceso conocido como eclosión. (www.ryosenderos.com)

- **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.

3) **Orden plecóptera:**



Figura 3. Orden plecóptera

Los plecópteros son insectos poco comunes y se encuentran cerca de lagos o vertientes. Poseen una hemimetamorfosis donde los estados ninfales son acuáticos y con algunas excepciones ligados exclusivamente a los ambientes lóticos. En algunos casos se encuentran generalmente en aguas rápidas, turbulentas, frías y altamente oxigenadas, es por esta razón que se consideran excelentes bioindicadores de calidad de agua.

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 si, 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.)

- **Biología:** Las ninfas de los Plecópteros se caracterizan por tener dos cerci, largas antenas, agallas torácicas en posición ventral y a veces agallas anales. Su coloración puede ser amarillo pálido, pardusco hasta café oscuro o negro. La respiración es realizada por medio de agallas y a través de la superficie corporal. Los huevos los ponen sobre el agua durante el vuelo.

La eclosión de los huevos y la emergencia de las ninfas en los trópicos no se conocen; es posible que se haga a lo largo del año, alternando períodos de lluvia y sequía.

Los machos preceden a las hembras en la emergencia, la cópula tiene lugar en la vegetación o en las piedras cerca del agua. El desarrollo embrionario puede tomar desde pocas semanas hasta unos años. Las larvas que emergen necesitan aguas frías y bien oxigenadas. El desarrollo de las ninfas comprende desde tres meses hasta varios años dependiendo de las especies, sexo y condiciones ambientales. Este proceso involucra 12 a 33 estadios requiriendo las especies tres años y más de 12 estadios. La dieta de las larvas también es variada así pueden ser: herbívoros, detritívoros o carnívoros, alimentándose de plantas acuáticas, algas o detritus o de otros insectos y pequeños animales.

- **Ecología:** Las ninfas de los Plecópteros viven en aguas rápidas, bien oxigenadas, debajo de las piedras, troncos, ramas y hojas. Situadas alrededor de los 2.000 metros de altura son por lo tanto, indicadores de aguas muy limpias y oligotróficas.
“Los altos requisitos de la calidad del agua de las ninfas se requiere en casi todos pero una poca especie hábitat conforme a niveles bajos del oxígeno, a altas temperaturas y al enriquecimiento orgánico, y éste ha conducido a su uso eficaz como indicadores biológicos de la degradación ambiental.”
- **Importancia económica:** Requiere agua limpia, bien oxigenada para sobrevivir. Son extremadamente sensibles a la contaminación del agua y son utilizados por los ecologistas como indicadores de la pureza del agua. Es también una fuente importante del alimento para los pescados (trucha) en corrientes frías de la montaña. (Roldan, P.1996.)

4) **Orden díptera**



Figura 4. 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 un 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 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.)

5) Orden coleóptero



Figura 5. Orden coleóptero.

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 léxicas, 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 léxicos. 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 léxicos, 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 dentívoros. (Roldan, P.1996.)

- **Distribución geográfica:** La mayoría de las familias de los coleópteros acuáticas son cosmopolitas. Algunos se encuentran tanto en zonas templadas como en zonas tropicales. Sin embargo, algunas familias y especies son propias de zonas templadas. Algunos géneros y especies se encuentran principalmente en regiones tropicales como por ejemplo, los géneros de la familia Noteridae:

- **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.)

B. AFLUENTES DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS

1. El origen del río, el origen de la vida

El sistema fluvial es la red de ríos que va de la cabecera hasta la desembocadura. Todos los ríos del mundo nacieron hace millones de años. Los ríos Napo y Santiago, por ejemplo, se formaron muchísimo tiempo antes de la aparición de los seres humanos. Los riachuelos nacen en pozas subterráneas donde se acumula el agua de lluvia, de la nieve derretida o de desagües o escapes de agua de lagos y estanques. Luego salen a la superficie en forma de manantial.

Los riachuelos se unen a otros ríos, formando una red parecida a las ramas de un árbol. Esta red, llamada sistema fluvial, se inicia en las cabeceras de los ríos y termina en los lagos o en el mar. Los ríos están rodeados de poca o mucha vegetación. El área de tierra junto al sistema fluvial, y que se beneficia directamente de sus aguas, se llama cuenca. En esta red, en forma de árbol, el tronco principal es el río más grande de la cuenca y es generalmente el que le da el nombre al río. Las ramas más pequeñas son los esteros o afluentes. (CARRERA, C. y FIERRO, K. 2001)

2. Distribución del agua en la tierra

La cantidad de agua de los ríos comprende únicamente cerca de 300 millas cúbicas, que representan cerca de la 1/10 000, parte del 1% de toda el agua de la Tierra.
<http://water.usgs.gov>

Cuadro 7. Distribución del agua de la tierra

Origen del agua	Volumen del agua en kilómetros cúbicos	Por ciento de agua total
Océanos	1,321,000,000	97.24%
Capas de hielo, glaciares	29,200,000	2.14%
Agua subterránea	8,340,000	0.61%
Lagos de agua dulce	125,000	0.009%
Mares tierra adentro	104,000	0.008%
Humedad de la tierra	66,700	0.005%
Atmósfera	12,900	0.001%
Ríos	1,250	0.0001%
Volumen total de agua	1,360,000,000	100%

Fuente: Encuesta Geológica (EEUU) y El Ciclo Hidrológico (Panfleto), Geological Survey, 1984

3. Los componentes de un río y sus alrededores

La cobertura vegetal de la orilla evita el ingreso de contaminantes al agua. Para saber las condiciones ideales del río, observar los cambios que le ocurren con el tiempo y con la actividad humana, y corregir los efectos negativos; es preciso conocer su naturaleza y las áreas que lo rodean. A continuación detallamos algunas de las áreas relacionadas con los ríos.

a. La cuenca cercana

Esta zona se extiende unos 400 metros alrededor de la vegetación que crece a la orilla del río. Lo que ocurra en esta área afecta directamente la calidad del agua.

b. La zona inundable

Es el área de tierra que rodea a un río o estero y que se convierte en pantano cuando hay inundaciones. Es, al mismo tiempo, zona fértil para los sembradíos por ser húmeda, pero peligrosa para edificar viviendas o criar animales por su inestabilidad.

c. La orilla o ribera del río

Es la franja de vegetación que crece justo al borde de los bancos del río. Esta zona es una especie de filtro, de esponja, que evita que los contaminantes transportados por la escorrentía se mezclen con el agua del río. Con su humedad controla la erosión de los bancos, y con su sombra regula la temperatura del agua.

d. Los bancos del río

Son las paredes laterales que mantienen el flujo del agua en su curso. Los bancos evitan inundaciones en las cuencas, siempre y cuando la fuerza del agua no los erosione, derrumbe o rebase su altura.

e. La cobertura lateral

Es aquella capa de vegetación que da protección y sombra a los seres que viven dentro del agua, y mantiene su temperatura.

4. Otros elementos importantes

a. Las pozas

Son los lugares del río donde la circulación del agua es lenta y hay mayor profundidad. Normalmente, tienen sedimentos (lodo) en el fondo.

b. Los rápidos

Son secciones del río poco profundas y turbulentas donde el movimiento del agua es más rápido y choca con las rocas, que en esas partes, están parcial o totalmente sumergidas.

c. Las corrientes

Son sectores del río donde el agua corre pero sin turbulencia. Tienen generalmente piedras pequeñas en el fondo.

d. El sustrato

Es el material que se deposita en el fondo o lecho del río y que puede ser de arcilla, piedras, rocas, arena, etcétera. (CARRERA, C. Y FIERRO, K. 2001)

C. CONTAMINANTES DEL AGUA

1. Principales contaminantes del agua

- a. Aguas residuales y otros residuos que demandan oxígeno (en su mayor parte materia orgánica, cuya descomposición produce desoxigenación del agua).
- b. Nutrientes vegetales que pueden estimular el crecimiento de plantas acuáticas. Éstas, a su vez, interfieren con los usos a los que se destina el agua y al descomponerse, agotan el oxígeno disuelto y producen olores desagradables.
- c. Productos químicos, incluyendo pesticidas, diversos productos industriales, sustancias tensioactivas contenidas en detergentes, y productos de la descomposición de otros compuestos orgánicos.
- d. Sedimentos formados por partículas del suelo y minerales arrastrados por tormentas y escorrentías desde las tierras de cultivo, suelos sin protección, explotaciones mineras, carreteras y derribos urbanos.

- e. El calor también puede ser considerado un contaminante cuando el vertido del agua empleada para la refrigeración de fábricas y centrales energéticas que hacen subir la temperatura del agua de la que se abastecen. (MONOGRAFIAS, 2008)

2. Fuentes puntuales y no puntuales

a. Las fuentes puntuales

- **Industria.** Según el tipo de industria se producen distintos tipos de residuos. Normalmente en los países desarrollados muchas industrias poseen eficaces sistemas de depuración de las aguas, sobre todo las que producen contaminantes más peligrosos, como metales tóxicos. En algunos países en vías de desarrollo la contaminación del agua por residuos industriales es muy importante. Ejemplo: Construcción: sólidos en suspensión, metales, pH; la minería: sólidos en suspensión, metales pesados, materia orgánica, pH, cianuros. Textil y piel: cromo, taninos, tensoactivos, sulfuros, colorantes, grasas, disolventes orgánicos, ácidos acético y fórmico, sólidos en suspensión.
- **Vertidos urbanos.** La actividad doméstica produce principalmente residuos orgánicos, pero el alcantarillado arrastra además todo tipo de sustancias: emisiones de los automóviles (hidrocarburos, plomo, otros metales, etc.), sales, ácidos, etc.
- **Navegación.** Produce diferentes tipos de contaminación, especialmente con hidrocarburos. Los vertidos de petróleo, accidentales o no, provocan importantes daños ecológicos.
- **Otras fuentes puntuales de contaminación** son los vertidos urbanos, los vertidos industriales biodegradables, vertidos industriales de actividades, vertidos con sustancias peligrosas emisión de sustancias (piscifactorías, minas) los vertederos de residuos tóxicos y peligrosos, los vertederos urbanos y los vertederos industriales.

Descargan contaminantes en localizaciones específicas a través de tuberías y alcantarillas. Ej: Fábricas, plantas de tratamiento de aguas negras, minas, pozos petroleros, etc. <http://www.chguadalquivir.es> y <http://www.tecnun.es>

b. Las fuentes no puntuales

Son grandes áreas de terreno que descargan contaminantes al agua sobre una región extensa. Ej: Vertimiento de sustancias químicas, tierras de cultivo, lotes para pastar ganado, construcciones, tanques sépticos. (MONOGRAFIAS, 2008)

3. Efectos de la contaminación del agua

Los efectos de la contaminación del agua incluyen los que afectan a la salud humana. La presencia de nitratos (sales del ácido nítrico) en el agua potable puede producir una enfermedad infantil que en ocasiones es mortal. El cadmio presente en los fertilizantes derivados del cieno o lodo puede ser absorbido por las cosechas; de ser ingerido en cantidad suficiente, el metal puede producir un trastorno diarreico agudo, así como lesiones en el hígado y los riñones. Hace tiempo que se conoce o se sospecha de la peligrosidad de sustancias inorgánicas, como el mercurio, arsénico y plomo.

Los lagos son especialmente vulnerables a la contaminación. Hay un problema, la eutrofización, que se produce cuando el agua se enriquece de modo artificial con nutrientes, lo que produce un crecimiento anormal de las plantas. Los fertilizantes químicos arrastrados por el agua desde los campos de cultivo pueden ser los responsables.

El proceso de eutrofización puede ocasionar problemas estéticos, como mal sabor y olor, y un cúmulo de algas o verdín desagradable a la vista, así como un crecimiento denso de plantas con raíces, el agotamiento del oxígeno en las aguas más profundas y la acumulación de sedimentos en el fondo de los lagos, así como otros cambios químicos,

tales como la precipitación del carbonato de calcio en aguas duras. (www.monografias.com)

D. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

1. Depuración del agua

LENNTECH, 2008 Manifiesta, la depuración del agua generalmente significa liberar al agua de cualquier clase de impureza que contenga, por ejemplo contaminante o microorganismos. La depuración del agua no es un proceso unilateral; el proceso de la depuración contiene muchos pasos. Los pasos que necesitan ser progresados dependen de la clase de impurezas que se encuentre en el agua. Esto puede diferir mucho según el tipo de agua.

2. ¿De qué maneras se trata el agua contaminada?

a. Sedimentador

Antes de que el proceso de la depuración comience algunos contaminantes, tales como aceite, pueden ser depositados en el tanque de sedimentación. Ellos pueden que sean eliminados fácilmente después de que hayan alcanzado el fondo del depósito.

b. Retiro de microorganismos peligrosos

El agua contaminada a menudo tiene que ser liberada de microorganismos. El agua es entonces desinfectada, generalmente por medio de la desinfección con cloro.

c. Retiro de sólidos disueltos

Los microorganismos no son solamente una amenaza en el tratamiento del agua; pueden también ser una ventaja cuando se usan en procesos de depuración del agua. Pueden convertir contaminantes dañinos en sustancias inofensivas. Este proceso conlleva generalmente un tiempo largo y se utiliza solamente para el agua que está contaminada con contaminantes que los microorganismos, generalmente bacterias, pueden convertir.

d. Técnicas físicas/químicas

Cuando el tratamiento por microorganismos no es una opción utilizamos a menudo diversas técnicas de tratamiento, llamadas técnicas físicas/químicas de tratamiento. El tratamiento químico se ocupa a menudo por medio de la adición de ciertos productos químicos, para cerciorarse de que los contaminantes cambian la estructura y puedan ser eliminados más fácilmente. Los fertilizantes tales como nitratos se quitan de esta manera. El retiro de contaminantes se puede también hacer con procesos químicos específicos más difíciles. Lleva mucha educación entender completamente estos pasos de depuración. El tratamiento físico se ocupa generalmente de pasos de la depuración tales como filtración. (LENNTECH, 2008)

E. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

1. Relieve

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

Los paisajes glaciares típicos tienen una cobertura importante y uniforme de proyección de cenizas reciente, con excepción de las pendientes más acentuadas sobre las cuales no

podieron mantenerse (picos y agujas rocosas, flancos de circos). Los suelos son desarrollados a partir de capas de piroclastos de gran espesor, son andosoles desaturados humíferos y negros.

Los paisajes de páramo se componen esencialmente de cimas contextuali onduladas y rebajas con cumbres anchas redondeadas y aplanadas, de donde emergen espinazos rocosos. Sus vertientes tienen débiles pendientes convexo-cóncavas, que se enlazan suavemente con hondonadas; estas últimas pueden estar representadas por acumulaciones coluviales. Se caracteriza por la presencia de la cobertura continua de cenizas recientes, negruzcas postglaciares, con espesores que varían de algunos decímetros a varios metros. Las vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas corresponde a paisajes con cobertura de proyecciones piroclásticas, los relieves son moderados a fuertes con andosoles desaturados, las vertientes superiores son disectadas por barrancos.

2. Geomorfología

Geomorfológicamente la Microcuenca Alta del Río Guargualla se encuentra en cuatro grandes unidades:

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

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

3. Clima

Para la descripción del clima se emplea la clasificación propuesta por Pierre Pourrut (1995), en base al régimen anual de las precipitaciones, y los rangos de temperaturas medias anuales. El clima de la micro cuenca es ecuatorial frío de alta montaña; el que se sitúa por encima de los 3.000 msnm. La altura y la exposición son los factores que condicionan los valores de las temperaturas y las lluvias.

Las temperaturas máximas rara vez sobrepasan los 20° C, las mínimas tienen sin excepción valores inferiores a 0° C y las medias anuales, aunque muy variables, fluctúan casi siempre entre 4 y 8° C. La gama de los totales pluviométricos anuales va de 800 a 2000 mm y la mayoría de las lluvias son de larga duración pero de baja intensidad. La humedad relativa es siempre superior al 80 %. (Ecopar, 2008)

IV. MATERIALES Y MÉTODOS.

A. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR

1. Aspectos generales

El presente documento presenta los resultados de la investigación realizada en la Microcuenca Alta del Río Guargualla, sobre el estudio de la calidad de agua, en sus afluentes, para determinar las causas de la degradación y alternativas de manejo el cual contiene datos reales sobre, algunos aspectos generales, índice de la calidad del agua, calidad del agua mediante el uso de bioindicadores (macroinvertebrados) y la situación del ecosistema que rodea a los principales afluentes de la zona de estudio.

Parte alta de la Microcuenca del Río Guargualla, se encuentra constituida como zona de amortiguamiento del Parque Nacional Sangay, donde todo en su conjunto constituye un mosaico de habitats definidos.

El Río Guargualla desde sus orígenes atraviesa por diferentes asociaciones y comunidades que se encuentran alrededor de la microcuenca, entre las cuales se encuentran: la asociación Asaraty, asociación Yulumpala, asociación Guargualla Chico, las comunidades de Guargualla Grande, Eten, Melan, Gosoy San Luis, San Francisco de Apuñag y la comunidad de Shanaicun, desembocando finalmente en el Río Chambo.

2. Localización

El presente estudio de investigación se realizó en la zona sur oriental de la sub cuenca alta del Río Chambo, en los cantones de Riobamba y Guamote, cubriendo parte de las parroquias de Pungalá y Cebadas, respectivamente en la provincia de Chimborazo.

La Microcuenca limita, al Norte: con la Parroquia Pungalá (Cantón Riobamba); al Sur: con la Parroquia Cebadas (Cantón Guamote); al Este: La Provincia de Morona Santiago; y al Oeste: con la Parroquia Cebadas (Cantón Guamote)¹ con una extensión de 188,82 Km², aproximadamente (ANEXO 01).

3. Ubicación geográfica³

Se encuentra localizada dentro de las siguientes coordenadas UTM⁴. Cuadros 8.

Cuadro 8. Ubicación geográfica de la Microcuenca Alta del Río Guargualla.

UBICACIÓN GEOGRÁFICA	COORDENADAS UTM (M)
Latitud	774 268
Longitud	9 784 345
Altitud (msnm)	2880 - 4400

Fuente: Autor

4. Características climáticas⁵

Temperatura: 11 - 13°C

Precipitación: 600 – 1000mm

4. Clasificación ecológica⁶

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

¹ Fuente: SIG Recursos hídricos Chimborazo.

² Fuente: Sistemas de Información geográfica.

³ Fuente: SIG Recursos Hídricos Chimborazo

⁴ Universal Transversa de Mercator

⁵ Fuente: SIG Recursos Hídricos Chimborazo

⁶ Fuente: SIG Recursos Hídricos Chimborazo

B. MATERIALES

1. Materiales para campo

- Libro con protocolo de muestreo y manual.
- Formularios
- Libreta para campo
- Redes y otro material para muestreos biológicos
- Vara para la obtención de muestras a distancia
- Envases adecuados para depositar las muestras de bioindicadores.
- Baterías, pilas
- Cargador de baterías
- Botas de caucho
- Jeringas y portafiltros
- Filtros de diversos tamaños de poros
- Cuerda
- Ropa impermeable
- Linterna
- Esferos y lápices
- Cinta aislante
- Cinta métrica
- Folletos informativos
- Herramientas varias
- Pinza de relojero
- Guantes de látex
- Mascarilla
- Papel aluminio
- Bolsas de plástico inerte
- Rotulador permanente
- Cronómetro
- Calculadora.
- Papel bond

2. Equipos

- Kit para medir la calidad del agua. Marca “LaMotte” (Codigo5870)
- Conductímetro modelo Extech ExStik® II.
- Estereoscopio
- Cámara fotográfica digital
- Computadora
- GPS

C. METODOLOGÍA

1. Fase logística.

a. **Identificación de los actores internos y externos.**

Previo a realizar el estudio se efectuó el acercamiento con los representantes de las instituciones vinculados al Foro Provincial de los Recursos Hídricos; INAR, CESA, Fundación Natura, GLOWS⁷, con quienes se establecieron convenios de cooperación lo cual facilitó el acceso a la Microcuenca Alta del Río Guargualla que es el área de investigación.

b. **Contacto con líderes comunitarios**

Se realizó reuniones con los líderes comunitarios, representantes de los cabildos, Junta de Agua Guargualla-Licto, dueños de los páramos de la parte alta de la microcuenca, de tal forma que en las actividades que se planifiquen formen parte y se involucre, tratando de esta manera su acompañamiento durante el reconocimiento del lugar de estudio. (ANEXO 02)

⁷ Global Water for Sustainability

c. Reuniones de seguimiento

Establecido los contactos con los organismos vinculados al proyecto (Consortio GLOWS, Fundación Natura, Foro de los Recursos Hídricos de Chimborazo), se realizaron reuniones con el fin de ir informando sobre los avances de la investigación, en donde se realizaron observaciones acerca de los diferentes temas de investigación, con el fin de mejorar los resultados finales

2. Para el cumplimiento del primer objetivo

Previamente se hizo un reconocimiento de la zona, acompañados de dirigentes y líderes comunitarios, conectoras de la zona de estudio y el apoyo de asesores del Foro de los Recursos Hídricos de Chimborazo, representado en el Ingeniero Héctor Espinosa para establecer los diferentes puntos de monitoreo en donde se podía realizar el estudio.

