“ESTUDIO DE LA CALIDAD DE AGUA EN LOS AFLUENTES DE LA MICROCUENCA DEL RIO BLANCO PARA DETERMINAR LAS CAUSAS DE LA DEGRADACIÓN Y ALTERNATIVAS DE MANEJO”

JOSÉ LUIS YUNGÁN ZAMBRANO

TESIS

PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

RIOBAMBA – ECUADOR

2010

TABLA DE CONTENIDOS

CAPITULO	DESCRIPCION	PÁG.
	Lista de Tablas	ii
	Lista de Figuras	iii
	Lista de Cuadros	iv
	Lista de Gráficos	v
	Lista de Anexos	vii
I	TÍTULO	1
II	INTRODUCCIÓN	1
III	REVISIÓN DE LITERATURA	4
IV	MATERIALES Y MÉTODOS	40
V	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	52
VI	CONCLUSIONES	93
VII	RECOMENDACIONES	95
VIII	RESUMEN	97
IX.	SUMMARY	98
IX.	BIBLIOGRAFÍA	99
X	ANEXOS	101

LISTA DE TABLAS

Tabla		Pág.
1.	Procesos industriales en los cuales se utilizan los metales pesados	10
2.	Clasificación del “ICA” propuesto por Brown	15
3.	Valores de sensibilidad de los principales bioindicadores acuáticos	32
4.	Modelo de tabla para guardar datos de campo	38
5.	Rangos de calidad de agua con el índice EPT	38
6.	Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos para aplicar el índice BMWP/Col	39
7.	Valores de referencia del índice BMWP/Col	39

LISTA DE FIGURAS

Figura		Pág.
1.	Estructura molecular del agua	4
2.	Algunas formas de los macroinvertebrados acuáticos	31
3.	Variedad de macroinvertebrados según el número de patas	32
4.	Morfología externa de un Ephemenóptero, familia Baetidae	33
5.	Morfología externa de un Plecóptero, familia Perlidae	34
6.	Morfología externa de un Trichoptero, familia Leptoceridae	35
7.	Recolección de macroinvertebrados con la red Surber	36
8.	Recolección de macroinvertebrados con la red D	36
9.	Draga Ekman para recolección de macroinvertebrados en aguas profundas	37
10.	Localización de la microcuenca del río Blanco	40

LISTA DE CUADROS

Cuadro		Pág.
1.	Valores promedio de parámetros físico-químico evaluados en los puntos de monitoreo de la microcuenca del rio Blanco	54
2.	Valores de temperatura obtenidos durante el monitoreo	55
3.	Valores de pH obtenidos durante el monitoreo	56
4.	Valores de oxígeno disuelto obtenidos durante el monitoreo	58
5.	Valores del contenido de fosfatos obtenidos durante el monitoreo	60
6.	Valores del contenido de nitratos obtenidos durante el monitoreo	62
7.	Valores de conductividad obtenidos durante el monitoreo	63
8.	Valores de salinidad obtenidos durante el monitoreo	65
9.	Valores de alcalinidad obtenidos durante el monitoreo	67
10.	Valores de contenido de sólidos disueltos obtenidos durante el monitoreo	69
11.	Valores de turbidez obtenidos durante el monitoreo	71
12.	Determinación de los solidos en suspensión totales	73
13.	Valores de demanda bioquímica de oxígeno obtenida en el laboratorio	74
14.	Índice de calidad del agua para cada punto de monitoreo	75
15.	Coliformes fecales obtenidos en cada punto de monitoreo	76
16.	Resumen de los macroinvertebrados acuáticos encontrados en el punto de monitoreo RB1 e interpretación con los índices BMWP/Col y EPT	78
17.	Resumen de los macroinvertebrados acuáticos encontrados en el punto de monitoreo RB2 e interpretación con los índices BMWP/Col y EPT	80
18.	Resumen de los macroinvertebrados acuáticos encontrados en el punto de monitoreo RB3 e interpretación con los índices BMWP/Col y EPT	82
19.	Resumen de los macroinvertebrados acuáticos encontrados en el punto de monitoreo RB5 e interpretación con los índices BMWP/Col y EPT	84
20.	Resumen de los macroinvertebrados acuáticos encontrados en el punto de monitoreo RB4 e interpretación con los índices BMWP/Col y EPT	86

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico		Pág.
1.	Temperatura promedio para los puntos de monitoreo	54
2.	Variación de temperatura en cada punto de muestreo durante el monitoreo	55
3.	pH promedio para los puntos de monitoreo	56
4.	Variación del pH en cada punto de muestreo durante el monitoreo	57
5.	Oxigeno disuelto promedio para los puntos de monitoreo	58
6.	Variación del contenido de oxígeno disuelto en cada punto durante el monitoreo	59
7.	Contenido promedio de fosfatos para los puntos de monitoreo	60
8.	Variación del contenido de fosfatos en cada punto durante el monitoreo	61
9.	Contenido promedio de nitratos para los puntos de monitoreo	61
10.	Variación del contenido de nitratos en cada punto durante el monitoreo	62
11.	Conductividad promedio para los puntos de monitoreo	63
12.	Variación de la conductividad en cada punto durante el monitoreo	64
13.	Salinidad promedio para los puntos de monitoreo	65
14.	Variación de la salinidad en cada punto durante el monitoreo	66
15.	Alcalinidad promedio para los puntos de monitoreo	67
16.	Variación de la alcalinidad en cada punto de muestreo durante el monitoreo	68
17.	Contenido promedio de sólidos disueltos totales para los puntos de monitoreo	69
18.	Variación del contenido de sólidos disueltos totales en cada punto de muestreo durante el monitoreo	70
19.	Turbidez promedio para los puntos de monitoreo	71
20.	Variación de la turbidez en cada punto de muestreo durante el monitoreo	72
21.	Sólidos en suspensión totales para los puntos de monitoreo	73
22.	Demanda bioquímica de oxígeno para los puntos de monitoreo	74
23.	Índice de calidad de agua en cada punto de muestreo	75
24.	Coliformes fecales obtenidos en el laboratorio para cada punto	77

25. Total de macroinvertebrados acuáticos colectados en el rio Tiaco chico 79
26. Total de macroinvertebrados acuáticos colectados en el rio Tiaco grande 81
27. Total de macroinvertebrados acuáticos colectados en el río Tarau 83
28. Total de macroinvertebrados acuáticos colectados en el río Collanes 85
29. Total de macroinvertebrados acuáticos colectados en la desembocadura del río Blanco 86
30. Índice de calidad del agua EPT para los puntos de monitoreo de la microcuenca del río Blanco 87
31. Índice de calidad del agua BMWP/Col para los puntos de monitoreo de la microcuenca del río Blanco 88

LISTA DE ANEXOS

Anexo		Pág.
1.	Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional	101
2.	Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieran desinfección	103
3.	Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario	105
4.	Límites máximos permisibles adicionales para la interpretación de la calidad de las aguas	106
5.	Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola	107
6.	Criterios de calidad para aguas de uso pecuario	108
7.	Criterios de calidad para aguas destinadas para fines recreativos	109
8.	Criterios de calidad de aguas para fines recreativos mediante contacto Secundario	110
9.	Calidad del agua en base al contenido de fosfatos	110
10.	Tipo de agua de acuerdo a la cconductividad	111
11.	Calidad del agua de riego según su conductividad eléctrica	111
12.	Rangos de salinidad de los diferentes tipos de agua	111
13.	Calidad del agua de riego según la cantidad de sales disuelta	112
14.	Criterios generales según el Índice de Calidad del Agua (ICA)	113
15.	Macroinvertebrados colectados en el punto de monitoreo del río Tiaco Chico	114
16.	Macroinvertebrados colectados en el punto de monitoreo del río Tiaco Grande	115
17.	Macroinvertebrados colectados en el punto de monitoreo del río Tarau	116
18.	Macroinvertebrados colectados en el punto de monitoreo del río Collanes	117
19.	Macroinvertebrados colectados en el punto de monitoreo de la desembocadura del río Blanco	118
20.	Ubicación de la microcuenca del río Blanco y puntos de monitoreo.	119

21. Uso del suelo en la microcuenca del río Blanco 120
22. Zona protegida de la microcuenca del río Blanco 121
23. Climas en la microcuenca del río Blanco 122
24. Taxonomía de suelos en la microcuenca del río Blanco 123
25. Clases texturales de la microcuenca del río Blanco 124
26. Altimetría de la microcuenca del río Blanco 125
27. Índice de calidad del agua (ICA) 126
28. Índice de calidad del agua BMWP/Col 127
29. Índice de calidad del agua EPT 128
30. Fotografías macroinvertebrados acuáticos 129
31. Fotografías de la microcuenca del río Blanco 131
32. Fotografías de las actividades antrópicas de la microcuenca 133
33. Fotografías de las actividades durante el monitoreo 135
34. Informes de análisis de aguas de demanda bioquímica de oxígeno y sólidos en suspensión de los puntos de monitoreo 137
35. Informes de exámenes microbiológicos de agua Coliformes fecales de los puntos de monitoreo 138

I. ESTUDIO DE LA CALIDAD DE AGUA EN LOS AFLUENTES DE LA MICROCUENCA DEL RIO BLANCO PARA DETERMINAR LAS CAUSAS DE LA DEGRADACIÓN Y ALTERNATIVAS DE MANEJO

II. INTRODUCCIÓN

En todo nuestro planeta, la contaminación del ambiente es un serio problema, cuyas afectaciones en la dinámica y balance ecológico se están apreciando con gran intensidad en diversos lugares de la tierra y de manera especial en nuestro país y provincia, es así como se manifiestan el incremento de las lluvias tanto en cantidad como en frecuencia lo que ha afectado a bastas zonas de uso agrícola, pecuario, recreacional, turístico, entre otros, y consecuentemente producen inestabilidad en el convivir de las personas. Otros casos extremos son: la ausencia de las lluvias, la desertización, disminución de la producción y productividad de alimentos.