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

Se elaboraron mapa base de ubicación de la red hidrica de Microcuenca Alta del Río Gurgualla, los cuales tienen los siguientes elementos: límites geográficos, afluentes y ríos.

b) Mapas temáticos

Los mapas temáticos que se elaborarán tienen información de:

- Mapas de calidad del agua en la Microcuenca Alta del Río Guargualla, basada en los resultados **físico-químicos** obtenidos en la zona de estudio.
- Mapas de calidad del agua en la Microcuenca Alta del Río Guargualla, basados en **macroinvertebrados** y utilizando los **índices de calidad (EPT)**⁸.
- Mapas de la calidad del agua en la Microcuenca del Río Guargualla, basada en **macroinvertebrados** y utilizando los **índices de sensibilidad (BMWP/Col)**⁹.

2) Definición de los puntos de monitoreo en la zona de estudio

Se elaboró el mapa base en donde se ubicó ocho puntos de monitoreo para la toma de muestras físico-químicos y biológicos, estos puntos se encuentran a lo largo de la Microcuenca Alta del Río Guargualla. (ANEXO 03).

Cuadro 9. Ubicación geográfica de los puntos de monitoreo en la Microcuenca Alta del Río Guargualla.

Puntos de monitoreo		Ubicación geográfica (Coordenadas UTM ¹⁰ (m))		
Código	Río	Longitud	Latitud	Altitud msnm
TEG1	Testigo	775186	9782626	3438
TAG2	Tambillo	775189	9782632	3440
SHAG3	Shaigua	774006	9786279	3242

⁸ Índice ephemeroptero, plecoptero, trichoptero

⁹ Biological Monitoring Working Party

¹⁰ UTM: Universal Transversa de Mercator

YUG4	Yulumpala	773950	9786308	3245
PUG5	Pucupala	773605	9786877	3240
ZAG6	Zanampala	774105	9789972	3180
BOG7	Bocatoma	773404	9790057	3057
DEG8	Desembocadura	766508	9793354	2813

Fuente: Autor

3) Periodicidad del monitoreo

Para acordar el período de monitoreo de los cuerpos de agua empleando el método “in situ” estuvo establecido por la disponibilidad de los recursos humanos, materiales y del transporte principalmente.

Cuadro 10. Plan de monitoreo establecido para la zona de estudio.

INDICADORES	METODOLOGÍA IN SITU “LAMOTTE”	FRECUENCIA DE MONITOREO
Olor	Olfato	Mensual
Color	Visual	Mensual
Claridad	Visual	Mensual
Oxígeno disuelto	kit	Mensual
Alcalinidad	kit	Mensual
p H	Kit	Mensual
Fosfatos	Kit	Mensual
Nitratos	Kit	Mensual
Turbidez	Kit	Mensual
Conductividad	Kit	Mensual
Salinidad	Kit	Mensual
TDS	Kit	Mensual
Temperatura	Kit	Mensual

Fuente: Autor

b. 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. Fundación Natura-Programa GLOWS. Quito. Ecuador.

El kit (Figura6) que se utilizó en el monitoreo de la calidad de agua fue de la fábrica "LaMotte" (Código5870) el cual permite realizar el análisis *in situ*. Los parámetros físicos químicos que permite realizar son los siguientes:



Figura 6. 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

c. Técnicas utilizadas en el monitoreo físicos-químicos. (ANEXO 04)

1) Temperatura

Método: 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)

Método: 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

Método: Se utilizo 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 instrumento (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

Método: 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 acidico
- 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 acido sulfúrico.
- n) Colocar la tapa y mezclar hasta que el precipitado y el reactivo se disuelva completamente. Si la muestra contiene oxigeno 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 émbolo del titulador
- d) Insertar el titulador en el tapo de la botella de la solución de titulación tío sulfato de sodio.
- e) Invertir la botella y retirar lentamente el embolo 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 de titulación. Insertar la punta del titulador en la apertura de la tapa del tubo de titulación.
- i) Continuar titulado hasta que desaparezca el color azul y la solución se torne incolora. El resultado se leerá en ppm de oxigeno disuelto,

Nota: Si la punta del embolo 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

Método: 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 de 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 (V6282G).
- 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 de 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

Método: 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 de 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 de ensayo en el visor octa-slide.
- i) Comparar el color de la muestra con los colores patron
- 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

Método: 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 de 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) Llene 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

Método: 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) Llene 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) Llene 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 (ver paso 1). Agua destilada se puede usar, sin embargo, agua embotellada puede usarse para llenar este tubo. 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 turbidez es cero (0). Si el punto negro en el tubo de muestra es menos claro, continúe con el paso 4.
- 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 en mL	Tubo con 50mL	Tubo con 25 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. 2007.

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

3. Para el cumplimiento del segundo objetivo

Se determinó la calidad del agua, mediante el empleo de macro invertebrados, siguiendo los procedimientos propuestos por Calles, J. A. 2007. En el Manual básico de monitoreo de la calidad del agua. Monitoreo físico-químico, microbiológico, biológico e hidrológico. Fundación Natura-Programa GLOWS. Quito. Ecuador.

a. Técnicas de muestreo

Para la colección e identificación de macroinvertebrados se realizó los siguientes pasos:

(ANEXO 05)

1) En el 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 colección 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 7. Red tipo D-net. Fuente: Roldán, 1992

2) 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).

- 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.

3) 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).

3.1) 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.

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.

La calidad del agua se calcula comparando el resultado con los valores de referencia.
Cuadro 12.

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 12. 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.

3.2) 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 con el Cuadro13.

Cuadro 13. 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, Polymitarcyidae, Xiphocentronidae	9

Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelphusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, 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 14. 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.

4. Para el cumplimiento del tercer objetivo

a. **Situación de los recursos naturales**

Mediante recorridos o salidas se realizó observaciones directas en el campo, en donde se visualizó la situación de los recursos naturales en la zona de los principales afluentes en estudio.

Se estableció énfasis en las actividades que se realizan tales como; cultivos, ganadería, bosque, cubierta vegetal, quemadas y toda actividad antrópica que afectan a la calidad del cuerpo de agua de la microcuenca.

Con lo cual se elaboró alternativas para el adecuado uso y manejo de los recursos naturales para mejorar la calidad del agua. Todos los datos de campo y la información obtenida fueron revisados y analizados mediante el trabajo de gabinete.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. INTERPRETACIÓN DE DATOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO EN LOS PUNTOS DE MONITOREO DE LOS AFLUENTES DE LA MICROCUENCA ALTA DEL RÍO GUARGUALLA.

1. Temperatura

Cuadro 15. Datos de temperatura en los puntos de monitoreo

RESULTADOS DE TEMPERATURA		
id	Río	T (° C)
TEG1	Testigo	8,53
TAG2	Tambillo	9,13
SHAG3	Shaigua	10,54
YUG4	Yulumpala	10,52
PUG5	Pucupala	11,93
ZAG6	Zanampala	11,78
BOG7	Bocatoma	10,44
DEG8	Desembocadura	12,425
MEDIA TOTAL		10,7

Fuente: Autor

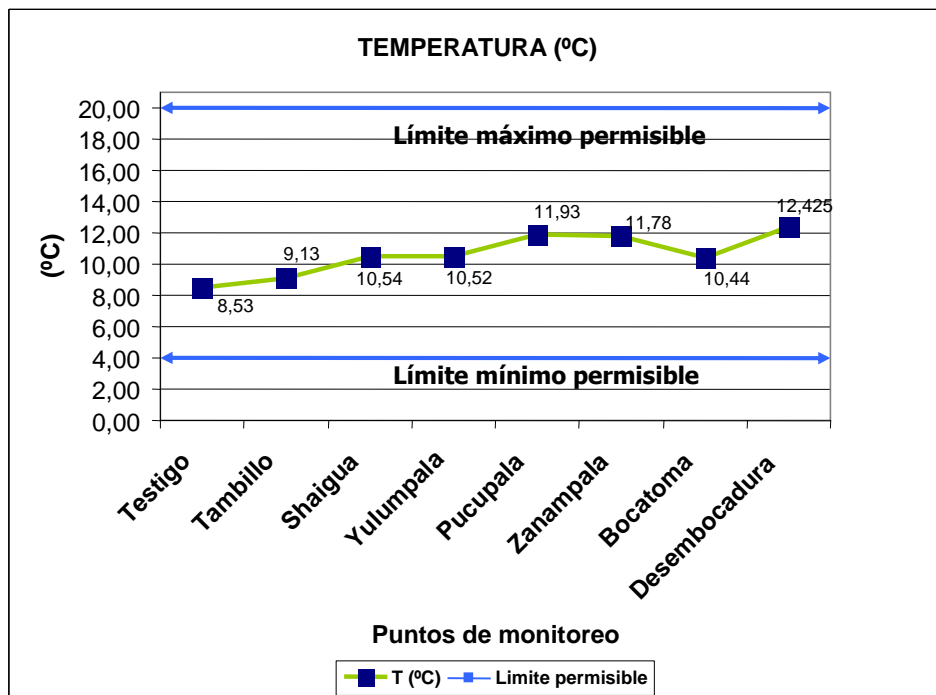


Gráfico 1. Valores de temperatura en los puntos de monitoreo

Discusión.

En el gráfico 1, se presentan datos de temperatura registrados de los ocho puntos de monitoreo en la Microcuenca Alta del Río Guargualla, los mismos que muestran que el valor mas bajo se tuvo en el punto de monitoreo (TEG1) con 8,93° C; mientras que el valor mas alto se tuvo en el punto de monitoreo (DEG8) con 12,42° C.

A medida que descende en su altitud, los datos de temperatura del agua registrados en el campo, muestran una tendencia al alza en cada punto de monitoreo, fenómeno que posiblemente obedece a la relación con la altura, y la presencia de contaminantes como materia orgánica (origen animal o vegetal), u otros desechos de las actividades antrópicas.

Según la normativa Tulas para aguas naturales, que permiten la preservación de flora y fauna, se encuentra estipulada entre 3 - 20° C; donde los valores registrados en el Cuadro 15, se encuentran dentro de este rango, teniendo en cuenta que la temperatura promedio es de 10,7° C y que se enmarca dentro del rango establecido. Deduciendo que el grado de contaminación en la Microcuenca Alta del Río Guargualla es mínimo.

2. Potencial Hidrógeno (pH).

Cuadro N° 16. Datos del pH en los puntos de monitoreo

RESULTADOS DE pH		
id	Río	pH
TEG1	Testigo	7,43
TAG2	Tambillo	7,3
SHAG3	Shaigua	7,1
YUG4	Yulumpala	7,3
PUG5	Pucupala	7,2
ZAG6	Zanampala	7,38
BOG7	Bocatoma	7,32
DEG8	Desembocadura	7,33
MEDIA TOTAL		7,29

Fuente: Autor

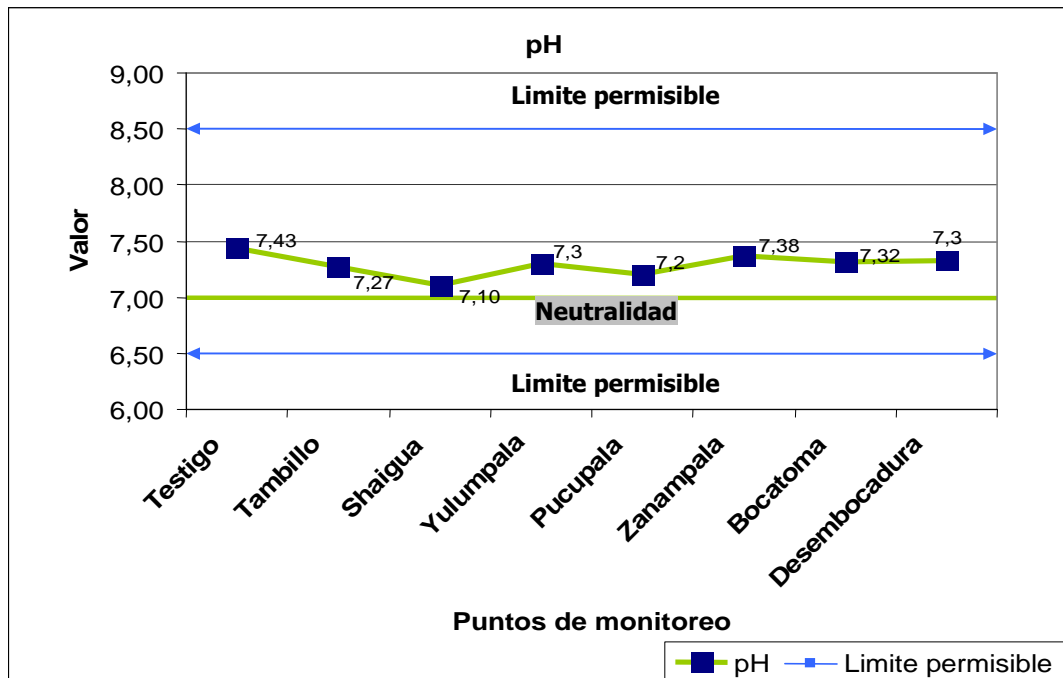


Gráfico 2. Valores de pH en los puntos de monitoreo

Discusión.

En el gráfico 2, se puede determinar que los valores del pH de los diferentes puntos de monitoreo registrados en el campo se encuentran dentro del rango de la neutralidad. Teniendo en el punto de monitoreo (TEG1), el pH más alto con un valor de 7,43 y el valor más bajo se encuentra en el punto de monitoreo (SHAG3) con un valor de 7,1; deduciendo de esta manera que no existe una gran variación en todos los afluentes del Río Guargualla, concluyendo que todos los ríos son bastante estables debido a que no existe una evidencia de contaminantes de carácter ácido o básico que influya directamente en los puntos de monitoreo.

Los valores registrados en el Cuadro 16, se encuentran entre los límites permisibles (6,5 a 8,5); teniendo en cuenta que el pH promedio es de 7,29.

3. Conductividad eléctrica y salinidad

Cuadro 17. Datos de la conductividad eléctrica y salinidad en los puntos de monitoreo

RESULTADOS DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Y SALINIDAD			
id	Río	Conductividad ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	Salinidad (ppm)
TEG1	Testigo	124,13	62,47
TAG2	Tambillo	127,87	63,97
SHAG3	Shaigua	108,70	53,92
YUG4	Yulumpala	123,74	62,12
PUG5	Pucupala	251	125
ZAG6	Zanampala	159,18	79,48
BOG7	Bocatoma	148,28	73,70
DEG8	Desembocadura	197,33	97,50
MEDIA TOTAL		155,03	77,27

Fuente: Autor

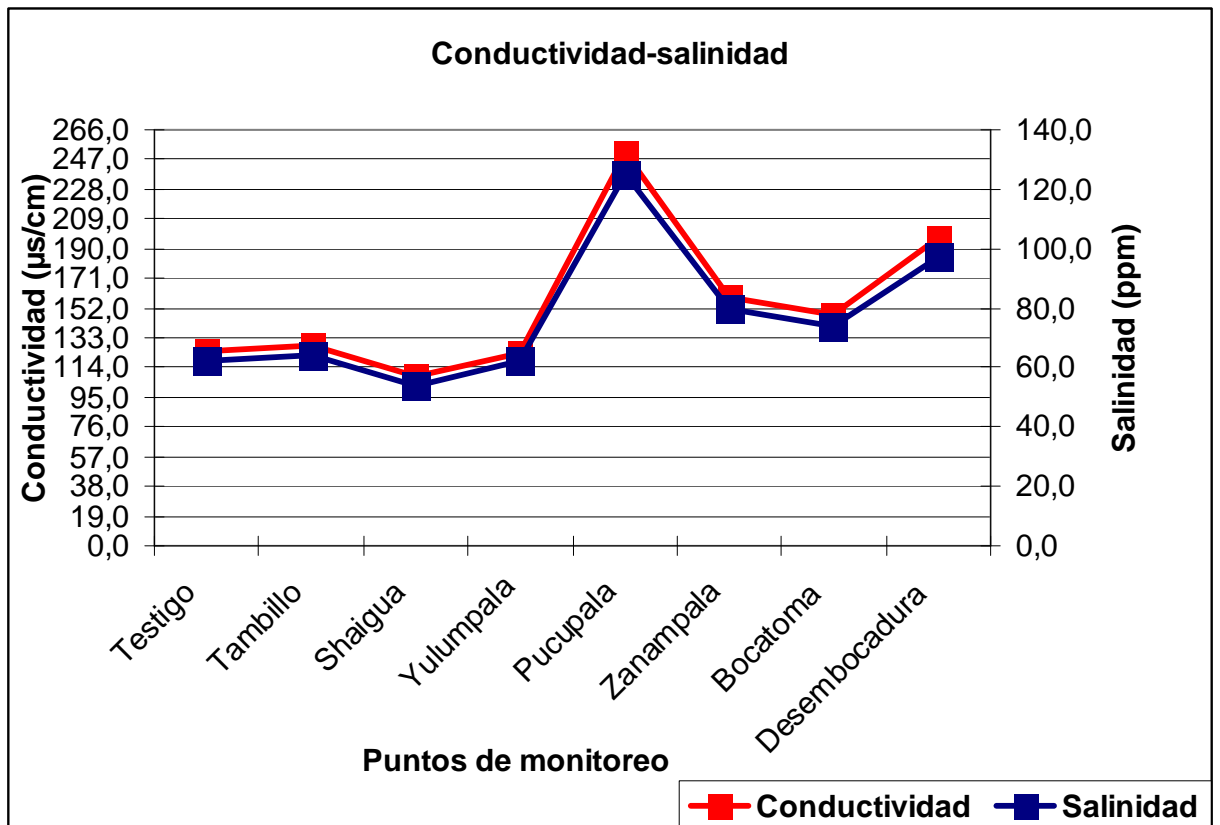


Gráfico 3. Valores de la conductividad y salinidad en los puntos de monitoreo

Discusión.

En el gráfico 3, se observa que entre la conductividad eléctrica y la salinidad existe una relación directa, es así que en los análisis de campo, tanto la conductividad y salinidad en los cuatro primeros puntos de monitoreo (TEG1, TAG2, SHAG3 y YUG4) presentaron condiciones similares; esto debido a que aguas arriba de la Microcuenca Alta del Río Guargualla, la intervención de la actividad humana es escasa, pero a partir del punto de monitoreo (PUG5) 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.

Se puede corroborar a estos datos, teniendo en cuenta que la conductividad, salinidad y temperatura, varían en función del grado de contaminación; debido a que el punto de monitoreo (PUG5) presentan temperaturas mas altas, y por lo tanto a mayor contaminación del agua se eleva la temperatura y conductividad y viceversa.