Hoy en día el abastecimiento de agua para las diversas actividades humanas, ha generando un problema, puesto que cada vez va siendo más difícil conseguir fuentes de agua seguras, que permitan el desarrollo sustentable de las ciudades y principalmente de las comunidades campesinas. Peor aún, en los lugares donde existen fuentes de agua, la misma no es de buena calidad debido a la descarga de contaminantes como producto de la minería, la agricultura, la urbanidad y de la falta de conciencia de preservar un recurso tan invaluable.

Casi todos los ríos del país cercanos a las áreas urbanas tienen altos niveles de coliformes, DBO, nitrógeno y fósforo. Si bien los estudios realizados son escasos, y de manera especial en la provincia de Chimborazo, estos confirman la utilización de pesticidas en la agricultura, en los suelos de las cuencas de aportación de agua potable a las ciudades, incluso sobre cotas de terrenos no aptos para uso agrícola, por lo que en diferentes lugares del país organizaciones gubernamentales y no gubernamentales se han preocupado por establecer planes y programas orientados al conocimiento e inventariación de los recursos hídricos disponibles, así como para evaluar las características, usos y potencialidades de los mismos.

A. JUSTIFICACIÓN

El conocimiento de la calidad de agua de la microcuenca del río Blanco constituye una necesidad de los sectores sociales que se encuentran involucrados en el sistema, puesto que ello permitirá implementar actividades de conservación de la cuenca, labores de saneamiento e incorporación de planes y programas de manejo, enmarcado en un ámbito participativo en donde sean los mismos actores sociales quienes en base a los estudios a realizados, determinen las mejores alternativas de manejo.

Con este estudio se pretende facilitar una herramienta informativa de las condiciones de sus recursos hídricos que como dijimos anteriormente son escasos, para de esta manera aportar al plan integral de manejo de la microcuenca del río Blanco; también se pretende socializar la información obtenida y los métodos de muestreo mediante conversatorios con los habitantes del sector lo que va a generar en un proceso participativo y de pertenencia con todo el proceso que enmarca el plan de manejo de la microcuenca.

Una de las alternativas de monitoreo de calidad de agua de los ríos es la utilización de macroinvertebrados acuáticos, esta metodología brinda una alternativa fácil y económica y que puede ser empleada por las organizaciones de base para determinar la sanidad de sus cuerpos de agua, por ello la investigación y métodos se encuentran a disposición de los miembros de las comunidades involucradas en la cuenca para que puedan emplearla en su beneficio.

Por otro lado, la mesa provincial del Foro de Recursos Hídricos de Chimborazo que agrupa a diferentes organizaciones que trabajan en esta cuenca y que están respaldados por el proyecto Pastaza, GLOWS y Fundación Natura, han planteado como una de sus actividades prioritarias el conocer la calidad de las aguas de la microcuenca y definir su potencialidad de uso en las actividades agro-socio-culturales, así como también si existe o no contaminación como resultado de las actividades del hombre.

B. OBJETIVOS

1. Objetivo general

Realizar un estudio de la calidad de agua en los afluentes de la microcuenca del río Blanco para determinar las causas de la degradación y alternativas de manejo.

2. Objetivos específicos

1. Determinar las características físicas y químicas del agua identificando los principales agentes contaminantes en los afluentes más importantes de la microcuenca del Río Blanco
2. Estimar la calidad del agua mediante el empleo de bioindicadores (macroinvertebrados)
3. Comparar los resultados obtenidos en cada lugar de monitoreo, propiciando alternativas de solución a los usos actuales de las actividades antrópicas para mejorar la calidad de agua.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

A. EL AGUA

La vida surgió en el agua y ella es esencial para el mantenimiento de todo tipo de vida en nuestro planeta. Ningún proceso metabólico ocurre sin su acción directa o indirecta. El agua cubre el 71% de la superficie de la tierra y es el medio natural para muchas formas de vida. La interacción entre el agua y la atmósfera constituye el principal factor determinante del clima. El ecosistema acuático al igual que el terrestre, es el resultado de la interacción entre el agua, la atmósfera y los organismos vivos. (ROLDAN, G, 1992)

1. Propiedades del agua

a. Estructura química

Químicamente, la molécula de agua está constituida por un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno, unidos de tal forma que el átomo de hidrógeno comparte su electrón con el átomo de oxígeno. Este tipo de ligadura se llama unión covalente. Como los átomos de hidrógeno están separados por un ángulo de 104,5 grados, el agua es, entonces, una molécula polar. (WHEATON, F, 1987)