4. Sólidos totales disueltos (TDS)

Cuadro 18. Datos de sólidos disueltos en los puntos de monitoreo

RESULTADOS DE SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (TDS)		
id	Río	(mg/L)
TEG1	Testigo	88,00
TAG2	Tambillo	90,4
SHAG3	Shaigua	75,46
YUG4	Yulumpala	86,74
PUG5	Pucupala	176,67
ZAG6	Zanampala	111,23
BOG7	Bocatoma	102,54
DEG8	Desembocadura	137,50
MEDIA TOTAL		108,57

Fuente: Autor

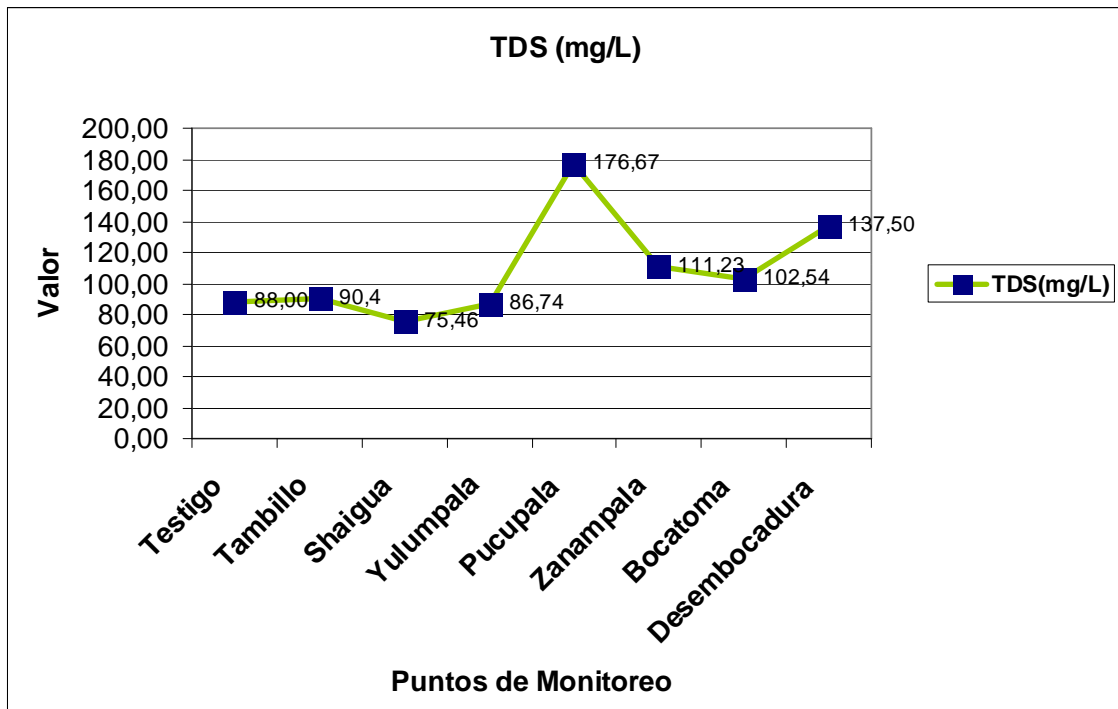


Gráfico 4. Valores de sólidos disueltos en los puntos de monitoreo

Discusión

En el gráfico 4, muestran valores de sólidos totales disueltos, de los afluentes del Río Guargualla, donde los cuatro primeros puntos de monitoreo (TEG1, TAG2, SHAG3 y YUG4) presentan valores inferiores de sólidos totales disueltos (TDS), condición que se puede considerar a una menor contaminación a comparación del punto de monitoreo (PUG5) que tiene sólidos disueltos elevados que inciden en el comportamiento del Río Guargualla; esto probablemente es producido por una mayor actividad humana, debido a que este afluente está cercano a un asentamiento humano, como es la comunidad de Guargualla Chico.

Esta relación directa entre la conductividad y sólidos disueltos totales, demuestra que son básicamente iguales como se verifica en el gráfico 3; incluso sus valores tienen la misma tendencia de incrementarse; mismos que están bajo la dependencia de la incorporación de contaminantes en los distintos tramos del Río Guargualla.

Donde el valor permisible para TDS se encuentra en 500mg/L, por lo que los valores de la presente investigación registran en el Cuadro 18, (108,57mg/L), se enmarcan dentro de este rango aceptable.

5. Alcalinidad

Cuadro 19. Datos de la alcalinidad en los puntos de monitoreo

RESULTADO DE ALCALINIDAD		
id	Río	(ppm) CaCO ₃
TEG1	Testigo	66,67
TAG2	Tambillo	85,00
SHAG3	Shaigua	71,00
YUG4	Yulumpala	73,00
PUG5	Pucupala	101,67
ZAG6	Zanampala	98,75
BOG7	Bocatoma	84,00
DEG8	Desembocadura	84,00
MEDIA TOTAL		83,01

Fuente: Autor

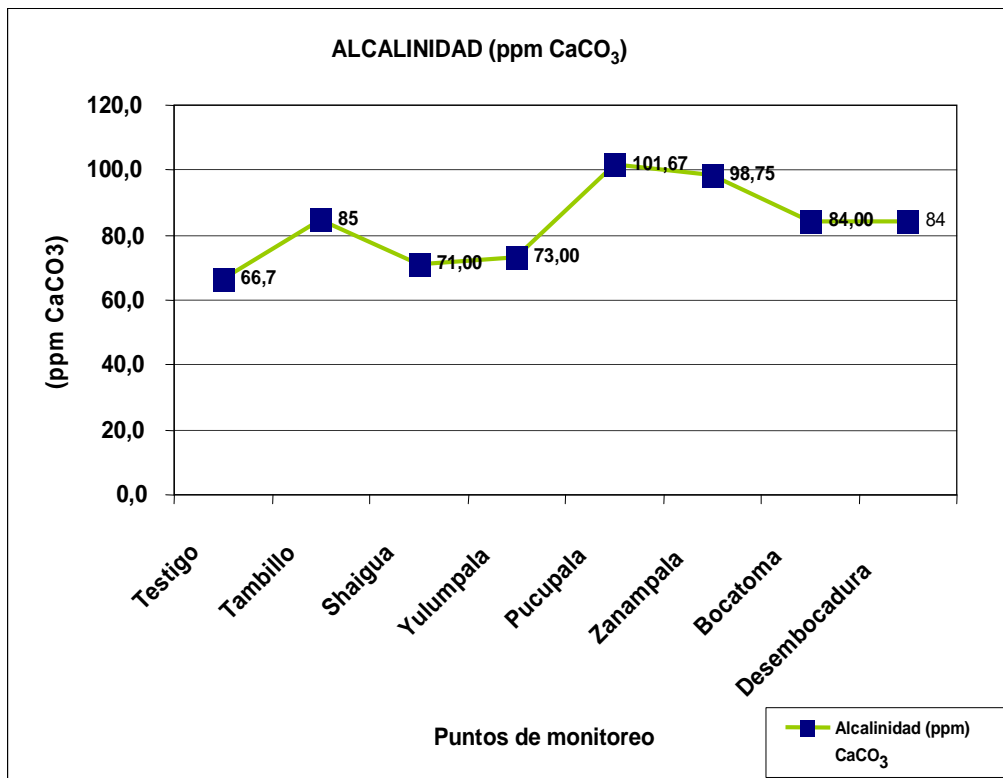


Gráfico 5. Valores de la alcalinidad en los puntos de monitoreo

Discusión

En el gráfico 5, se evidencia que el valor de alcalinidad más elevado se presenta en el punto de monitoreo PUG5 (101.67 ppm), debido a la existencia de los componentes alcalinos como bicarbonatos, carbonatos, etc. Minerales que no necesariamente se pueden asociar con problemas de contaminación, pues es importante recordar que algunos cuerpos de agua natural en alta montaña, son aptas para el crecimiento de salmónidos, debido a que tiene características adecuadas de temperatura bajas, pH alcalinos y alcalinidad elevada para considerarse de buena productividad.

La norma técnica permitida 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 83,01mg/L CaCO_3 .

6. Oxígeno disuelto (OD)

Cuadro 20. Datos de oxígeno disuelto en los puntos de monitoreo

RESULTADO DEL OXIGENO DISUELTO (OD)		
id	Río	(ppm)
TEG1	Testigo	8,47
TAG2	Tambillo	7,93
SHAG3	Shaigua	8,12
YUG4	Yulumpala	7,76
PUG5	Pucupala	7,13
ZAG6	Zanampala	7,80
BOG7	Bocatoma	7,86
DEG8	Desembocadura	7,875
MEDIA TOTAL		7,87

Fuente: Autor

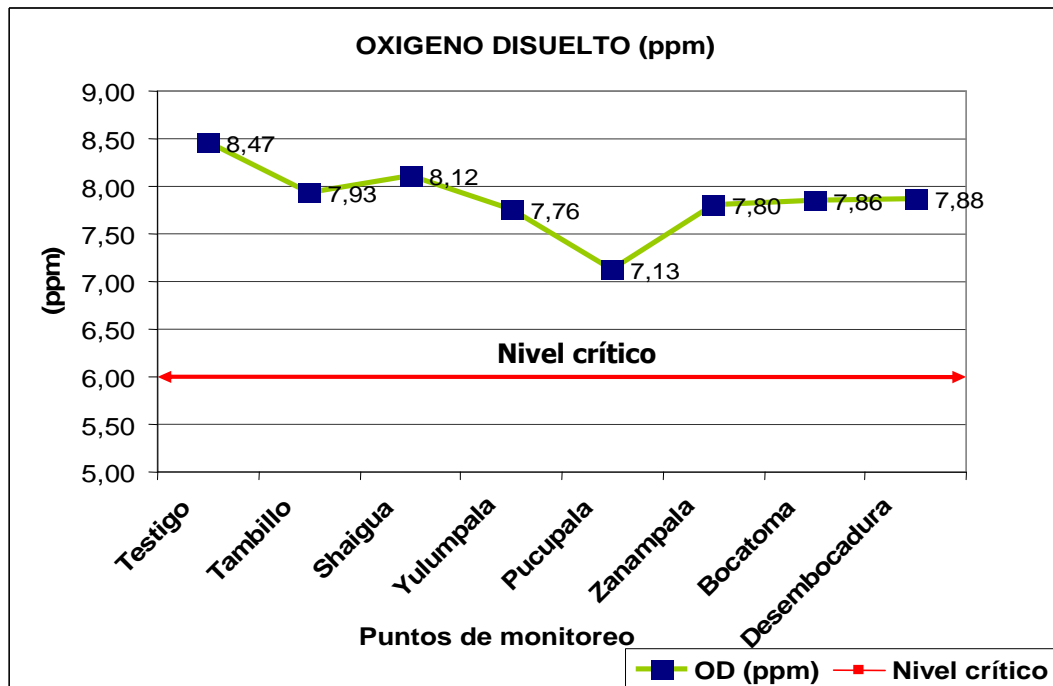


Gráfico 6. Valores de oxígeno disuelto en los puntos de monitoreo

Discusión

En el gráfico 6, se demuestra que el punto de monitoreo (TEG1) presentó altos contenidos de oxígeno disuelto (8,47 ppm); mientras que el punto de monitoreo (PUG5) muestra la concentración de oxígeno mas bajo (7,13 ppm), este descenso en la concentración de oxígeno en el agua puede estar influenciado por el cambio de temperatura, lo cual influye en el porcentaje de saturación de oxígeno en donde disminuye el valor del oxígeno disuelto, mientras que aumenta la temperatura.

Los resultados presentados en el Cuadro 20, del nivel de oxígeno disuelto; se enmarca 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 7,87 ppm.

7. Nitratos y fosfatos

Cuadro 21. Datos de nitratos y fosfatos en los puntos de monitoreo

Nitratos y fosfatos			
id	Río	Nitratos(ppm)	Fosfatos(ppm)
TEG1	Testigo	2,2	0,03
TAG2	Tambillo	2,2	0,03
SHAG3	Shaigua	3,96	0
YUG4	Yulumpala	3,52	0
PUG5	Pucupala	4,4	0,1
ZAG6	Zanampala	2,2	0,03
BOG7	Bocatoma	3,52	0,04
DEG8	Desembocadura	3,30	0,1
MEDIA TOTAL		3,16	0,04

Fuente: Autor

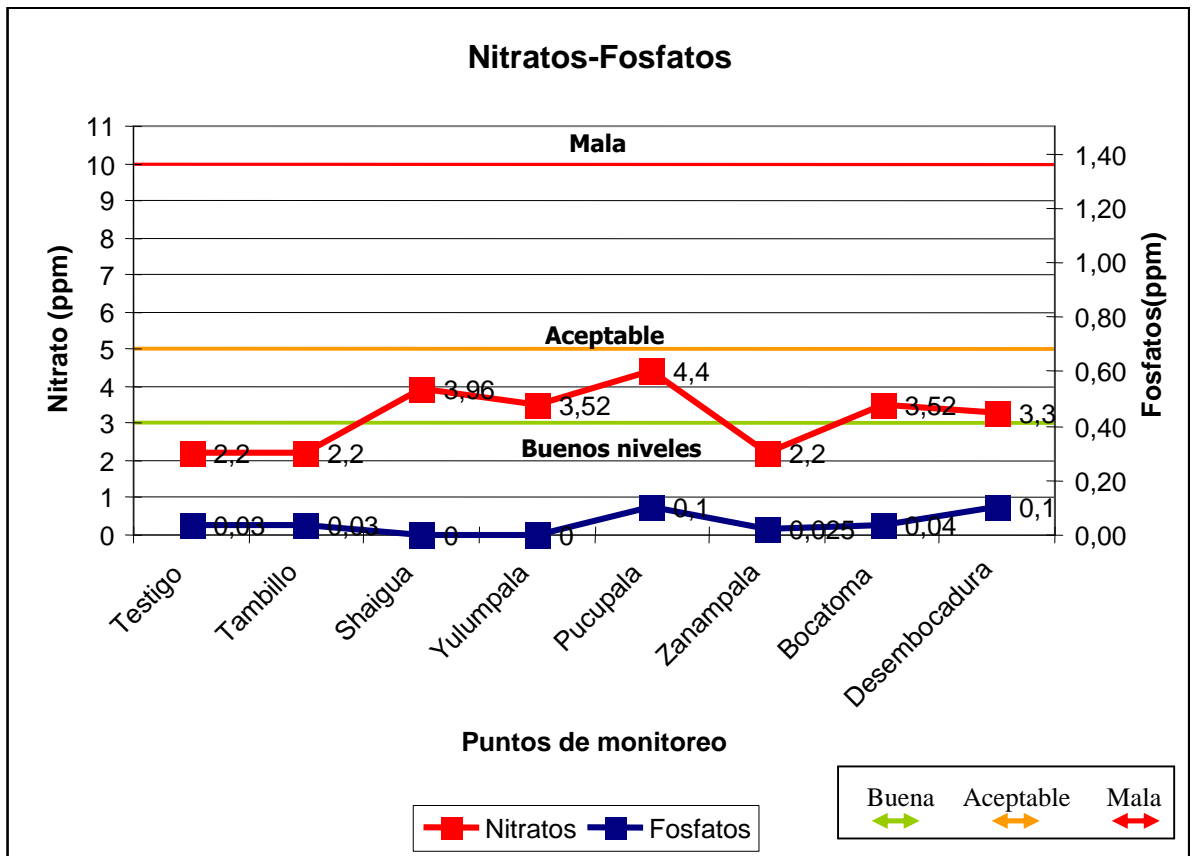


Gráfico 7. Valores de nitratos y fosfatos en los puntos de monitoreo

Discusión

En el gráfico 7, se observa que el contenido de nutrientes en la microcuenca alta del Río Guargualla, son oligotrófico, debido a que el contenido de nitratos y fosfatos en los primeros cuatros puntos de monitoreo son bajos, posiblemente debido a que no existe una actividad humana intensiva y a la ausencia de fuentes contaminantes como el establecimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales, agricultura intensiva, pozos sépticos y descargas industriales. Mientras que el punto de monitoreo (PUG59 posee el contenido más alto de nitratos con 4,4 ppm y de fosfato con 0,1 ppm, posiblemente debido a una mayor actividad humana, como vertidos de heces producto de la ganadería, actividades agrícolas que aportan fertilizantes, a los desechos orgánicos y otros residuos ricos en fosfatos y nitratos.

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 3.16 ppm, se incluye dentro del rango aceptado, mientras que el fosfato según: kscience.org; el rango permitido en ríos de agua dulce es de 1,1 ppm (Fosfatos), existiendo en el Río Guargualla un rango de 0,04 ppm que esta entre lo aceptable.

8. Turbidez

Cuadro 22. Datos de turbidez en los puntos de monitoreo

TURBIDEZ		
id	Río	(JTU)¹¹
TEG1	Testigo	15
TAG2	Tambillo	15
SHAG3	Shaigua	7
YUG4	Yulumpala	38
PUG5	Pucupala	15
ZAG6	Zanampala	16,25
BOG7	Bocatoma	54,00
DEG8	Desembocadura	43,75
MEDIA TOTAL		25,5

Fuente: Autor

¹¹ Unidades de Turbidez Jackson

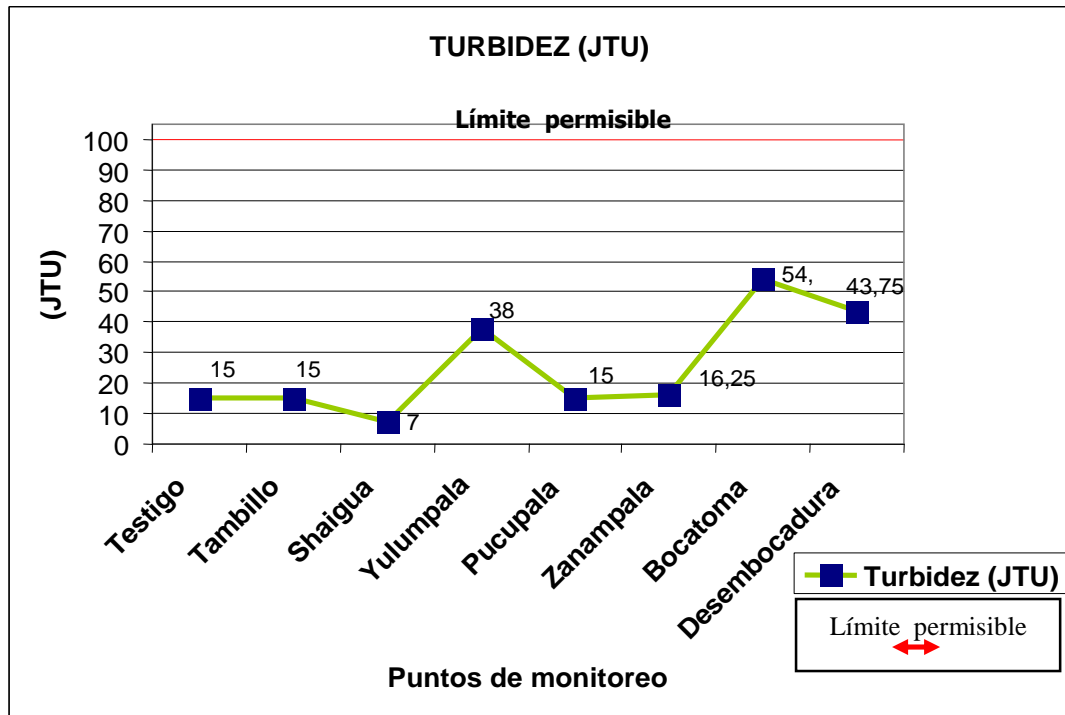


Gráfico 8. Valores de turbidez en los puntos de monitoreo

Discusión

En el gráfico 8, se observa que los valores de turbidez en los puntos de monitoreo (YUG4, BOG7 y DEG8) son elevados (38; 54 y 43,73 JTU respectivamente); en relación al resto de los puntos de monitoreo (TEG1, TAG2, SHAG3, PUG5 y ZAG6) esto se debe principalmente a la erosión del suelo y los derrumbos que existen en estos puntos, debido a la mala práctica agrícola y a la pérdida de la cubierta vegetal.