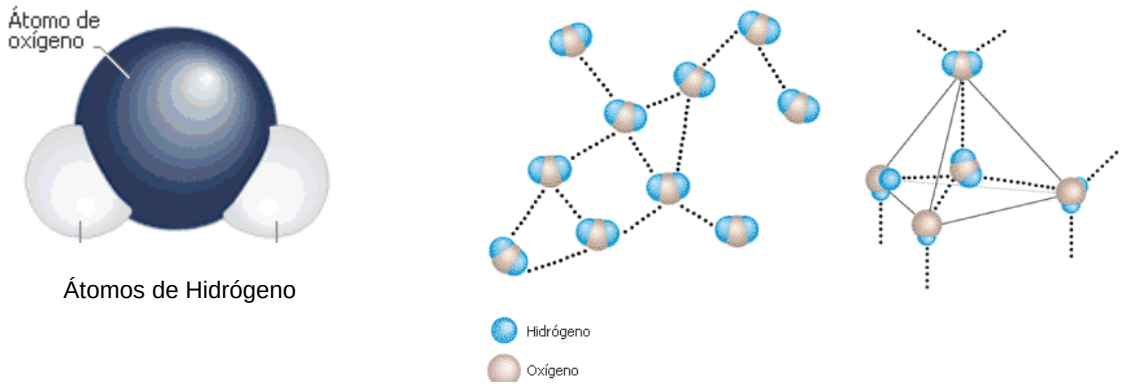


Figura 1. Estructura molecular del agua.

b. Dureza

La dureza es una de las medidas que se toman comúnmente al agua dulce. Originalmente la dureza se desarrolló con la medida de la facultad del agua para precipitar el jabón. El jabón es usualmente precipitado por los iones de calcio y magnesio, pero puede serlo también por el aluminio, hierro, manganeso, estroncio, cinc y otros iones polivalentes así como iones de hidrógeno. La dureza se define como la concentración total de estos iones expresados como carbonato de calcio.

La alcalinidad del agua se define como la capacidad de ésta para aceptar protones. La alcalinidad generalmente se debe a la presencia de carbonato, bicarbonato e hidróxidos en aguas naturales. (WHEATON, F, 1987)

c. Salinidad

La salinidad se define como la cantidad total de material sólido en gramos, contenido en un kilogramo de agua cuando todo el carbonato ha sido convertido en óxidos, el bromo y el yodo, reemplazados por el cloro y toda la materia orgánica completamente oxidada. La salinidad de las aguas naturales varía de básicamente cero a más de 40 partes por mil. (WHEATON, F, 1987)

d. Calor latente de vaporización

El calor latente de vaporización es la cantidad de energía que debe ser administrada a temperatura constante para vaporizar una cantidad unitaria de cualquier sustancia. Para el agua a 100 º C y una atmósfera de presión, el calor latente de vaporización es de 2.258kJ/g. (WHEATON, F, 1987)

e. Calor latente de fusión

El calor latente de fusión es el calor tomado por una sustancia cuando cambia de un estado sólido a un estado líquido a una temperatura constante. El calor latente de fusión del agua es de 333.6 J/g cuando la congelación ocurre a 0 º C. (WHEATON, F, 1987)

f. Calor específico

El calor específico se define como la cantidad de energía necesaria para elevar un grado de una masa unitaria de cualquier sustancia. Como la caloría es la cantidad necesaria para elevar la temperatura de 14.5 a 15.5 º C en un gramo de agua, el calor específico a una presión constante (Cp) de agua es 1 cal/g º C o 4.186 J/g º C. (WHEATON, F, 1987)

g. Tensión superficial

Las moléculas en una interfase entre un líquido y un gas o entre dos líquidos experimentan una atracción desigual por materiales diferentes. Esta atracción desigual se cuantifica como tensión superficial. La tensión superficial depende de la salinidad, aumentando junto con ella, y de la temperatura al disminuir conforme esta se incrementa. (WHEATON, F, 1987)

h. pH

El pH es el término que indica la concentración de iones hidrógeno en una disolución. Se trata de una medida de la acidez de la disolución. Se define como el logaritmo negativo de la concentración de iones hidrógeno:

$$pH = -\log [H+]$$

donde [H+] es la concentración de iones hidrógeno en moles por litro. Debido a que los iones H+ se asocian con las moléculas de agua para formar iones hidronio, H_3O^+ , el pH también se expresa a menudo en términos de concentración de iones hidronio.

En agua pura a 25 °C de temperatura, existen cantidades iguales de iones H_3O^+ y de iones hidróxido (OH^-); la concentración de cada uno es 10^{-7} moles/litro. Por lo tanto, el pH del agua pura es -log (10^{-7}), que equivale a 7. Sin embargo, al añadirle un ácido al agua, se forma un exceso de iones H_3O^+; en consecuencia, su concentración puede variar entre 10^{-6} y 10^{-1} moles/litro, dependiendo de la fuerza y de la cantidad de ácido. Así, las disoluciones ácidas tienen un pH que varía desde 6 (ácido débil) hasta 1 (ácido fuerte). En cambio, una disolución básica tiene una concentración baja de iones H_3O^+ y un exceso de iones OH^-, y el pH varía desde 8 (base débil) hasta 14 (base fuerte). (ENCARTA, 2006)

i. Transparencia

La transparencia de los cuerpos naturales de agua varía de esencialmente cero a muy claro. La transparencia del agua depende de la naturaleza, tamaño y número de las partículas suspendidas; también de la concentración y características químicas de sustancias disueltas, así como de la longitud de onda, intensidad y ángulo de incidencia de la luz que reciben estas aguas. La transparencia se mide con aparatos tales como el espectrofotómetro, que mide cuantitativamente la absorción de luz que pasa a través de una muestra de agua. (WHEATON, F, 1987)

j. Color.

El color del agua es el resultado neto de la interacción entre la luz incidente y las impurezas del agua. El agua pura a la luz del sol parece azul, debido a que la luz azul penetra más en el agua que los otros colores y así se difunde más. (WHEATON, F, 1987)

B. CALIDAD DE AGUA

La calidad de agua es un término difícil de precisar debido a que depende del uso del agua; por ejemplo, un agua de “buena” calidad para el crecimiento de algas puede no ser igualmente “buena” para beber. La calidad del agua es “buena” o “mala” dependiendo del uso que se le da. (WHEATON, F, 1987)

Por ejemplo, si el criterio a definir es estrictamente agronómico, esto es, aptitud del agua para regadío, existen diferentes clasificaciones. Los criterios más comúnmente utilizados son los recogidos por la FAO que se refieren en primer término a los riesgos de salinidad, y reducción de la capacidad de infiltración en función de la conductividad y de ésta y de la relación de absorción del sodio (RAS) respectivamente. (SANTA OLALLA, F, et all, 2005)

1. Contaminación del agua

De manera simple, la contaminación del agua se puede definir como la adición de sustancias extrañas que deterioran su calidad. La calidad del agua se refiere a su aptitud para los usos benéficos a que se ha venido dedicando en el pasado, esto es, para le bebida del hombre y de los animales, para el soporte de una vida sana, para el riego de los cultivos y para la recreación. Un contaminante puede ser de origen "inerte" como plomo, mercurio detergentes; o de origen "vivo", como el ocasionado por microorganismos provenientes de desechos domésticos (aguas negras principalmente).

Desde el punto de vista ecológico, la calidad del agua tiene una connotación un poco diferente a la requerida para usos domésticos, agrícolas o industriales. La calidad de agua de un ecosistema acuático natural pude ser muy diversa; ciertos ecosistemas, a pesar de tener concentraciones elevadas de sales, durezas y alcalinidades y valores de pH muy ácidos o muy básicos, pueden tener comunidades estables y adaptadas a vivir en dichos medios. En estos casos, la calidad del agua depende fundamentalmente de los aportes naturales dados por las lluvias y por la naturaleza geoquímica del terreno. (ROLDAN, G, 1992)

2. Fuentes de la contaminación acuática.

Las principales fuentes de contaminación acuática son las industrias, la agricultura y los desechos domésticos. La descomposición natural de la materia orgánica, acumulada en exceso, causa cambios drásticos en la concentración de oxígeno y valores de pH que pueden ser a veces mortales para los peces.

El arrastre de sedimentos por fuertes crecientes enturbia el agua y destruye el hábitat que sirven de desove y refugio para muchos organismos.

Pero es la contaminación provocada por el hombre la que esta poniendo en peligro la vida en el agua por el exceso de carga orgánica que agota el oxígeno y la presencia de sustancias toxicas y metales pesados. Por otro lado la agricultura moderna se ha convertido en una de las más graves amenazas para la vida en el agua y para la salud humana. Miles de kilómetros cuadrados de cultivos son a diario rociados en el mundo con todo tipo de sustancias tóxicas a base de fósforo, cloro y mercurio, algunas de las cuales se acumulan, en último término, en las cadenas alimenticias, poniendo en peligro la salud del hombre, incluyendo graves malformaciones genéticas.

Igualmente, el uso masivo de abonos para fertilizar los terrenos de cultivo está causando graves problemas de eutroficación en lagos, embalses y ríos. Como consecuencia de ello proliferan las algas y las malezas acuáticas, lo que a su vez provoca cambios drásticos en la fisicoquímica del agua. (ROLDAN, G, 1992)

3. Tipos de contaminantes

Varias son las clases de sustancias que pueden llegar a contaminar el agua. Unas pueden causar turbiedad, otras disminuir el oxígeno disuelto, otras provocar cambios de pH, otras ser tóxicas, algunas aumentar la salinidad y otras incrementar la temperatura del agua.