Según la normativa técnica, para aguas de alta montaña, permite un valor de 100 UTN, por lo que el valor promedio de la investigación en los afluentes del Río Guargualla es de 25,5 JTU, mismos que se encuentran dentro de la normalidad.

9. pH vs conductividad eléctrica

Cuadro 23. Datos de pH y conductividad eléctrica en los puntos de monitoreo

Parámetros	PUNTOS DE MONITOREO							
	Testigo	Tambillo	Yulumpala	Shaigua	Pucupala	Zanampala	Bocatoma	Desemb
pH	7,43	7,27	7,10	7,3	7,2	7,38	7,32	7,33
Conductividad (µs/cm)	124,13	127,87	108,7	123,74	251	159,18	148,28	197,33

Fuente: Autor

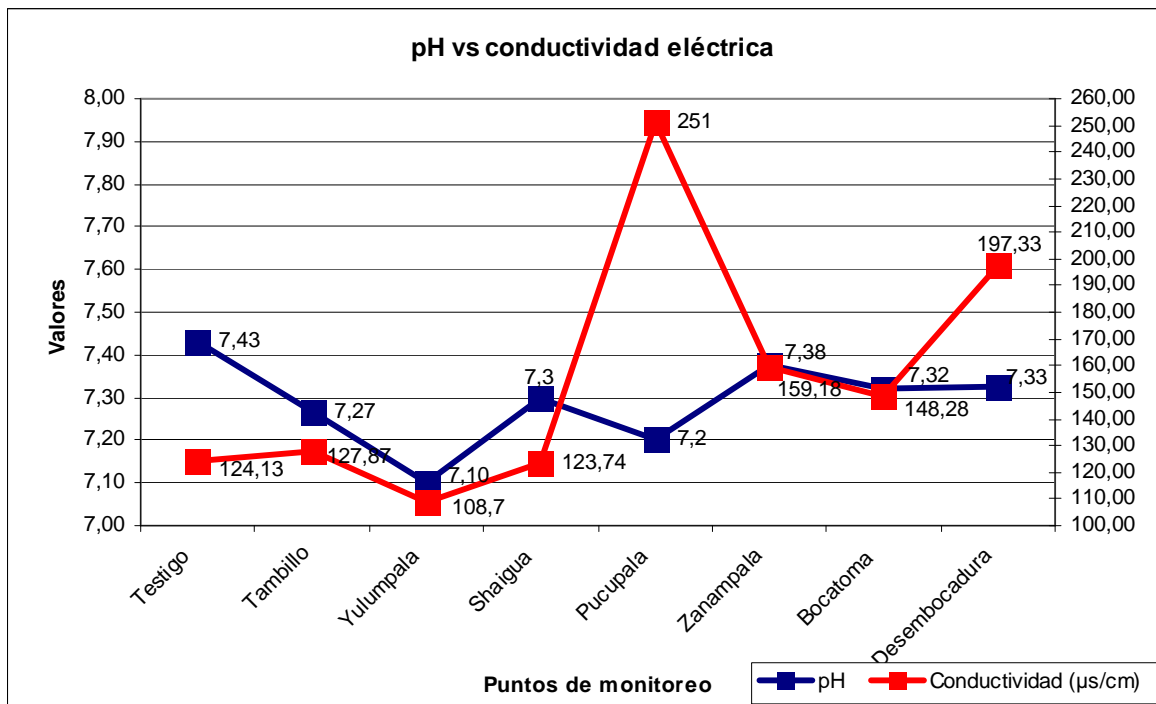


Gráfico 9. Valores de pH y conductividad eléctrica en los puntos de monitoreo

Discusión

En el gráfico 9, se presenta la relación de resultados entre conductividad y pH; 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 encuentra en ese momento.

10. Temperatura vs oxígeno disuelto

Cuadro 24. Datos de temperatura y oxígeno disuelto en los puntos de monitoreo

	PUNTOS DE MONITOREO							
Parámetros	Testigo	Tambillo	Yulumpala	Shaigua	Pucupala	Zanampala	Bocatoma	Desembo
T(°C)	8,53	9,13	10,54	10,52	11,93	11,78	10,44	12,425
OD (ppm)	8,47	7,93	8,12	7,76	7,13	7,80	7,86	7,88

Fuente: Autor

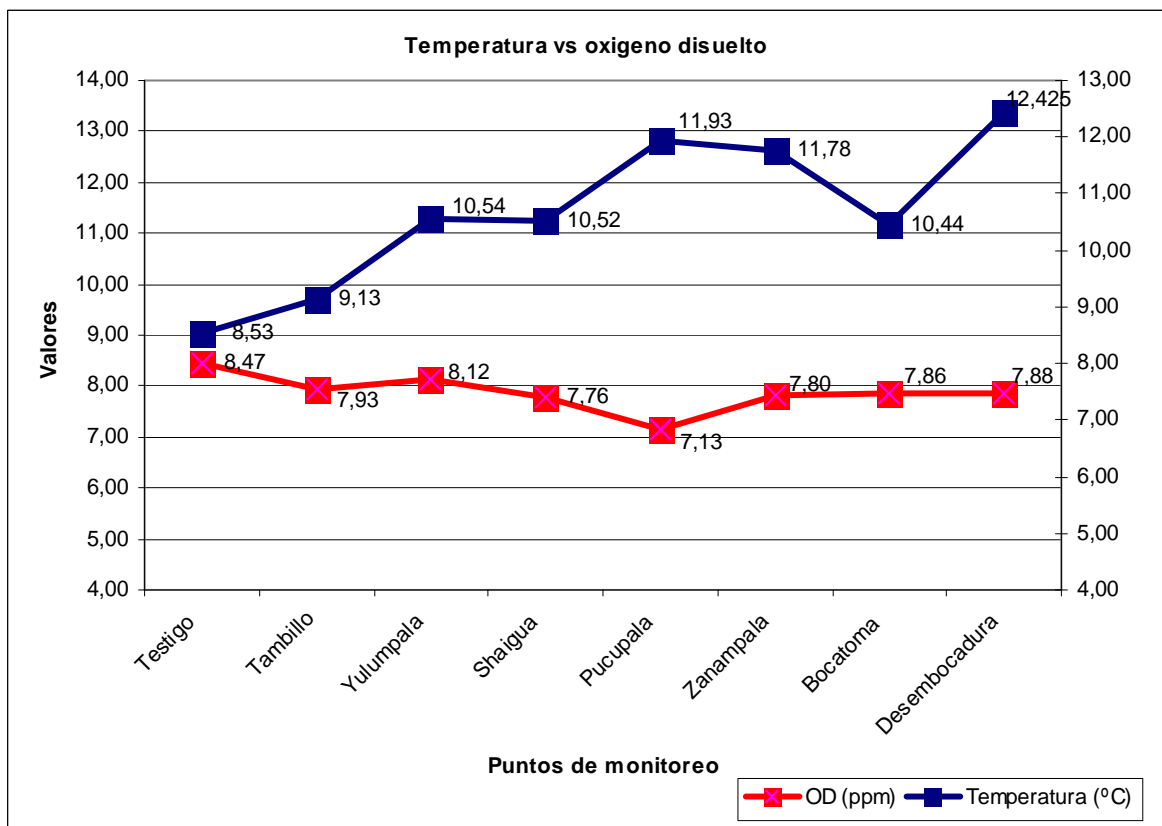


Gráfico 10. Valores de temperatura y oxígeno disuelto en los puntos de monitoreo.

Discusión

En el gráfico 10, se presentan resultados de temperatura y oxígeno disuelto, cuyos valores son inversamente proporcionales; estas aseveraciones se manifiestan en el punto de monitoreo (TEG1), donde la temperatura es de 8,53° C y el valor del oxígeno disuelto esta

en 8,47 ppm; mientras que en el punto de monitoreo (DEG8) tiene el valor mas alto de temperatura 12,42° C en donde la cantidad de oxigeno disuelto es 7,88 ppm.

11. Conductividad eléctrica vs oxigeno disuelto

Cuadro 25. Datos de conductividad eléctrica y oxigeno disuelto en los puntos de monitoreo.

	PUNTOS DE MONITOREO							
Parámetros	Testigo	Tambillo	Yulumpala	Shaigua	Pucupala	Zanampala	Bocatoma	Desemb
Conductividad (µs/cm)	124,13	127,87	108,7	123,74	251	159,18	148,28	197,33
OD (ppm)	8,47	7,93	8,12	7,76	7,13	7,80	7,86	7,88

Fuente: Autor

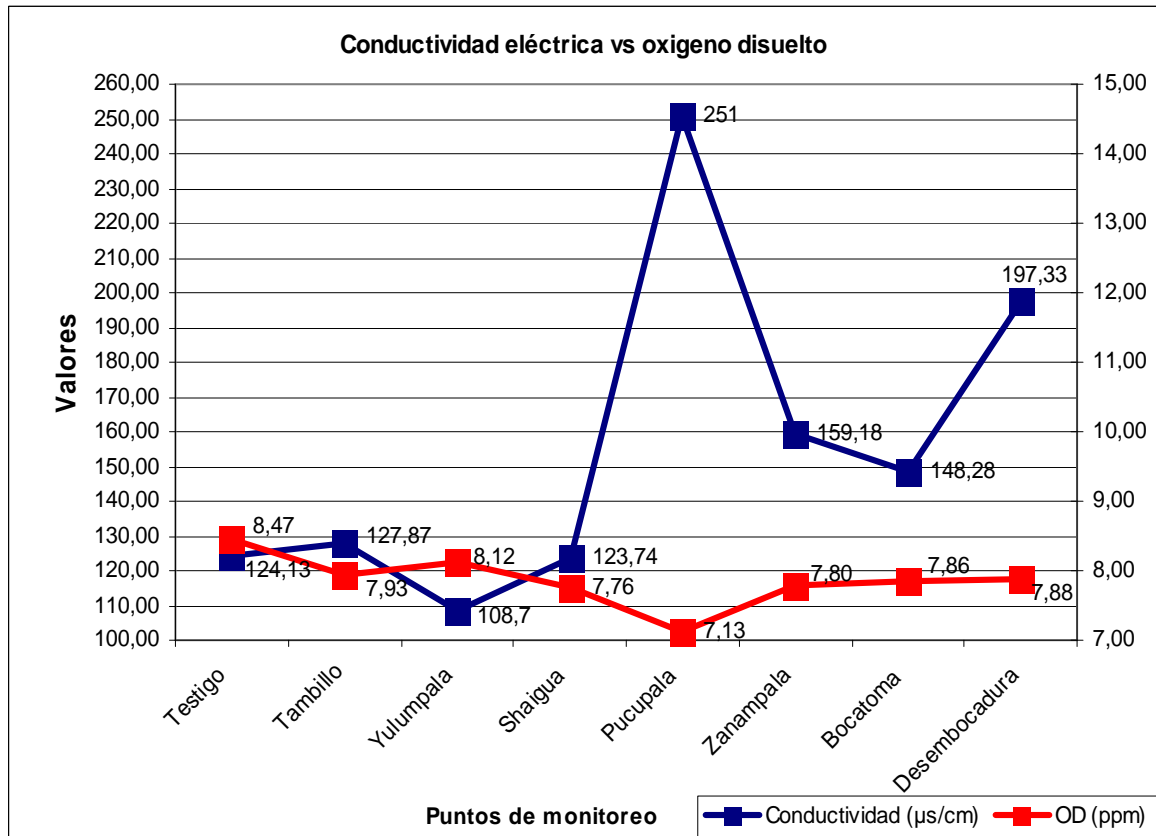


Gráfico 11. Valores de conductividad y oxigeno disuelto en los puntos de monitoreo.

Discusión

Los resultados del gráfico 11, demuestran que a medida que se incrementan los valores de la conductividad eléctrica del agua, el oxígeno disuelto baja, teniendo un claro ejemplo en el punto de monitoreo PUG5, donde la conductividad eléctrica es alta (250 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y el oxígeno disuelto es baja de 7,13 (ppm).

12. Índice de calidad del agua

El índice de calidad del agua, forma una agrupación simplificada de algunos parámetros, indicadores de un deterioro de la calidad del agua; es una manera de comunicar y evaluar la calidad de los cuerpos de agua. Si el *Índice de Calidad del Agua* (ICA) es adecuado, el valor arrojado puede ser representativo e indicativo del nivel de contaminación y comparable con otros estándares de calidad, para enmarcar rangos y detectar tendencias.

Cuadro 26. Datos de índice de calidad del agua en los puntos de monitoreo.

INDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA y/o WQI)			
id	Río	WQI	Calidad
TEG1	Testigo	84,00	Buena
TAG2	Tambillo	82,00	Buena
SHAG3	Shaigua	65,00	Media
YUG4	Yulumpala	80,00	Buena
PUG5	Pucupala	66,00	Media
ZAG6	Zanampala	67,00	Media
BOG7	Bocatoma	67,00	Media
DEG8	Desembocadura	67,00	Media

Fuente: Autor

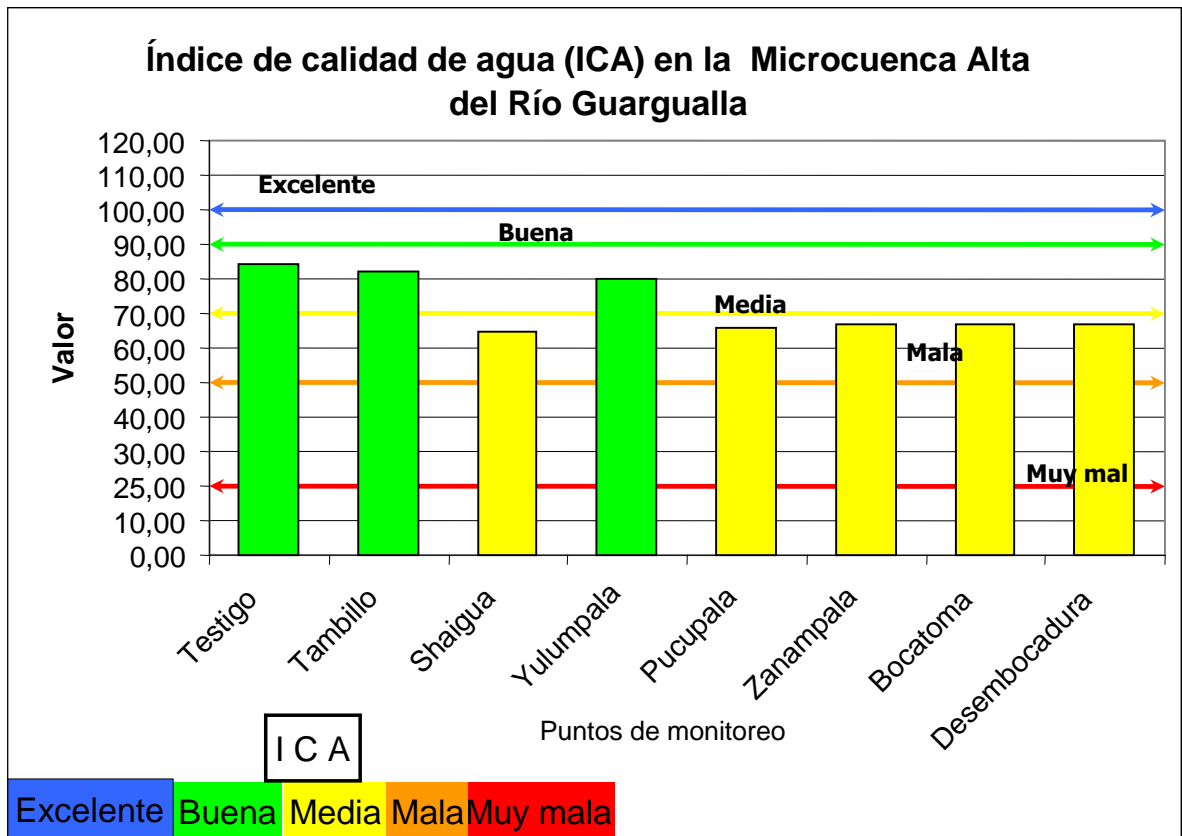


Gráfico 12. Valores de índice de calidad del agua (ICA) en los puntos de monitoreo.

Discusión

En el gráfico 12 y Anexo 06, de acuerdo al índice de calidad del agua (ICA), donde se utilizó el porcentaje promedio de los diferentes parámetros físico-químicos en el cuerpo de agua, demuestran un índice calidad de agua **BUENA**, como es en el caso de los puntos de monitoreo TEG1, TAG2 y YUG4; mientras que en los puntos de SHAG3, PUG5, ZAG6, BOG7 y DEG8 presentan un índice de calidad del agua **MEDIA**.

Concluyendo que el índice de calidad de agua, ayuda a conocer el grado de contaminación que posee y los distintos tratamientos que se debe realizar al agua, para los diferentes usos consuntivos y no consuntivos que se pueden destinar el agua de la Microcuenca Alta del Río Guargualla.

B. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LOS ANALISIS BIOLÓGICOS (MACROINVERTEBRADOS) EN LOS PUNTOS DE MONITOREO DE LOS AFLUENTES DE LA MICROCUENCA ALTA DEL RÍO GUARGUALLA.

1. Análisis ephemeroptera, plecoptera, trichoptera (EPT)

Cuadro 27. Datos de macroinvertebrados en los puntos de monitoreo (EPT).

RESULTADOS DE EPT			
id	Río	Valor (%)	Calidad de agua
TEG1	Testigo	57,00	BUENA
TAG2	Tambillo	52,40	BUENA
SHAG3	Shaigua	48,80	REGULAR
YUG4	Yulumpala	52,80	BUENA
PUG5	Pucupala	53,50	BUENA
ZAG6	Zanampala	46,50	REGULAR
BOG7	Bocatoma	29,60	REGULAR
DEG8	Desembocadura	43,40	REGULAR

Fuente: Autor

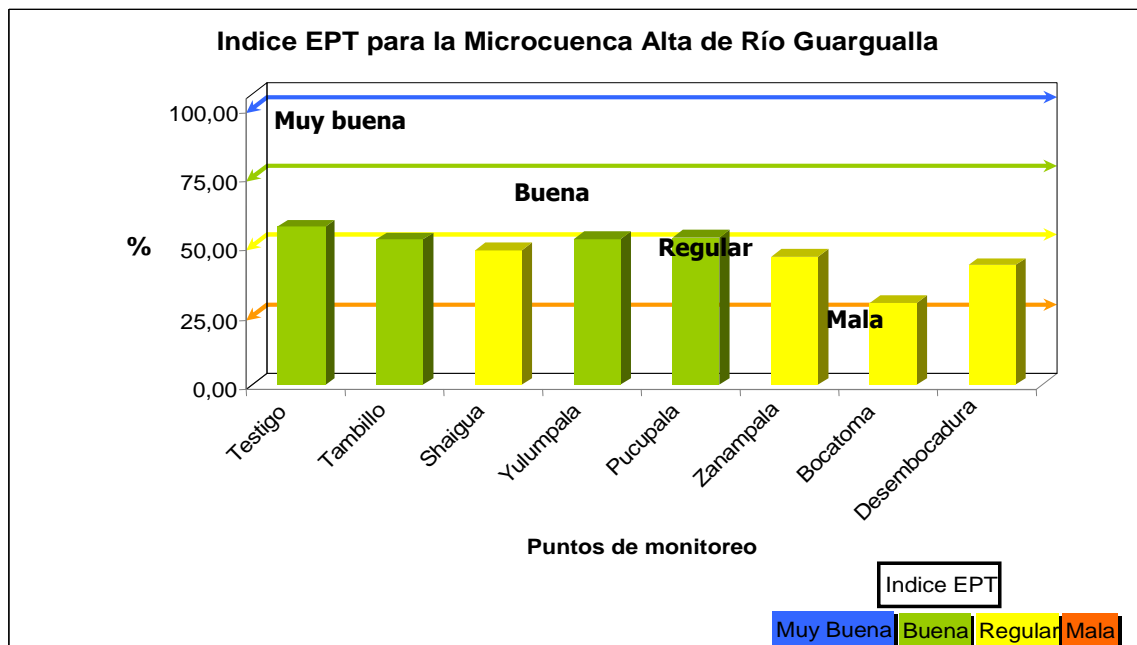


Gráfico N° 13. Valores de macroinvertebrados en los puntos de monitoreo. (EPT)

Discusión

En el gráfico 13 y Anexo 07, se observa una disminución del porcentaje del índice de EPT y por tal razón se vincula con la calidad del agua, es así que en los puntos de monitoreo (TEG1, TAG2, YUG4 y PUG5) poseen una calidad de agua **buena** con (57; 52.4; 52.8 y 53.5% respectivamente), donde la supervivencia acuática de especímenes vulnerables a la contaminación sea superior, debido a que la intervención del ser humano tiene un porcentaje medio, y por lo tanto hace evidente que la contaminación sea menor.