Sólidos en suspensión: provienen de la erosión de los suelos, actividades mineras, agrícolas e industriales. Estas sustancias enturbian el agua disminuyendo la actividad fotosintética.

Sustancias tóxicas: Ante todo, debe diferenciarse la acción de un tóxico para una persona o animal que ocasionalmente lo ingiere con la bebida del agua y la acción para aquellos organismos que viven en el agua en permanente contacto con él. El problema más grave se concentra en aquellas sustancias recalcitrantes o resistentes a la descomposición

microbiana, cuyo poder acumulativo en el agua y en los organismos pone en peligro la estabilidad del ecosistema y la vida animal y humana.

Tabla 1. Procesos industriales en los cuales se utilizan los metales pesados

[redacted]

Fuente: (ROLDAN, G, 1992)

Actividades mineras: la minería de carbón puede causar graves problemas de contaminación en los ecosistemas acuáticos. El problema se origina por una alta presencia de pirita (sulfuros de hierro, FeS_2) en el carbón, la cual se descompone en presencia del oxígeno del aire, formando ácidos sulfúricos y compuestos de hierro, contaminando los suelos y el agua. El ácido sulfúrico baja el pH del agua hasta niveles tóxicos. El hierro, por su parte pasa de ferroso a férrico, formando con el carbón costras duras y gruesas que dañan y destruyen el hábitat de la fauna béntica y afectan la visión de los peces.

Detergentes: los agentes, debido a su composición química (son agentes activos y reforzadores) tienen la propiedad de limpiar con mayor rapidez y ser más eficiente en aguas con alto contenido de Ca^{++} y Mg^{++}, reemplazando en gran parte el jabón tradicional.

Sales: las sales son el producto de la neutralización ácido-base, procedimiento frecuente de la industria. Un aumento de sales en los ecosistemas acuáticos trae como consecuencia problemas de osmorregulación de los organismos, pudiendo llegar a eliminar a los menos tolerantes. Por lo regular, un medio salino presenta poblaciones con baja diversidad de especies pero alto número de individuos por especie.

Contaminación térmica: la mayor parte de los organismos acuáticos son de tipo poiquilotermo, es decir, que su temperatura interna no puede ser regulada como sucede en las aves y mamíferos por lo que esta puede variar de acuerdo a la temperatura ambiental. Por lo tanto, en estos organismos la velocidad de sus reacciones metabólicas depende de la temperatura del agua en la cual se encuentran sumergidos. La elevación de la temperatura dentro de estos límites, acelera sus mecanismos de respiración, nutrición, reproducción y movimiento en general, en tanto que una baja temperatura tiene un efecto contrario. (ROLDAN, G, 1992)

4. Efectos de la contaminación acuática

Los contaminantes, ya sean orgánicos o inorgánicos, provocan en los ecosistemas acuáticos una serie de modificaciones fisicoquímicas en el agua, que repercuten en la composición y distribución de las comunidades.

a. Aspectos químicos y bioquímicos

La biodegradabilidad se refiere a la capacidad que tienen los microorganismos acuáticos para descomponer y mineralizar la materia orgánica. Para que una sustancia química pueda ser biodegradada se requiere que sus moléculas posean un gran contenido de energía potencial en sus enlaces de carbono (como es el caso de los compuestos orgánicos) y que el organismo "descomponedor" disponga de las enzimas necesarias para romper los enlaces químicos que almacenan dicha energía. Pero no todos los microorganismos rompen todos los enlaces, ni todas las sustancias son igualmente biodegradables. La biodegradación es una ley natural, a través de la cual la materia orgánica animal y vegetal debe finalmente ser mineralizada, para que estos compuestos simples sean utilizados en la síntesis de nueva materia viva y, por lo tanto, dé origen a nuevos organismos.

Muchas sustancian sintéticas producidas por el hombre en las últimas décadas no son biodegradables o lo son muy lentamente, ya que en la naturaleza no existían microorganismos adaptados para romper los enlaces de estos nuevos compuestos.

Infortunadamente muchas de estas sustancias utilizadas en la industria y la agricultura llegan finalmente al agua donde sé acumulan por largos periodos de tiempo, produciendo efectos tóxicos, o acumulándose algunas de ellas en los tejidos de los organismos cuando sus niveles de concentración no son tóxicos.

La descomposición de la materia orgánica a gran escala en el agua causa notables desequilibrios en el ecosistema, originados en primer término por el consumo de oxígeno que puede ser de tal magnitud, que el medio se convierte en un ambiente anaeróbico. Bajo estas condiciones se forman compuestos intermedios como NH_4^+, CH_4 y H_2S, sustancias tóxicas para la mayoría de los organismos.