Los valores del índice de EPT de los puntos de monitoreo (SHAG3, ZAG6, BOG7 y DEG8), tienden a la baja, y consecuentemente influye en su calidad, teniendo en estos puntos un índice de calidad de agua **regular** (48.8; 46.5; 29.6 y 43.4% respectivamente); probablemente se deba a que a partir del punto PUG5, se incrementa la actividad antrópica, por estar ubicado en la zona mas alta con menor intervención humana, y/o asentamientos poblacionales, donde se intensifica presencia de agricultura intensiva en las riveras de los ríos, ganadería, lavado de ropa, etc.

En donde perseveran especímenes que parecen resistir cierto grado de contaminación, por lo que se puede perturbar el balance del ecosistema y por ende el resultado, es la disminución de dicho valor.

1. Análisis de los órdenes y familias de organismos recolectados en la Microcuenca Alta del Río Guargualla.

Cuadro 28. Datos de ordenes y familias de los organismos encontrados en los puntos de monitoreo. (ANEXO 08)

TOTAL DE ORDENES Y FAMILIAS DE ORGANISMOS COLECTADOS EN LOS DIFERENTES PUNTOS DE MONITOREO EN LA MICROCUENCA ALTA DEL RÍO GUARGUALLA											
ORDEN	FAMILIA	TEG1	TAG2	SHAG3	YUG4	PUG5	ZAG6	BOG7	DEG8	Σ	Total
Diptera	Chironomidae	7	9	90	29	13	18	36	44	246	
	Blepharoceridae	28	34	8	44	15	19	65	7	220	

	Simuliidae	4	10	33	20	18	9	8	15	117	
	Tipulidae	0	0	5	0	0	4	3	4	16	
	Ceratopogonidae	0	0	2	0	0	1	0	0	3	
	Muscidae	0	0	0	0	0	1	0	0	1	603
Coleoptera	Elmidae	7	9	13	10	13	6	3	16	77	
	Scirtidae	0	1	1	0	0	1	0	0	3	
	Lampiridae	0	0	0	1	0	0	0	0	1	
	Psephenidae	0	0	0	0	1	0	0	0	1	82
Ephemeroptera	Baetidae	45	38	116	82	36	50	40	43	450	450
Trichoptera	Hidrobiosidae	8	16	22	20	9	16	13	15	119	
	Leptoceridae	6	1	2	1	0	6	1	0	17	136
Plecoptera	Gripopterygidae	3	1	2	4	5	3	0	0	18	18
Crustaceos	Hyalelidae	0	0	5	1	8	0	5		19	19
Annelida	Oliqueto	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
TOTAL		108	119	299	212	118	134	175	144	1309	1309

Fuente: Autor

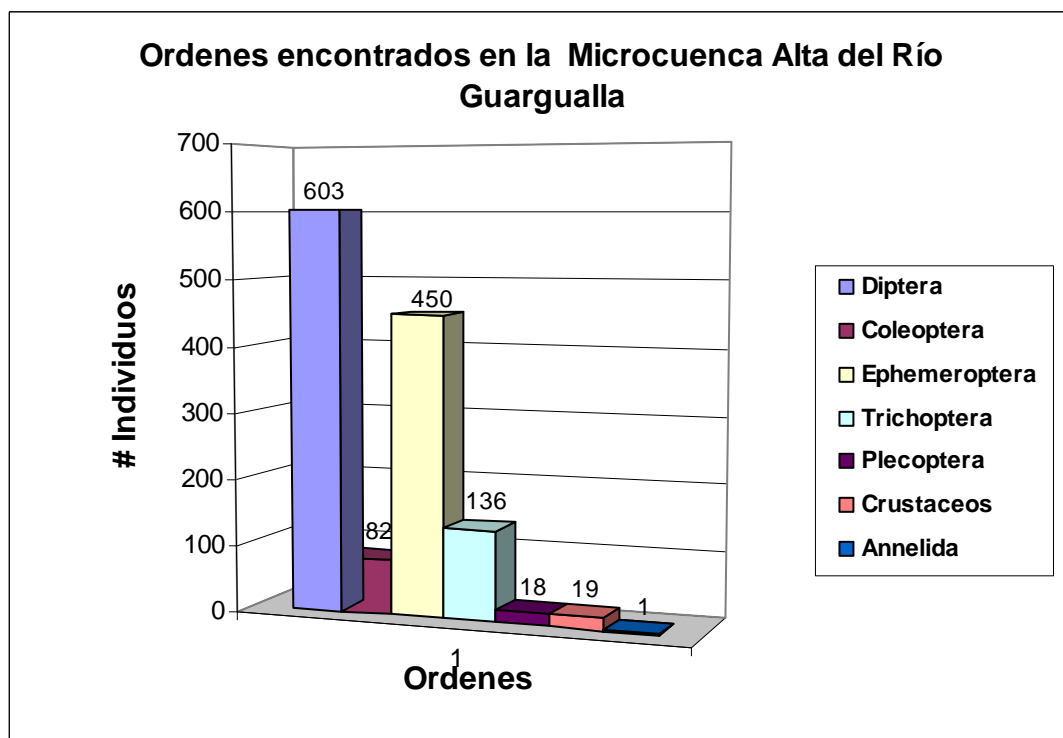


Gráfico 14. Número de órdenes de especímenes encontrados en la Microcuenca Alta del Río Guargualla.

Discusión

En el gráfico 14, muestra el número total de individuos recolectados en la Microcuenca Alta del Río guargualla, donde se contabilizaron 1309 organismos de los diferentes especímenes; siendo los de mayor número de individuos los Dípteros (603), seguido de los Ephemeropteros (450) y Trichoptera (136). Mientras tanto los ordenes Coleoptera y Plecoptera poseen (82) y (18) individuos respectivamente. Además se tiene individuos no-insectas como los crustáceos (19) individuos y Anélidos (1) individuo.

Los ordenes Ephemeroptera, Trichopteros y Plecópteros al ser indicadores de buena calidad de aguas y al ser sumados representaron una mayor abundancia (604) individuos, que al orden de los dípteros que son indicadores de mala calidad de agua (excepto la familia de los Blepharoceridae) con lo que nos indica que el grado de intervención en el Río Guargualla no es tan alto en los sectores monitoreados, concluyendo que la contaminación del Río Guargualla es mediana.

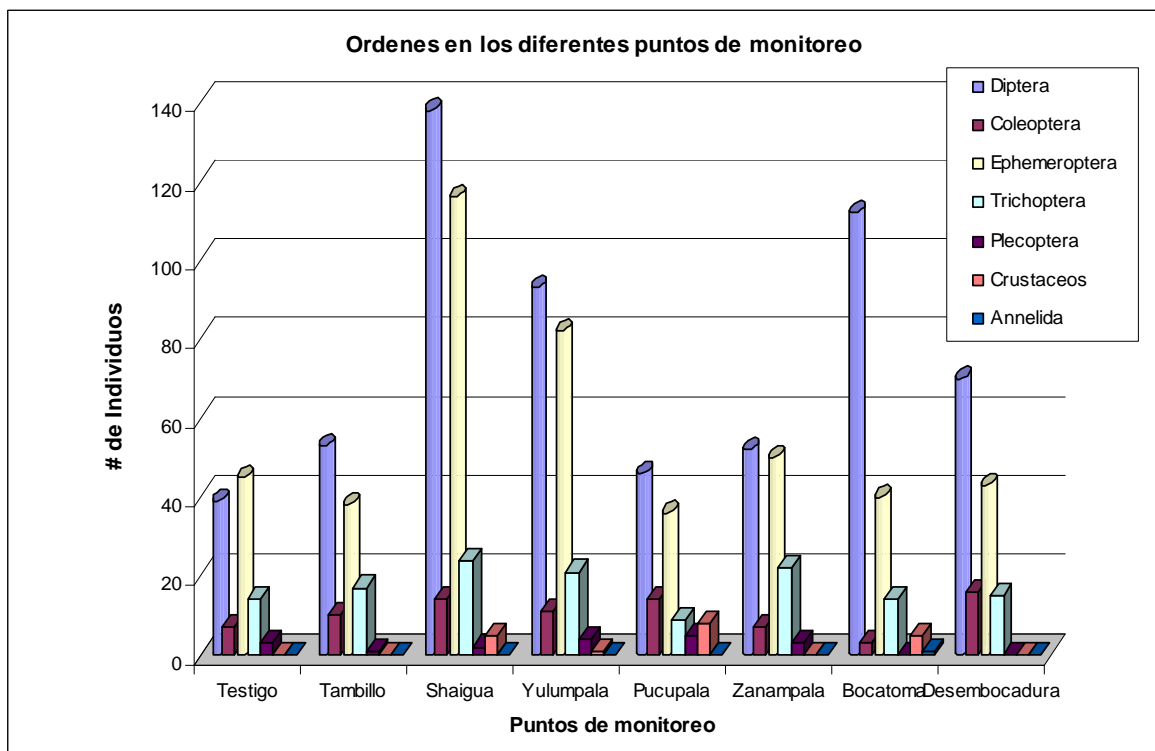


Gráfico 14.1. Número de órdenes de individuos encontrados en los puntos de monitoreo.

Discusión

En el gráfico 14.1, muestra que el orden Díptero presento una mayor abundancia en los puntos de monitoreo SHAG3, BOG7 y YUG4, mientras que en los demás puntos de monitoreo presentan menor abundancia, seguido del orden Ephemeroptera y Trichoptera, 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 ordenes, relacionando con la mediana actividad antrópica que se da en la zona de estudio.

En cuanto al numero de individuos para el orden Plecóptero, se encontró en el punto de monitoreo PUG5 y YUG4 (5) y (4) respectivamente, seguido por los demás puntos, exceptuando en los puntos BOG7 Y DEG8 que no existieron estos ordenes.

El mayor numero de individuos colectadas para el orden Coleóptero se obtuvo en los puntos de monitoreo DEG8, SHAG3 y PUG5 (16), (14) y (14) respectivamente, y el menor numero de individuos fue encontrado en el punto de monitoreo BOG7 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 PUG5, SHAG3, BOG7 y YUG4 (8), (5), (5) y (1) respectivamente. Y el segundo de ellos con un individuo en el punto de monitoreo BOG7

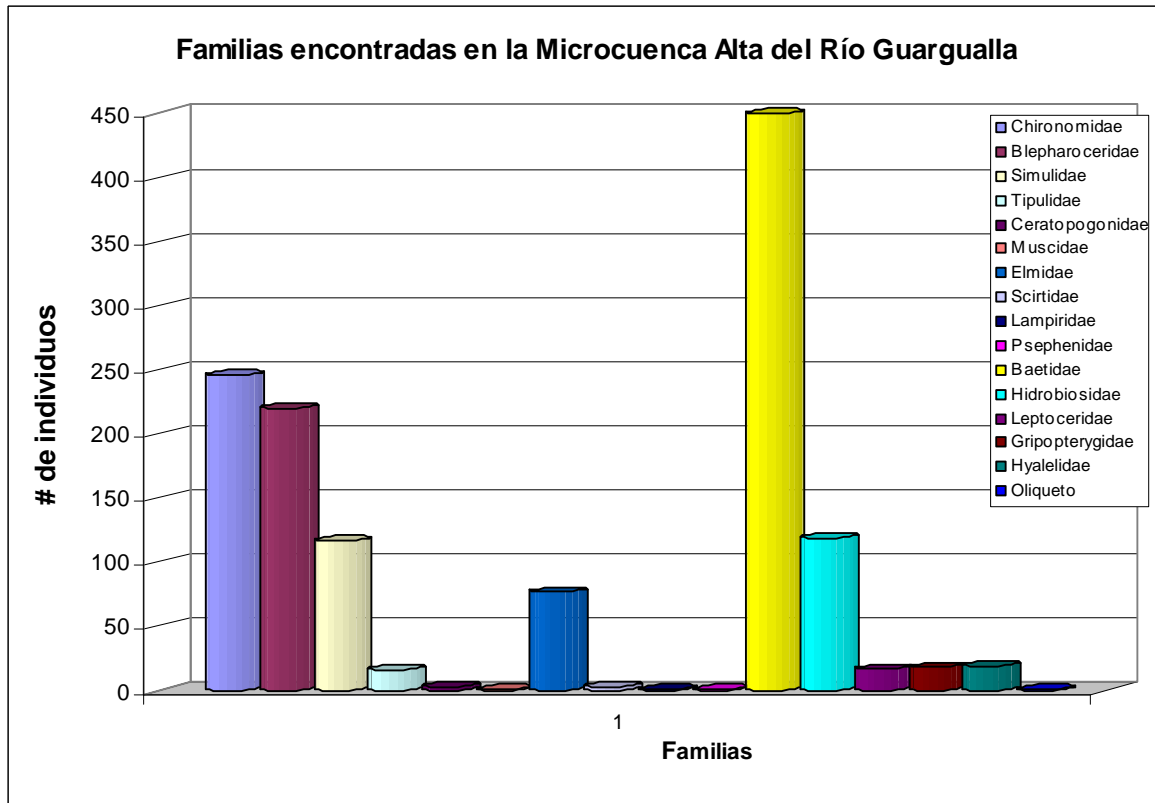


Gráfico 14.2. Número de familias de individuos encontrados en la Microcuenca Alta del Río Guargualla

Discusión

En el gráfico 14.2, se muestra el número total de familias encontrados en la Microcuenca Alta del Río Guargualla fue de 16 familias, correspondiente a 7 ordenes, en los cuales la familia con mayor numero de individuos fue la Baetidae (orden Ephemeroptera) con 450, cabe resaltar que esta familia es bioindicadora de buena calidad de agua; seguida de la familia Chironomidae (246) y la familia Blepharoceridae (220) individuos ambas pertenecientes al orden Díptera; después tenemos a la familia Hydrobiosidae (119) individuos; la familia Simuliidae (117) individuos y la familia Elmidae (77) individuos.

Las familias de acuerdo al numero de organismos en orden descendente fueron: Gripopterygidae (18), Leptoceridae (17), Tipulidae (16), Ceratopogonidae (3), Scirtidae (3), Muscidae (1), Lampiridae (1), Psephenidae (1).

A parte de los macroinvertebrados, se encontraron las familias Hyalelidae y Oligoneuridae, la primera familia (19) individuos y la segunda familia un individuo.

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

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 van del 1 al 10. El valor de 10 indica que 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 los ríos tienen aguas contaminadas. Por tanto este es un índice de sensibilidad.

Cuadro 29. Datos de macroinvertebrados en los puntos de monitoreo (Sensibilidad BMWP/Col Roldan 2003)

RESULTADOS DE BMWP/Col			
Código	Río	Media	Calidad de agua
TEG1	Testigo	51,30	Dudosa
TAG2	Tambillo	47,30	Dudosa
SHAG3	Shaigua	44,40	Dudosa
YUG4	Yulumpala	48,80	Dudosa
PUG5	Pucupala	55,70	Dudosa
ZAG6	Zanampala	44,00	Dudosa
BOG7	Bocatoma	36,60	Dudosa
DEG8	Desembocadura	36,00	Dudosa

Fuente: Autor

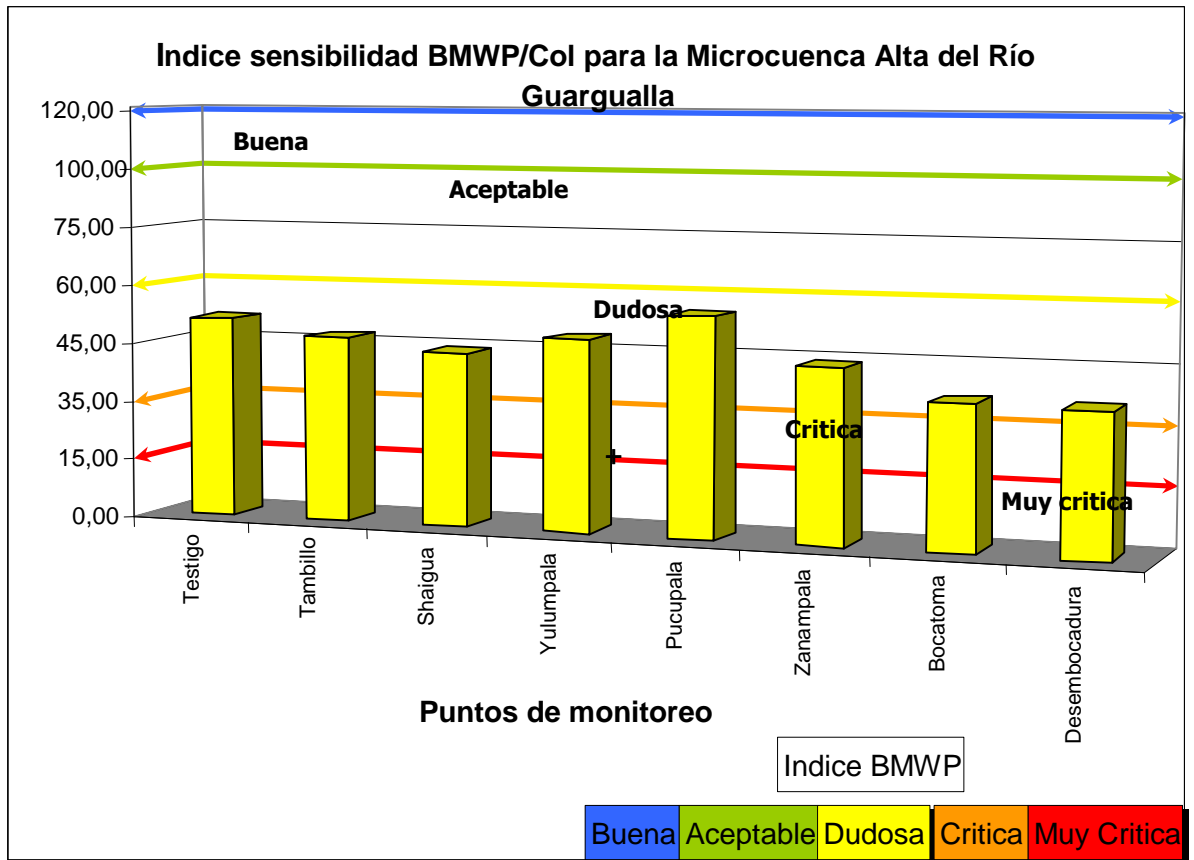


Gráfico 15. Valores de macroinvertebrados en los puntos de monitoreo. (Sensibilidad BMWP/Col Roldan 2003)

Discusión

En el gráfico 15 y Anexo 9, de acuerdo a la existencia de macroinvertebrados encontrados en la zona de estudio, y a sus respectivos puntajes BMWP/Col, basándose en la clasificación de calidad de agua, todos los puntos de monitoreo de la Microcuenca del Río Guargualla (TEG1, TAG2, SHAG3, YUG4, PUG5, ZAG6, BOG7 y DEG8) presentan aguas moderadamente contaminadas, lo cual indica limitaciones para el desarrollo de organismos acuáticos; posiblemente por la intervención antrópica (actividades pecuarias y agrícolas cerca de las riveras de los ríos, lavado de ropa, deterioro de la cubierta vegetal, quema de pajonales, derrumbes, deslizamiento de tierra, etc.) que acarrea desde sus orígenes, disminuyendo de esta manera la calidad del agua del Río Guargualla.

C. SITUACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES EN LOS PUNTOS DE MONITOREO.

De acuerdo a las respectivas visitas de campo y mediante la observación directa, se pudo establecer las diferentes actividades antrópicas que se realizan en la microcuenca y probablemente afectan en la calidad del agua de la Microcuenca Alta del Río Guargualla.

1. Uso actual del suelo en los puntos de monitoreo

El uso actual del suelo es múltiple en la parte alta de la Microcuenca Alta del Río Guargualla, esta ocupado por una extensa área de vegetación natural y esta dedicada para el pastoreo, crianza de camélidos, quema de pajonal, turismo, etc. Las asociaciones o comunidades que aprovechan estos recursos son: la Asociación Asaraty (margen izquierdo de la microcuenca); Asociación Yulumpala (margen derecho de la microcuenca). (ANEXO 10)

En la parte media de la microcuenca, el uso del suelo está caracterizado por cultivo de ciclo corto, pasto, se observo pequeñas superficies de bosques, sin embargo se observan muchas áreas sin protección. Las asociaciones o comunidades que aprovechan estos recursos son: la Asociación Guargualla Chico (margen izquierdo y derecho de la microcuenca); Asociación San Alberto Gosoy (margen izquierdo de la microcuenca) (ANEXO 10)

Y en la parte baja de la Microcuenca existen pequeñas áreas de cultivos de ciclo corto, en zonas totalmente desprotegidos en donde la erosión eólica e hídrica se hace notoria, cultivos anuales, pastoreo, asociación de cultivo, etc. sobre todo con pequeñas haciendas, donde existe muy pocas áreas de vegetación arbustiva. Las comunidades que aprovechan estos recursos son: la comunidad de Guargualla Grande (margen izquierdo); comunidad de Eten (margen derecho); comunidad de Melan (margen derecho); comunidad Gosoy San Luis (margen izquierdo); comunidad de San Francisco de Apuñag (margen derecho), y la comunidad de Shañaycun (margen derecho). (ANEXO 10)

1.1. Primer punto de monitoreo: TESTIGO (TEG1)

El primer punto de monitoreo (TEG1) se sitúa a una altura aproximada de 3438 msnm, en donde las características organolépticas del agua, como es el caso de olor, color y claridad que presento este río durante el periodo de monitoreo se menciona a continuación:

- Nunca presento un olor desagradable, al contrario era un olor sui géneris característico del río.
- Con respecto al color mantuvo una coloración café verdusco, el cual estaba relacionado con las piedras existentes en el fondo del río.
- Mientras que la claridad estuvo dependiendo de del grado de turbiedad que esta tenga o la intensidad de lluvia que se tuvo al día siguiente y se pudo observar una claridad que va de semi-opaco y opaco.

El uso de suelo que se enfoca al alrededor del punto de monitoreo, se da con la presencia de paja (*Sisyrinchium jamesoni*), sigze (*Cortadeira rudiuscula*), matorrales típicos del páramo y sobre todo se evidencia la presencia de piedra grandes y pequeñas en las riveras del río testigo.

El principal impacto que se dan aguas arriba del punto de monitoreo, son las actividades antrópicas como la presencia de la ganadería en las asociaciones: Asaraty y Yulumpala, la cual se expande hacia la línea de cumbre; la quema de pajonales que proporciona comida fresca (pajonales) para el ganado, no existe la presencia de agricultura debido a la dificultad de acceso.

Por lo que se puede finalizar diciendo que el grado de intervención en esta zona no es tan avanzado. (ANEXO 11 y 12)

1.2. Segundo punto de monitoreo: TAMBILLO (TAG2)

El segundo punto de monitoreo (TAG2) se sitúa a una altura aproximada de 3440 msnm y dentro de las características organolépticas como es el caso de olor, color y claridad que presento este río durante el periodo de monitoreo se menciona a continuación:

- Nunca presento un olor desagradable, al contrario era un olor sui géneris característico del río.
- En la coloración mantuvo un color que va de café claro y café oscuro.
- La claridad estuvo dependiendo del grado de turbiedad o la intensidad de lluvia que se tuvo al día siguiente lo cual afectaba y durante la investigación se pudo observar una claridad que va de semi opaco y opaco.

El uso del suelo que se enfoca alrededor del punto de monitoreo es similar a la anterior debido a cercanía que mantiene (150 metros aproximadamente)

El principal impacto que se da aguas arriba del punto de monitoreo, son las actividades antrópicas como la presencia de la ganadería y agricultura de la Asociación de Yulumpala, Shanaycum y Apuñag, la quema de pajonales con su respectiva expansión hacia la línea de cumbre. Por lo que se puede concluir que el grado de intervención en esta zona no es tan avanzado. (ANEXO11 y 12)

1.3. Tercer punto de monitoreo: SHAIGUA (SHAG3)

El tercer punto de monitoreo (SAG3) se sitúa a una altura aproximada de 3242 msnm y dentro de las características organolépticas como es el caso de olor, color y claridad que presento este río durante el periodo de monitoreo se menciona a continuación:

- Nunca presento un olor desagradable, al contrario era un olor sui géneris característico del río de alta montaña.

- Con respecto al color mantuvo una coloración verdosa.
- Mientras que la claridad estuvo dependiendo del grado de turbiedad o la intensidad de lluvia que se tuvo al día siguiente lo cual afectaba directamente y durante la investigación se pudo observar una claridad que va de transparente a semi transparente.

El uso de suelo que se enfoca al alrededor del punto de monitoreo, se da con la presencia de árboles como el pino (*Pinus radiata*), vegetación arbustiva tales como chilca (*Baccharis latifolia*), paja (*Sisyrinchium jamesoni*), sigze (*Cortadeira rudiusscula*), y la presencia de piedra grandes y pequeñas en las riveras del río.

El principal impacto que se da aguas arriba que se pudo identificar del punto de monitoreo, son las actividades antrópicas como la agricultura en pequeña escala y ganadería de las comunidades de Guargualla Chico, la quema de pajonales, tala de bosque y la expansión de la frontera agrícola.

Por lo que se puede finalizar diciendo que el grado de intervención en esta zona es un poco más avanzado (ANEXO11 y 12)

1.4. Cuarto punto de monitoreo: YULUMPALA (YUG4)

El cuarto punto de monitoreo (YUG4) se sitúa a una altura aproximada de 3245 msnm en donde las características organolépticas como es el caso de olor, color y claridad que presento este río; durante el periodo de monitoreo se menciona a continuación:

- Nunca presento un olor desagradable, al contrario era un olor sui géneris característico de río de alta montaña.
- Respecto al color mantuvo una coloración de café oscuro.
- La claridad estuvo dependiendo del grado de turbiedad o la intensidad de lluvia que se tuvo al día siguiente lo cual afectaba y durante la investigación se pudo observar una claridad que va de transparente a semi opaco

El uso de suelo que se enfoca al alrededor del punto de monitoreo, presenta árboles de pino (*Pinus radiata*), vegetación arbustiva tales como paja (*Sisyrinchium jamesoni*), sigze (*Cortadeira rudiusscula*), y la presencia de piedra grandes pequeñas y en las riveras del río.

El principal impacto que se da aguas arriba del punto de monitoreo, que se pudo identificar son las actividades antrópicas de la Asociación ASARATY, y la comunidad de Guargualla Chico, vinculado directamente con el desarrollo de la producción agrícola como: habas (*Vicia faba*), papas (*Solanum tuberosum*), en las riveras del río en pequeñas escala, tala de bosque y la expansión de la frontera agrícola. Por lo que se puede concluir diciendo que el grado de intervención en esta zona es un poco avanzado. (ANEXO11 y 12)

1.5. Quinto punto de monitoreo: PUCUPALA (PUG5)

El quinto punto de monitoreo (PUG5) se sitúa a una altura aproximada de 3240 msnm y dentro de las características organolépticas como es el caso de olor, color y claridad que presento este río durante el periodo de monitoreo se menciona a continuación:

- Nunca presento un olor desagradable, al contrario era un olor sui géneris característico del río
- Con respecto al color mantuvo una coloración de café oscuro.
- Mientras que la claridad estuvo dependiendo del grado de turbiedad o la intensidad de lluvia que se tuvo al día siguiente lo cual afectaba directamente y durante la investigación se pudo observar claridad de opaco

El uso de suelo que se enfoca al alrededor del punto de monitoreo, presenta una vegetación arbustiva tales como paja (*Sisyrinchium jamesoni*), sigze (*Cortadeira rudiusscula*), y la presencia de piedra pequeñas en las riveras del río.

El principal impacto que se da aguas arriba que se pudo identificar es la presencia de animales tales como ovinos (*Ovis aries*), bovinos (*Bous taurus*), caprinos (*Caprus hircus*), asnos (*Equus asinus*), en el punto de monitoreo. También se identifico el asentamiento

de la comunidad de Guargualla Chico y de las diferentes actividades antrópicas que se realiza como la agricultura en habas (*Vicia faba*), papas (*Solanum tuberosum*), hortalizas, y la presencia de una quesera de la comunidad. Y posiblemente descargasPor lo que se puede finalizar diciendo que el grado de intervención en esta zona es un poco avanzado. (ANEXO11 y 12)

1.6. Sexto punto de monitoreo: ZANAMPALA (ZAG6)

El sexto punto de monitoreo (ZAG6) se sitúa a una altura aproximada de 3180 msnm, dentro de las características organolépticas como es el caso de olor, color y claridad que presento este río durante el periodo de monitoreo se menciona a continuación:

- Nunca presento un olor desagradable, al contrario era un olor sui géneris característico del río de alta montaña.
- Respecto al color mantuvo una coloración de verde claro a café verdusco.
- Mientras que la claridad estuvo dependiendo del grado de turbiedad o la intensidad de lluvia que se tuvo al día siguiente lo cual afectaba y durante la investigación se pudo observar una claridad de semi transparente.

El uso de suelo que se enfoca alrededor del punto de monitoreo se da con la presencia de vegetación herbácea como chilca (*Baccharis latifolia*), zixce (*Cortadeira rudiuscula*), y piedras grandes en el río.

El principal impacto que se da aguas arriba que se pudo identificar es la presencia de las comunidades de Etén y Melan y dentro de las actividades antrópicas que se realiza son la agricultura en habas (*Vicia faba*), papas (*Solanum tuberosum*), hortalizas y actividad pecuaria (*Bos taurus*) y se pudo observar algunos derrumbos por la falta de un manejo adecuado de los suelos, provocando de esta manera que el agua sea turbia.

Por lo que se puede finalizar diciendo que el grado de intervención en esta zona es poco avanzado. (ANEXO11 y 12)

1.7. Séptimo punto de monitoreo: BOCATOMA (BOG7)

El séptimo punto de monitoreo (BOG7) se sitúa a una altura aproximada de 3057 msnm, dentro de las características organolépticas como es el caso de olor, color y claridad que presento este río durante el periodo de monitoreo se menciona a continuación:

- Nunca presento un olor desagradable, al contrario era un olor sui géneris característico del río.
- En relación al color mantuvo una coloración de café claro a café oscuro.
- La claridad estuvo dependiendo del grado de turbiedad o la intensidad de lluvia que se tuvo al día siguiente lo cual afectaba y durante la investigación se pudo observar una claridad que va de transparente a semi transparente a opaco.

El uso de suelo que se enfoca alrededor del punto de monitoreo se da la presencia de vegetación arbórea como eucalipto (*Eucalyptus spp.*) y además del kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), sigze (*Cortadeira rudiuscula*), paja (*Sisyrinchium jamesoni*), chilca (*Baccharis latifolia*), y piedras pequeñas en el río.

Se pudo identificar la actividad antrópica mediante la presencia de agricultura habas (*Vicia faba*), papas (*Solanum tuberosum*), cebada (*Hordeum vulgare*), hortalizas y principalmente potreros para la ganadería (*Bos Taurus*) de la comunidad de Guargualla Chico, Guargualla Grande, Gosoy San Luis, San Francisco de Apuñag, Eten y Melan.

Y se pudo observar algunos derrumbos, provocando de esta manera que el agua sea turbia. Por lo que se puede finalizar diciendo que el grado de intervención en esta zona es un poco más avanzado. (ANEXO11 y 12).

1.8. Octavo punto de monitoreo: DESEMBOCADURA (DEG8)

El octavo punto de monitoreo (DEG8) se sitúa a una altura aproximada de 2813 msnm, junto a la intersección de la desembocadura del Río Chambo. Dentro de las características organolépticas como es el caso de olor, color y claridad que presento este río durante el periodo de monitoreo se menciona a continuación:

- Nunca presento un olor desagradable, al contrario era un olor sui géneris característico del río,
- Respecto al color mantuvo una coloración de café oscuro.
- Mientras que la claridad estuvo dependiendo del grado de turbiedad o la intensidad de lluvia que se tuvo al día siguiente el cual afectaba y durante la investigación se pudo observar una claridad de opaco. Todos estos contaminantes de tipo orgánico, con el movimiento del agua y el choque constante con las rocas, tienden a depurarse, logrando el río de esta manera una recuperación natural.

El uso de suelo que se enfoca alrededor del punto de monitoreo es la agricultura en maíz (*Zea maiz*), cebada (*Hordeum vulgare*), alfalfa (*Medicago sativa*), pasto (*Arrhenatherum alatus*), presencia de árboles como eucalipto (*Eucaliptus spp.*), matorrales, chilca (*Baccharis latifolia*), kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), cabuya (*Fourcroya andina*), sigze (*Cortadeira rudiusscula*), presencia de pequeñas y grandes piedras en el río.

Se pudo identificar la actividad antrópica que impactan al agua como haciendas ganaderas, expansión de la frontera agrícola, y la presencia de todas las comunidades que se encuentran aguas arriba tales como Guargualla Chico, Guargualla Grande, Eten, Melan, Gosoy San Luis, San Francisco de Apuñag y la comunidad de Shanaicum.

Por lo que se puede finalizar diciendo que el grado de intervención en esta zona es más avanzado. (ANEXO11 y 12)

2. Alternativas de actividades antrópicas menos destructivas, que mejoren la calidad del agua.

Las actividades antrópicas que se presentan en la zona de estudio se dan determinados problemas y/o causas observados directamente en el campo y de donde citaremos algunas alternativas técnicas que favorezcan a optimizar los recursos naturales, con actividades antrópicas menos destructivas, que ayuden a evitar el deterioro y/o mejorar la calidad del agua en la Microcuenca Alta del Río Guargualla.

- Debido a un aumento de la población en el área de la microcuenca ha generado problemas, como es la explotación de los recursos naturales y trae consecuencias tales como la pérdida del hábitat, la desaparición de todas las especies, desequilibrios de los procesos naturales en el área. Una alternativa prudente puede ser el uso potencial de los recursos, de esta manera propongo un ordenamiento territorial de los sitios más vulnerables en donde necesita de protección, conservación de este ecosistema y así evitar el menor porcentaje de deterioro de la calidad del agua.
- El avance de la frontera agrícola y la falta de apoyo técnico ha generado el uso de técnicas inadecuadas en el aprovechamiento de los recursos y en consecuencia efectos negativos, como la pérdida de la cubierta vegetal, erosión del suelo, desaparición de especies, entre otros. Una de las alternativas equilibradas sería, las prácticas de conservación de suelo, que impidan del arrastre de sedimentos y partículas y de esta manera controlar la erosión y el escurrimiento superficial, factores que afectan en la calidad del agua.
- Otro problema observado en la microcuenca es la quema de pajonales, que es una práctica agropecuaria y trae como consecuencia la pérdida o afectaciones a grandes extensiones del ecosistema, como es la desaparición de la cubierta vegetal, desaparición de hábitat, desequilibrio ecológico, entre otros. Una alternativa para mejorar esta actividad antrópica destructiva sería el control de crianza de animales, ya que este es el motivo de la quema de pajonales, limitando áreas medianas y

apropiadas para esta actividad y así evitar que en los periodos de invierno las áreas desprovistas de vegetación cause la erosión hídrica, que trae como consecuencia derrumbos o inundaciones, en la parte baja afectando la calidad los cuerpos del agua.

- Otro problemas sobre la microcuenca, es el poco acceso de la población a servicios de asistencia técnica, ofertados por instituciones gubernamentales, ONG`s los cuales realizan proyectos acerca del manejo de los recursos naturales, tratando de reducir los efectos ya descritos. Una alternativa seria impartir conocimientos, orientación acerca de la educación ambiental para el manejo y cuidado de los recursos de la microcuenca.
- Otros servicios alternativos es el ecoturismo de aventura, debido a que el área de estudio presenta una riqueza paisajística; siendo el principal atractivo el Volcán Sangay, la variedad florística y faunística, entre otros. Para lo cual es necesario realizar o efectuar estudios acerca de la capacidad de carga del ecosistema para realizar actividades de turismo contemplativo responsable y así disminuir la presión sobre el suelo y los bosques.
- La reforestación y/o revegetación mediante la selección se especies acordes a las características del clima y de la zona y con una asistencia técnica adecuada seria una buena opción para la recuperación de las riberas de los afluentes y la vegetación circundante.

VI. CONCLUSIONES

- Uno de los parámetros más importante dentro de la contaminación del agua es la temperatura porque ayuda a predecir y/o confirmar otras condiciones del agua y según la normativa Tulas, nos indica que las aguas naturales que permiten la preservación de flora y fauna se encuentra estipulada entre 3 y 20° C, teniendo en cuenta que la valores medidos (*in situ*) de temperatura en los 8 puntos de monitoreo (TEG1, TAG2, SHAG3, YUG4, PUG5, ZAG6, BOG7, DEG8) se encuentran dentro de este rango cuyo promedio es de 10,7° C.
- Los valores del pH de los diferentes puntos de monitoreo registrados en el campo se encuentran dentro del rango de la neutralidad. Teniendo en el punto de monitoreo (TEG1), el pH más alto con un valor de 7,43 y el valor más bajo lo tenemos el punto (SHAG3) con un valor de 7,1 deduciendo de esta manera que no existe una gran variación y según la normativa Tulas estos valores investigados están entre los valores de los límites permisibles (6.5 a 8.5) donde el pH promedio es de 7.29
- La conductividad, salinidad y sólidos totales disueltos en los cuatro primeros puntos de monitoreo (TEG1, TAG2, SHAG3 y YUG4) no presenta gran variación y se considera dentro de los rangos normales, esto se debe a que aguas arriba la intervención de la actividad humana es mediana, pero a partir del punto (PUG5) existe un aumento en sus valores e inciden en el comportamiento del río, esto probablemente es producido por una mayor actividad humana que se da en esta zona, debido a que aguas arriba se encuentran algunas comunidades y por ende se incrementa las actividades antrópicas que afecta la calidad del agua.
- Los puntos de monitoreo (TEG1 y TAG2) son ríos de un alto contenido de OD, mientras que el punto (PUG5) presenta la concentración de oxígeno mas bajo, este descenso de la concentración de oxígeno en el agua puede estar influenciado por el cambio de temperatura del agua, lo cual influye en el porcentaje de saturación de oxígeno en donde disminuye el valor del OD. Y los valores permitidos de OD son no < 6 ppm, los cuales son adecuados para las aguas de alta montaña y nuestro promedio de OD es 7,87ppm que se enmarca dentro de la normalidad.