Debido a que la cantidad de materia orgánica presente en el agua debe ser degradada utilizándose una cantidad equivalente de oxígeno, los químicos se han ideado una manera de medir esta materia orgánica a través del consumo de oxígeno en un tiempo dado. Esta medida se conoce como demando bioquímica de oxígeno (DBO), la cual consiste en medir el oxígeno de una muestra de agua y dejar la otra muestra similar incubando por cinco días, al cabo de los cuales se le mide el oxígeno. La diferencia de las dos mediciones equivale al oxígeno gastado o lo que es lo mismo, a la cantidad de materia orgánica oxidada. (ROLDAN, G, 1992)

b. Aspectos biológicos

Las especies que viven en un medio determinado están adaptadas a las condiciones ambientales propias de ese medio y cualquier alteración de uno o varios de sus factores, puede significar la desaparición de una o varias especies.

La presencia de una comunidad, o conjunto de poblaciones en un medio dado no es un producto del azar. Cada individuo desempeña un papel determinado y cada uno afecta y es afectado por otros individuos y por las condiciones ambientales.

Cuando a un ecosistema acuático llega una fuente de contaminación, bien sea doméstica, agrícola o industrial, las condiciones fisicoquímicas del agua cambian y para muchas especies la única alternativa es “sobrevivir” o “morir”.

La desaparición de especies en un ecosistema significa la pérdida de eslabones en la trama alimenticia, lo que trae como consecuencia el aumento en número de algunas poblaciones, bien sea por falta de depredadores, por la disponibilidad de más alimento o por una combinación de ambos. El resultado final es una simplificación de las comunidades, con un aumento de individuos en las poblaciones que han tenido la capacidad de “adaptarse” o “sobrevivir” a las nuevas condiciones.

Conviene distinguir aquí, entre adaptación “biológica” y adaptación “ecológica”. La primera se refiere al resulta do de un proceso evolutivo a través de miles o millones de años; toda la morfología y fisiología del organismo están hechas o acopladas para vivir en un medio de características ambientales definidas. En cambio, la adaptación “ecológica” se refiere más bien a la capacidad que un individuo tiene para “resistir” ciertos cambios naturales o provocados por el hombre. Los individuos con un amplio rango de tolerancia reciben el nombre de organismos euri (ejemplo: euritermos, eurihalinos); en cambio, los que poseen poca capacidad de adaptación reciben el nombre de organismos tipo esteno.

Los efectos biológicos de la contaminación se miden a través del cambio que experimentan las comunidades a medida que reciben descargas de desechos de diferente orden. Así, por ejemplo, una fuente de contaminación puede provocar una disminución del oxígeno disuelto y un aumento de amoniaco y fósforo en el agua. Bajo estas condiciones se desarrollan altas poblaciones de hongos, bacterias, protozoos tubifícidos. A medida que el medio comienza a recuperarse, aumenta el oxígeno, disminuyen los nitratos, el amoniaco y los fosfatos y comienzan a aparecer poblaciones de algas verdes y una fauna diversa de macroinvertebrados. (ROLDAN, G, 1992)

5. Índice de calidad del agua general "ICA"

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

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 de comparar lo 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. (ROMERO, J, 2002)

Para la determinación del "ICA" interviene 9 parámetros, los cuales son:

- Coliformes fecales (en NMP/100 mL)
- pH (en unidades de pH)
- Demanda bioquímica de oxigeno en 5 días (DBO5 en mg/ L)
- Nitratos (NO_3^- en mg/L)
- Fosfatos (PO_4 en mg/L)
- Cambio de la temperatura (en ºC)
- Turbidez (en FAU)
- Sólidos disueltos totales (en mg/ L)
- Oxigeno disuelto (OD en % saturación)

a. Estimación del índice de calidad de agua general "ICA"

El "ICA" adopta para condiciones óptimas un valor máximo determinado de 100, que va disminuyendo con el aumento de la contaminación el curso de agua en estudio. Posteriormente al calculo el índice de calidad de agua de tipo "General" se clasifica la calidad del agua con base a la siguiente tabla:

Las aguas con “ICA” mayor que 90 son capaces de poseer una alta diversidad de la vida acuática. Además, el agua también sería conveniente para todas las formas de contacto directo con ella. Las aguas con un “ICA” de categoría “Regular” tienen generalmente menos diversidad de organismos acuáticos y han aumentado con frecuencia el crecimiento de las algas. Las aguas con un “ICA” de categoría “Mala” pueden solamente apoyar una diversidad baja de la vida acuática y están experimentando probablemente problemas con la contaminación. Las aguas con un “ICA” que caen en categoría “Pésima” pueden solamente poder apoyar un número limitado de las formas acuáticas de la vida, presentan problemas abundantes y normalmente no sería considerado aceptable para las actividades que implican el contacto directo con ella, tal como natación. (ROMERO, J, 2002)

Tabla 2. Clasificación del “ICA” propuesto por Brown

CALIDAD DE AGUA	COLOR	VALOR
Excelente		90 a 100
Buena		70 a 90
Regular		50 a 70
Mala		25 a 50
Pésima		0 a 25

Fuente: (ROMERO, J, 2002)

C. DISEÑO DEL PROGRAMA DE MONITOREO

1. Diagnóstico

El diagnóstico es el paso previo y necesario a la realización de la Vigilancia o Monitoreo. En él se establece la condición actual de la calidad del agua de un río determinado, teniendo en cuenta las denuncias, pedidos de la comunidad o requerimientos de alguna institución, sobre las condiciones de los ríos; la información permitirá estudiar alternativas y tomar decisiones convenientes para recuperar y/o mantener la integridad física, química y microbiológica del agua del río.