- De acuerdo al índice de calidad de agua (ICA), en los puntos de monitoreo TEG1, TAG2 y YUG4 presentan un índice de calidad de agua **Buena** (84), (82) y (80) respectivamente. Mientras que los puntos de monitoreo SHAG3, PUG5, ZAG6, BOG7 y DEG8 presentan un índice de calidad del agua **Media** (65), (66), (67), (67) y (67) respectivamente, el cual permite determinar los diferentes usos que se puede destinar el agua de la Microcuenca Alta del Río Guargualla.
- Según el índice EPT los puntos de monitoreo (TEG1, TAG2, YUG4 y PUG5) poseen una calidad de agua **Buena** (57,0), (52,4), (52,8), (53,59) % respectivamente. Mientras que en el puntos de monitoreo (SHAG3, ZAG6, BOG7 y DEG8) encontramos una calidad de agua **Regular** (48,8), (46,5), (29,6), (43,4) % respectivamente.
- De acuerdo a los macroinvertebrados encontrados, y según los respectivos puntajes BMWP/Col y la clasificación de calidad de agua dada por Roldán (2003), todos los puntos de monitoreo de la Microcuenca Alta del Río Guargualla (TEG1, TAG2, SHAG3, YUG4, PUG5, ZAG6, BOG7 y DEG8) presentan aguas **Moderadamente Contaminadas** (51,30), (47,30), (44,40), (48,80), (55,70), (44,00), (36,60), (36,00) respectivamente.
- El numero total de familias encontrados fue de 16 familias, correspondiente a 7 ordenes, en los cuales la familia con mayor numero de individuos fue la Baetidae con 450; seguida de la familia Chironomidae con 246 y la familia Blepharoceridae con 220 individuos; después tenemos a la familia Hidrobiosidae con 119 individuos; la familia Siimulidae con 117 individuos y la familia Elmidae con 77 individuos.
- Los afluentes, se encuentran en riesgo de contaminación. Por causas de malas prácticas ancestrales, como la quema de pajonales, deforestación, la introducción de especies exóticas, avance de la frontera agrícola, la introducción de ganado bravo, el lavado de ropa, etc. Por tal razón se hace necesario buscar alternativas menos destructivas con el fin de proteger los recursos naturales y mejorar la calidad del agua en la Microcuenca Alta del Río Guargualla.

VII. RECOMENDACIONES

- Repetir la investigación similar a la efectuada en la Microcuenca Alta del Río Guargualla en otra época del año para comparar y complementar estos resultados.
- Para garantizar las mediciones físico-químicas como biológicas se recomienda tener los equipos en perfecto funcionamiento y calibrados y que el personal de la investigación este debidamente entrenado.
- La utilización de los métodos EPT y BMWP es aplicable, debido a que 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.
- Efectuar una tabla de sensibilidad para el análisis BMWP y EPT para bioindicadores de alta montaña, debido a que los índices de sensibilidad y/o parámetros que se utilizó en esta investigación están de acuerdo a las referencias realizadas con bioindicadores de clima templado.
- Realizar una educación ambiental en todos los sectores de la población sobre el uso adecuado del agua que es un recurso valioso. Así como también el manejo y la importancia de los demás recursos de la microcuenca.
- Tomar medidas adecuadas de protección como las prácticas de conservación de suelos que impidan el arrastre de materiales para controlar la erosión y el escurrimiento superficial factores que influyen en el arrastre de sedimentos y partículas contaminantes para los cuerpos de agua
- Reforestación y asistencia técnica, en las áreas de los afluentes de los cuerpos de agua para la recuperación de las riberas y de su vegetación con la debida selección de especies acordes a las características del clima y de la zona, son una buena opción.

VIII. RESUMEN

En la presente investigación se propuso: el estudio de la calidad del agua en los afluentes de la Microcuenca Alta del Río Guargualla para determinar las causas de la degradación y alternativas de manejo, en la Provincia de Chimborazo; muestreando 8 puntos de monitoreo entre los 2813 y 3440 msnm. Haciendo mediciones fisicoquímicas cuyos valores promedio son: Temperatura (10,7°C), pH (7,29), conductividad (155,03 μ s/cm), salinidad (77,72ppm), alcalinidad (83,01ppm), oxígeno disuelto (7,87ppm), nitratos (3,16ppm), fosfatos (0,04ppm), turbidez (25,5JTU), TDS (108,57mg/L). Mediante la agrupación de los valores fisicoquímicos obtuvimos el índice de calidad de agua, (ICA). Presentando una calidad del agua buena y media. Estimando además la calidad del agua mediante el empleo de bioindicadores (macroinvertebrados). En donde según el índice EPT estimo una calidad de agua buena y regular; y mediante el índice BMWP/Col presento una calidad de agua moderadamente contaminadas en toda la microcuenca. Recolectando un total de 1309 individuos pertenecientes a 7 órdenes y 16 familias de macroinvertebrados, La familia más abundante y amplia distribución fue la *Baetidae* seguida por *Chironomidae* y *Blepharoceridae*. Además ese reportan las familias *Hidrobiosidae*, *Simulidae*, *Elmidae*, *Gripopterygidae*, *Leptoceridae*, *Tipulidae*, *Ceratopogonidae*, *Scirtidae*, *Muscidae*, *Psephenidae*, *Hyalelidae* y *Oligoneuridae*. Las actividades antrópicas que se presentan en la zona han determinado problemas observados directamente en el campo, donde citaremos algunas alternativas que favorezcan a optimizar los recursos naturales y mejorar la calidad del agua en la microcuenca: el ordenamiento territorial, conservación de suelo, control de crianza de animales, ecoturismo de aventura y la reforestación y/o revegetación mediante especies acordes al clima y la zona.

IX. SUMMARY

In the present investigation was proposed: the study of the water quality in the tributaries of the Upper River Basin Micro Guargualla to determine the causes of the degradation and management alternative, in the province of Chimborazo; Simple was taken as 8 points in monitoring the 3440 and 2813 masl. We physicochemical measurements, whose values are: temperature (10,7°C), pH (7,29), conductivity (155,03µs/cm), salinity (77,72ppm), alkalinity (83,01ppm), dissolved oxygen (7,87ppm), nitrates (3,16ppm), phosphate (0,04ppm), turbidity (25,5JTU), TDS (108,57mg/L). By grouping the values of physical-chemical got the water quality index, (ICA). Featuring a water quality good and average. Through the use of bio-indicators (macro-invertebrates) was estimating water quality. According to the EPT index of water quality is good and regular, and by the index BMWP/Col water quality is moderately polluted in the whole micro-watershed. Of the total simple of 1309 individuals belonging to 7 orders and 16 families of macro-invertebrates, the most abundant family of wide distribution it was *Baetidae* followed by *Chironomidae* and *Blepharoceridae*. In addition there are the families *Hidrobiosidae*, *Simulidae*, *Elmidae*, *Gripopterygidae*, *Leptoceridae*, *Tipulidae*, *Ceratopogonidae*, *Scirtidae*, *Muscidae*, *Psephenidae*, *Hyalelidae* and *Oligoneuridae*. Anthropogenic activities that occur in this area have identified the same problems that have been observed directly in the field. By this mention some alternatives to optimize resources and improve water quality in the micro-the main basin and could include: land management, soil conservation, control of animal husbandry, ecotourism adventure and reforestation taking account of the species according to climate zone.

X. BIBLIOGRAFIA

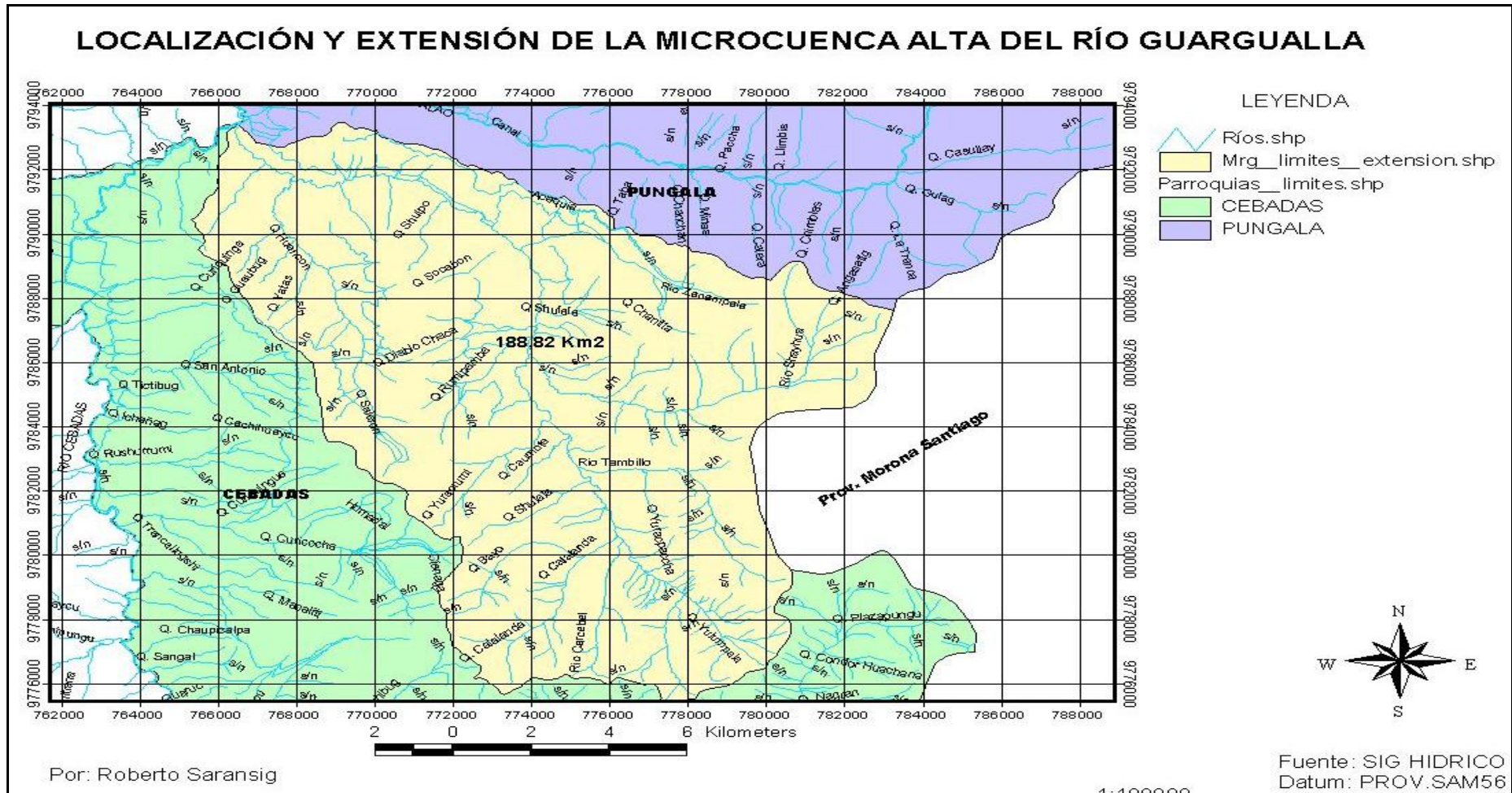
1. CALLES, J. A. 2007. Manual básico de monitoreo de la calidad del agua. Monitoreo físico-químico, microbiológico, biológico e hidrológico. Fundación Natura-Programa GLOWS. Quito. Ecuador. 49 pp.
2. CARRERA, C. y FIERRO, K. (2001). Manual de monitoreo: Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. Ecociencia. Quito
3. FIGUEROA, A. (2004), Macro invertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua VI Jornadas del CONAPHI-CHILE
<http://www2.udec.cl/~rfiguero>
4. HENAO, J. (1988), Introducción al manejo de Cuenca Hidrograficas. Universidad Santos Tomas. Bogota. 31-44pp.
5. 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.
6. 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
7. 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

8. ROMERO, J. 2002. Calidad del Agua. Primera Edición. Editorial Nomos S.A. Bogotá – Colombia.. Pag. 281-292; 335-349.
9. SEGOVIA, J. (2005). Módulos de Cuencas. ESPOCH-PECESI. Riobamba- Ecuador.
10. 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
11. 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
12. Ecopar 2008 Propuesta de Plan de Ordenamiento Territorial de la microcuenca del Río Guargualla. Riobamba-Ecuador.
13. www.imacmexico.org/ev_es.pHp?ID=17469_208&ID2=DO_TOPIC
14. <http://www.minag.gob.pe/hidro.shtml>
15. <http://educasitios.educ.ar/grupo068/?q=node/42>
16. <http://www.monografias.com/trabajos16/cuenca-parana/cuenca-parana.shtml>
17. <http://www.monografias.com/trabajos5/anagua/anagua.shtml>
18. <http://water.usgs.gov/gotita/earthriverssed.html>

19. <http://www.lenntech.com/home.htm>
20. <http://www.ideam.gov.co/indicadores/calidad.htm>
21. <http://water.usgs.gov/pubs/FS/fs-027-01/index.html>

IX. ANEXOS

ANEXO 01. MAPA LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y SUPERFICIE DE LA MICROCUENCA ALTA DEL RÍO GUARGUALLA



ANEXO 02. REUNIONES CON LÍDERES COMUNITARIOS Y RECONOCIMIENTO DE LA MICROCUENCA ALTA DEL RÍO GUARGUALLA.



Foto 1. Reunión con líderes comunitarios de la Microcuenca Alta del Río Guargualla con el compañero Rodrigo Tenemasa. Presidente de la Asociación Asaraty
Fuente: Saransig, R. (2008)



Foto 2. Comuneros de las diferentes comunidades que conforman la Microcuenca Alta del Río Guargualla.
Fuente: Saransig, R. (2008)



Foto 3. Reconocimiento de los principales afluentes de la Microcuenca Alta del Río Guargualla en compañía del Ing. Héctor Espinosa Técnico del INAR Fuente: Saransig, R. (2008)



Foto 4. Reconocimiento del Páramo de la Microcuenca Alta del Río Guargualla con lo líderes comunitarios Fuente: Saransig, R. (2008)



Foto 5. Reconocimiento de los afluentes principales de la Microcuenca Alta del Río Guargualla con lo líderes comunitarios Fuente: Saransig, R. (2008)

ANEXO 03. MAPA DE LOS PUNTOS DE MONITOREO EN LA MICROCUENCA ALTA DEL RÍO GUARGUALLA.



ANEXO 04. TÉCNICA UTILIZADAS EN EL MONITOREO FÍSICO- QUÍMICO EN EL CAMPO



Foto 6. Determinación del oxígeno disuelto en el campo Fuente: Saransig, R. (2008)



Foto 7. Determinación de la alcalinidad en el campo Fuente: Saransig, R. (2008)



Foto 8. Determinación de nitratos en el campo Fuente: Saransig, R. (2008)



Foto 9. Determinación de parámetros físicos-químicos en el campo Fuente: Saransig, R. (2008)

ANEXO 05. TÉCNICA DE MONITOREO EN LA RECOLECCIÓN DE MACROINVERTEBRADOS EN EL CAMPO Y LABORATORIO



Foto 10. Utilización de la Red de Suber en la recolección de macroinvertebrados
Fuente: Saransig, R. (2008)



Foto 11. Zapateo para la recolección de macroinvertebrados
Fuente: Saransig, R. (2008)



Foto 12. Inspección bajo la piedras en la recolección de macroinvertebrados
Fuente: Saransig, R. (2008)



Foto 13. Recolección de macroinvertebrados en la bandejas de campo
Fuente: Saransig, R. (2008)



Foto 14. Inspección de macroinvertebrados en el campo
Fuente: Saransig, R. (2008)



Foto 15. Identificación de macroinvertebrados en el laboratorio.
Fuente: Saransig, R. (2008)



Foto 16. Materiales y equipos necesarios para la identificación de macroinvertebrados en el laboratorio
Fuente: Saransig, R. (2008)

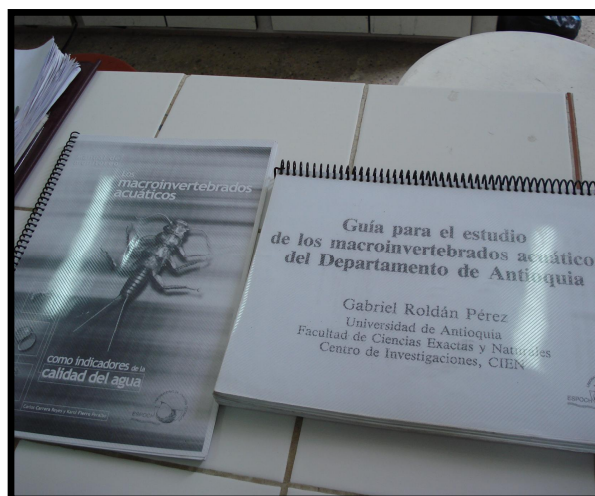
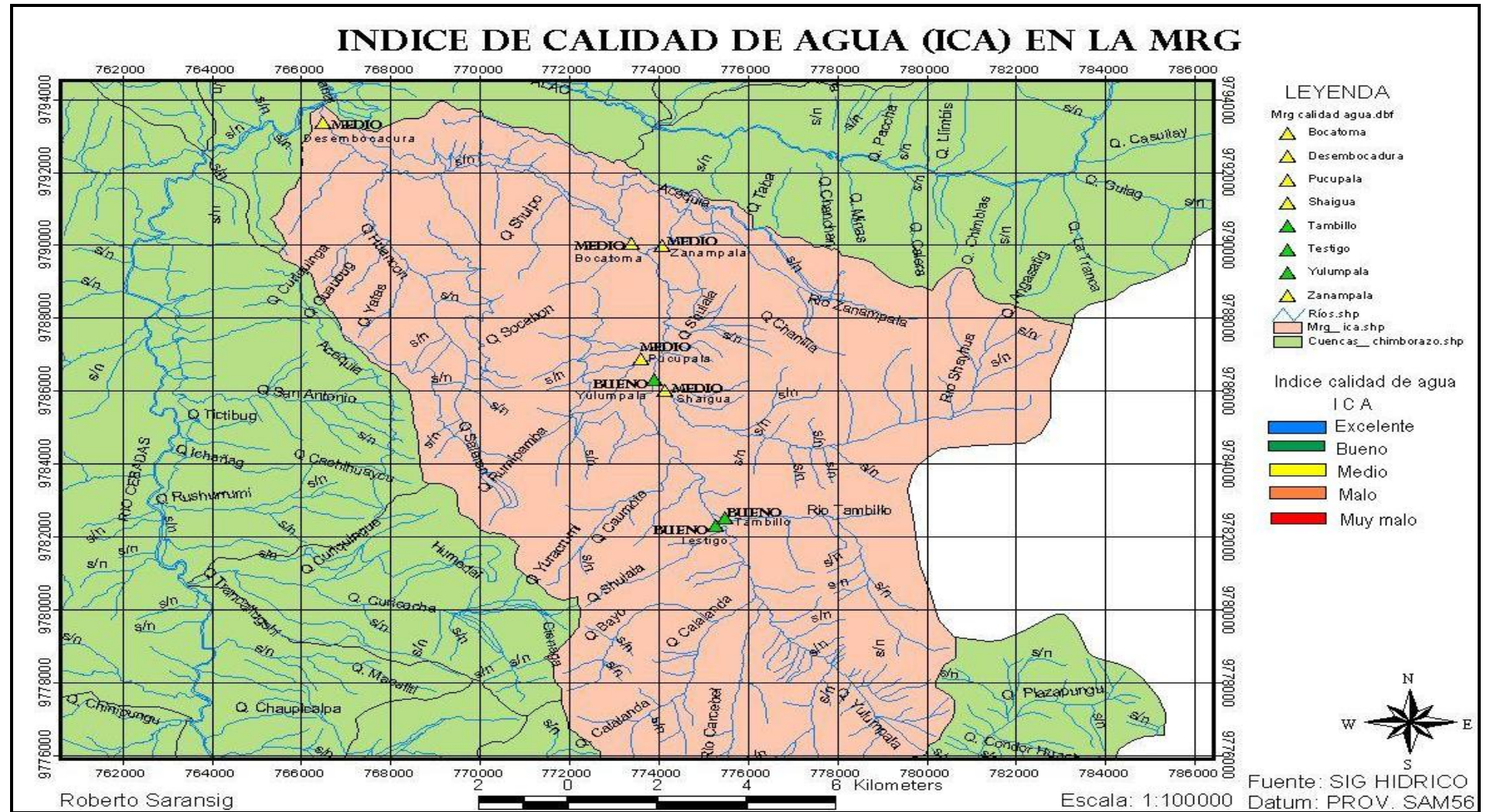
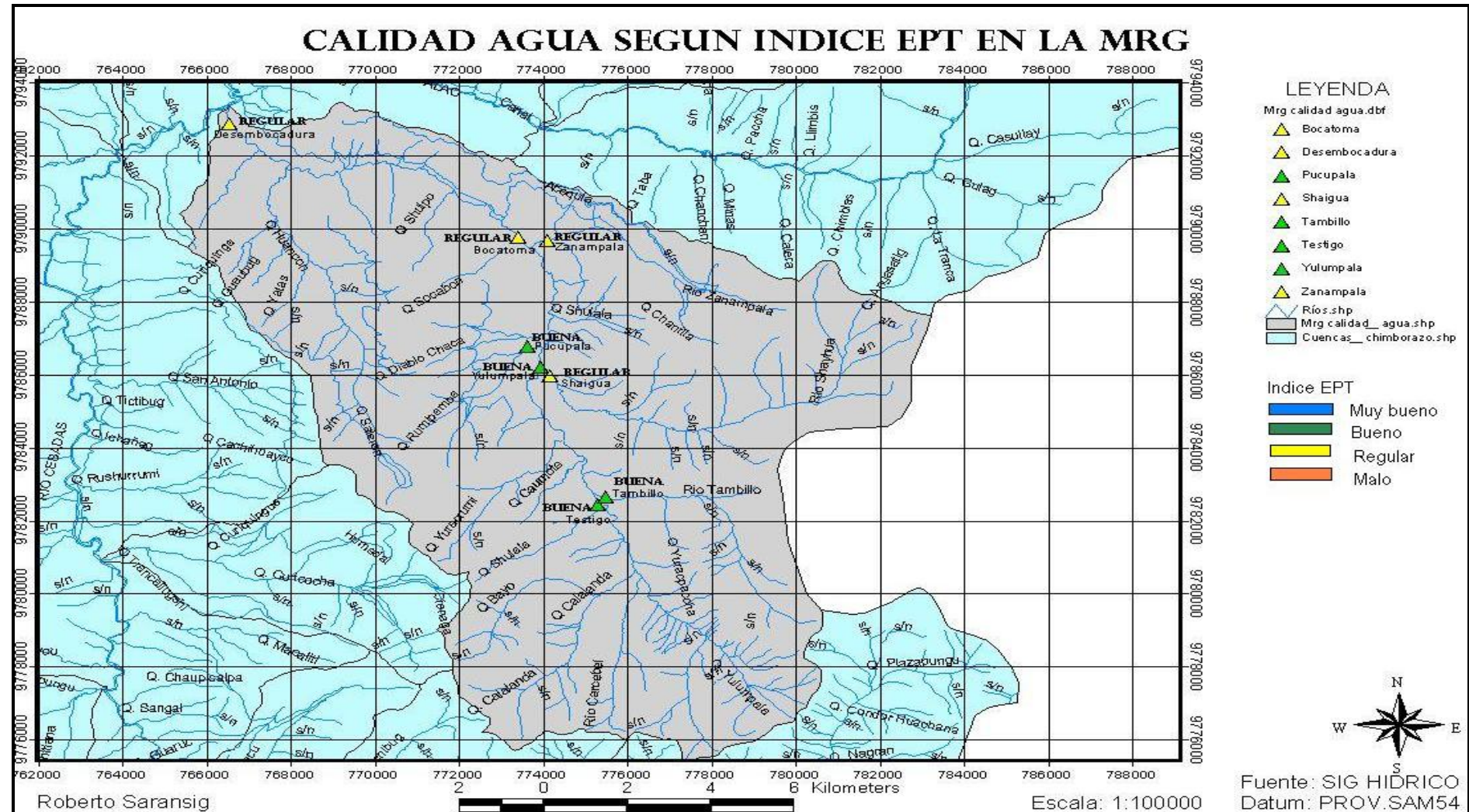


Foto 17. Folleto Guía para la identificación de macroinvertebrados en el laboratorio
Fuente: Saransig, R. (2008)

ANEXO 06. MAPA INDICE DE LA CALIDA DEL AGUA (ICA) EN LA MICROCUENCA ALTA DEL RÍO GUARGUALLA



ANEXO 07. MAPA CALIDAD DEL AGUA SEGÚN EL INDICE EPT EN LA MICROCUENCA ALTA DEL RÍO GUARGUALLA



ANEXO 08. MACROINVERTEBRADOS ENCONTRADOS EN LOS PUNTOS DE MONITOREO.



Foto 18. Leptoceridae, Gripopterygidae. Baetidae
(Ordenes: Trichoptera, Plecoptera, Ephemeroptera)
Fuente: Saransig, R. (2008)



Foto 19. Leptoceridae (Orden:Trichoptera)
Fuente: Saransig, R. (2008)



Foto 20. Hidrobiosidae (Orden: Trichoptera)
Fuente: Saransig, R. (2008)



Foto 21. Baetidae (Orden:Ephemeroptera)
Fuente: Saransig, R. (2008)



Foto 22. Blepharoceridae (Orden: Díptera)
Fuente: Saransig, R. (2008)



Foto 23. Simulidae (Orden: Díptera)
Fuente: Saransig, R. (2008)



Foto 24. Chironomidae (Orden: Díptera)
Fuente: Saransig, R. (2008)



Foto 25. Tipulidae (Orden: Díptera)
Fuente: Saransig, R. (2008)



Foto 26. Scirtade (Orden: Coleoptera)
Fuente: Saransig, R. (2008)



Foto 27. Elmidae A. (Orden: Coleoptera)
Fuente: Saransig, R. (2008)

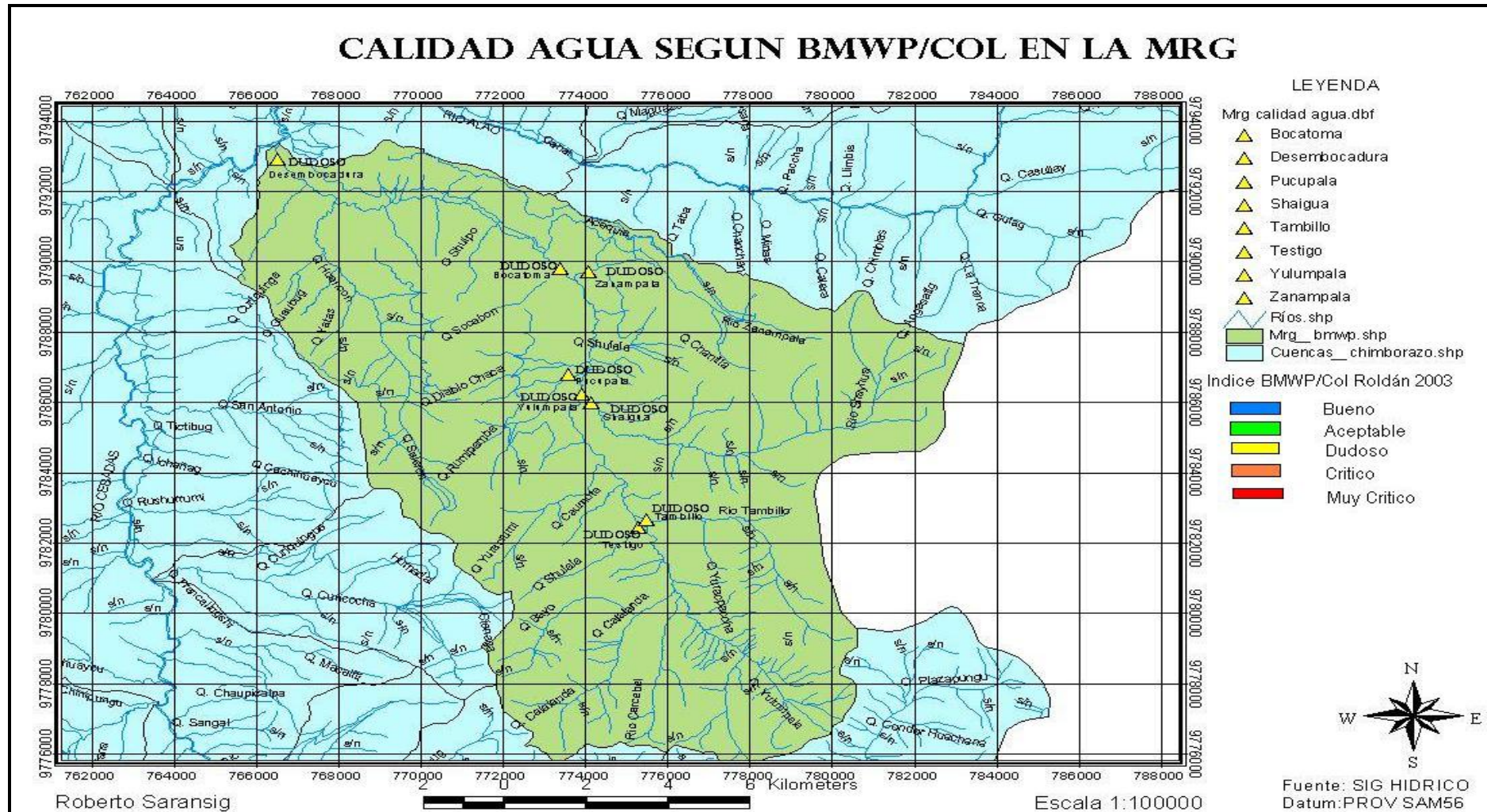


Foto 28. Elmidae L (Orden: Coleoptera)
Fuente: Saransig, R. (2008)

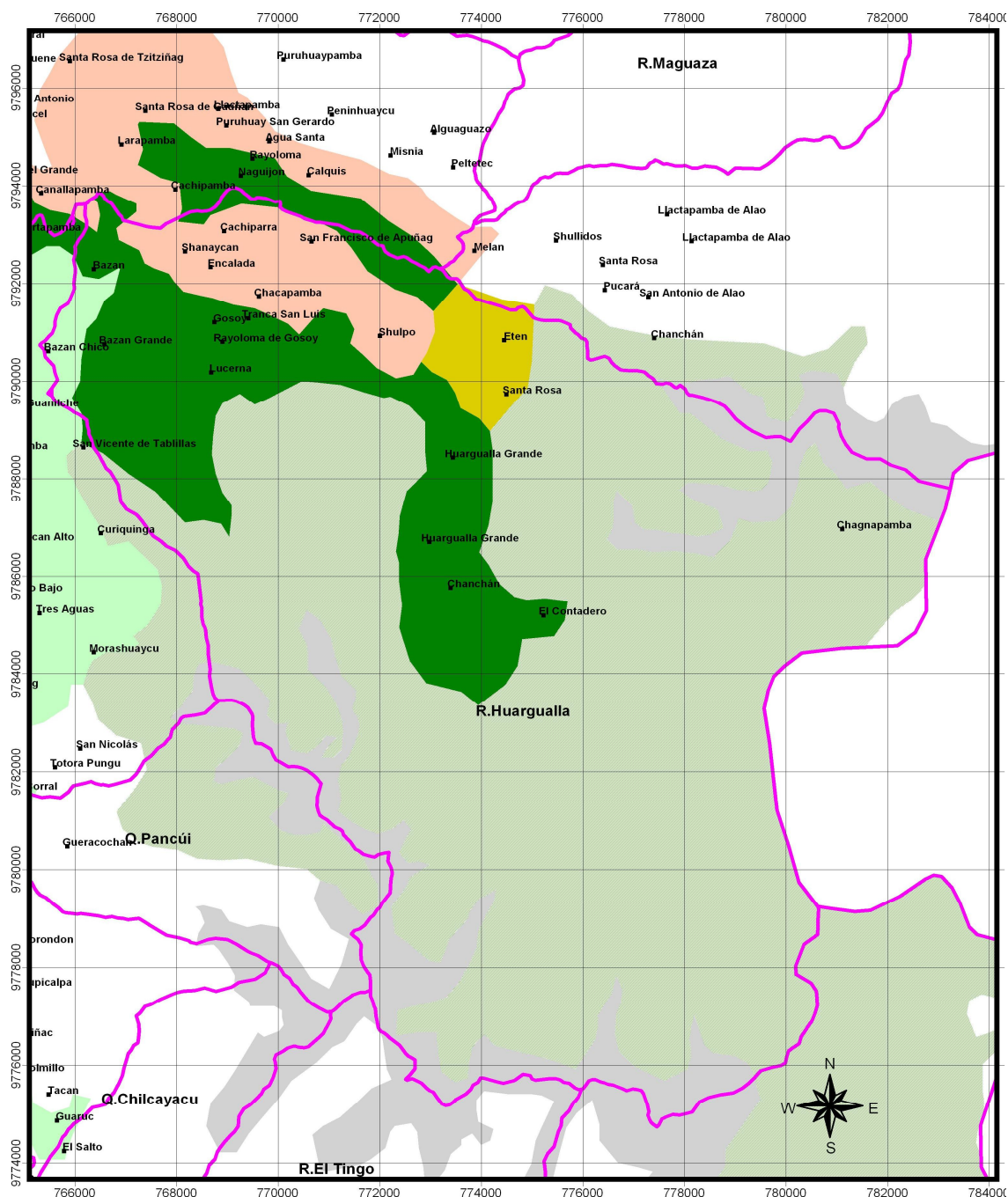


Foto 29. Hyalelidae (Orden: Crustáceo)
Fuente: Saransig, R. (200)

ANEXO 09. MAPA CALIDAD DEL AGUA (INDICE BMWP/COL) EN LA MICROCUENCA ALTA DEL RÍO GUARGUALLA



ANEXO 10. MAPA DEL USO ACTUAL DEL SUELO EN LA MICROCUENCA ALTA DEL RÍO GUARGUALLA



Escala: 1:100000

SIMBOLOGIA

- Comunidades
- Curvas de nivel
- Principales
- Microcuencas
- Rios
- Quebradas
- Canales
- Laguna

MICROCUENCA RIO GUARGUALLA

- Usos
- Asociación de cultivos (papas, cebada y/o haba)
 - Cultivos de ciclo corto
 - Cultivos de ciclo corto/pastoreo
 - Nieve y Hielo
 - Pastoreo
 - Vegetación natural

DATUM: PROV.SAM56
FUENTE: SIG HIDRICO

ANEXO 11. FOTOGRAFÍAS DEL USO ACTUAL DEL SUELO EN LOS PUNTOS DE MONITOREO EN LA MICROCUENCA ALTA DEL RÍO GUARGUALLA.

Primer punto de monitoreo: TESTIGO (TEG1)



Foto 30. Punto TEG1 (Río Testigo)

FUENTE: Saransig, R. (2008)

Segundo punto de monitoreo: TAMBILLO (TAG2)



Foto 31. Punto TAG2 (Río Tambillo)

FUENTE: Saransig, R. (2008)

Tercer punto de monitoreo: SHAIGUA (SHAG3)

Foto 32. Punto SHAG3 (Río Shaigua)

FUENTE: Saransig, R. (2008)

Cuarto punto de monitoreo: YULUMPALA (YUG4)

Foto 33. Punto YUG4 (Río Yulumpala)

FUENTE: Saransig, R. (2008)

Quinto punto de monitoreo: PUCUPALA (PUG5)

Foto 34. Punto PUG5 (Río Pucupala)

FUENTE: Saransig, R. (2008)

Sexto punto de monitoreo: ZANAMPALA (ZAG6)

Foto 35. Punto ZAG6 (Río Zanampala)

FUENTE: Saransig, R. (2008)

Séptimo punto de monitoreo: BOCATOMA (BOG7)

Foto 36. Punto BOG7 (Bocatoma)

FUENTE: Saransig, R. (2008)

Octavo punto de monitoreo: DESEMBOCADURA (DEG8)

Foto 37. Punto DEG8 (Desembocadura)

FUENTE: Saransig, R. (2008)

ANEXO 12. ACTIVIDADES ANTRÓPICAS EN LA MICROCUENCA ALTA DEL RÍO GUARGUALLA



Foto 38. Quema de pajonal en la línea de cumbre.
Fuente: Saransig, R. 2008



Foto 39. Perdida de la cubierta vegetal, por causa de la quema de pajonal
Fuente: Saransig, R. 2008



Foto 40. Derrumbes causado por la erosión hídrica.
Fuente: Saransig, R. 2008



Foto 41. Derrumbes causado por la erosión hídrica.
Fuente: Saransig, R. 2008



Foto 42. Agua turbia, producto por la fuerte lluvia y al arrastre de material edafológico
Fuente: Saransig, R. 2008



Foto 43. Río Guargualla, que casi todo el año presenta esta característica, que contrasta con la foto anterior.
Fuente: Saransig, R. 2008



Foto 44. Presencia de animales en la riveras de los afluentes de la Microcuenca Alta del Río Guargualla.
Fuente: Saransig, R. 2008



Foto 45. Presencia de animales en el Río Guargualla
Fuente: Saransig, R. 2008



Foto 46. Presencia de agricultura en los afluentes del Río Guargualla. Fuente: Saransig, R. 2008



Foto 47. Presencia de corrales para los animales Fuente: Saransig, R. 2008



Foto 48. Presencia de agricultura en las riveras del río en la Microcuenca Alta del Río Guargualla.
Fuente: Saransig, R. 2008.

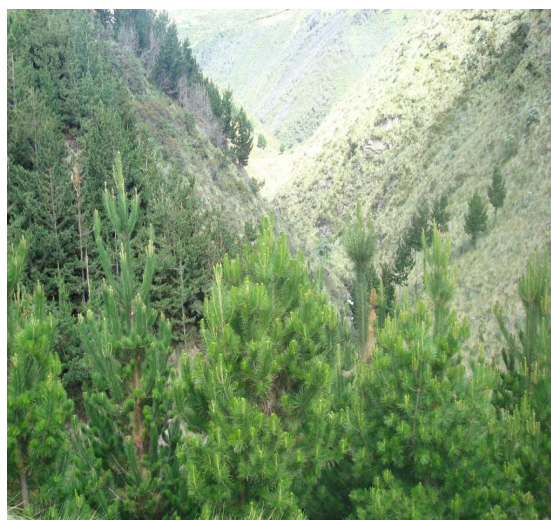


Foto 49. Introducción de especies exóticas en la Microcuenca Alta del Río Guargualla.
Fuente: Saransig, R. 2008



Foto 50. Presencia de ganadería en la Microcuenca Alta del Río Guargualla.
Fuente: Saransig, R. 2008.



Foto 51. Presencia de ovinos en el páramo de la Microcuenca Alta del Río Guargualla.
Fuente: Saransig, R. 2008



Foto 52. Asentamientos humanos en la Microcuenca Alta del Río Guargualla.
Fuente: Saransig, R. 2008.

**ANEXO 14. 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					

**ANEXO 15. FORMULARIO PARA LABORATORIO PARA EL REGISTRO DE DATOS DE MACROINVERTEBRADOS.
ÍNDICE DE SENSIBILIDAD BMWP/COL ROLDÁN 2003**

Monitoreo Biológico			
id:	Microcuenca:	Río:	Fecha:
Nombre del colector:			
Nombre del identificador de la muestra:			
Fecha:	Orden	Familia	PUNTAJE
TOTAL			
CALIDAD			
REFERENCIA			

ANEXO 16. FORMULARIO PARA LABORATORIO PARA EL REGISTRO DE DATOS DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA)