El diagnóstico de la calidad del agua de un río se realiza a través de un proceso que comprende: (1) estudios del cuerpo receptor, que se realizan a través de campañas de muestreo siguiendo el flujo del río; (2) un inventario de usos de las aguas del río; (3) la adopción de criterios de calidad para los usos existentes; y, (4) el diagnóstico de la calidad de las aguas del río, que resulta de la comparación de las características determinadas en las campañas, con los criterios de calidad adoptados.

Sin embargo, para un correcto diagnóstico, se debe completar algunos pasos previos que harán el estudio más completo, así se tiene que identificar la cuenca, subcuenca o microcuenca que contiene al río o ríos cuya calidad de agua se va a diagnosticar y posteriormente vigilar; identificar los ríos que reciben descargas contaminantes importantes; establecer esquemas hidráulicos de dichos ríos, que faciliten su estudio; caracterizar las descargas para saber el tipo de contaminantes presentes y por tanto, determinar qué parámetros de calidad de agua se deben estudiar en el río, antes y después de las descargas; listar los ríos afectados a partir de la comparación de los valores encontrados para los parámetros que se estudian en el agua (DBO, oxígeno disuelto, turbidez, etc.) con los estándares de calidad del agua (ECAs) dictados en las Normas o Leyes Nacionales para usos específicos del río. Con estos resultados obtenidos, se pueden, establecer objetivos de calidad de agua del río y establecer indicadores principales y secundarios que se usarían para la vigilancia. (FUNDACIÓN NATURA)

2. Identificación de la cuenca hidrográfica

Para identificar la cuenca, subcuenca o microcuenca hídrica a la que pertenece el río que va a ser monitoreado, puede recurrir a las distintas instituciones que poseen información geográfica de cuencas.

El Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGAP) a través de su departamento Sistema Hídrico del Ecuador (SIGAGRO), posee información analógica y digital de las cuencas hidrográficas del país. (FUNDACIÓN NATURA)

3. Identificación de los ríos que reciben descargas

a. Mapeo

Se debe establecer en un mapa, los ríos que reciben descargas, usando algún método cartográfico o de geoposicionamiento, para distinguirlos de otros no estudiados o que no reciben descargas significativas, al menos en los tramos de interés.
Estos tramos de interés pueden ser los límites cantorales en los que el municipio tiene jurisdicción y responsabilidad administrativa.

b. Catastro

Una vez identificados en el mapa, los ríos deben listarse, junto con información básica que sirva para caracterizarlos. Determinar el caudal del río es uno de los pasos básicos, que puede dar una idea más precisa de su capacidad de dilución.

Otra información básica que se debe recopilar, durante las campañas e inspecciones, es la de “inventario de usos” del río, en cada tramo determinado. De un análisis de estos usos se puede determinar el principal, a lo largo de toda su extensión. Esta información ayudará al momento de determinar “objetivos de calidad para el agua del río” en cuestión.

Un uso que debe ser evitado, pero que lamentablemente es práctica común en el Ecuador, es el de transporte de desechos.

Ejemplos de usos de las aguas del río pueden ser los siguientes:

- Propagación de vida acuática
- Navegación
- Recreación con contacto primario
- Uso agrícola
- Abastecimiento para agua potable con tratamiento convencional
- Uso industrial; generación hidroeléctrica

c. Esquemas hidráulicos del río

Para complementar la información básica, se debe realizar esquemas hidráulicos de los ríos de las cuencas, subcuencas y/o microcuencas hídricas en las que se inscribe el cantón. En este punto también es importante la cooperación interinstitucional. Así, se puede buscar entre los municipios que comparten la cuenca o instituciones nacionales (con competencia en recursos hídricos), dichos esquemas hidráulicos, si es que existen. De otra forma, una vez que se ha identificado el río y el tramo de interés para el estudio, se deben elaborar esquemas informativos que faciliten la identificación de las descargas.

Estos esquemas deben resumir información respecto a usos del agua en el tramo que se estudia; la cota y coordenadas geográficas del punto de descarga, nombre de la descarga, cuando sea posible, caudales de las descargas al río, puntos de aforo y caudal medio del río en el tramo de estudio. (FUNDACIÓN NATURA)

4. Identificación y caracterización de las descargas

a. Inventario de las descargas

Se conoce como descargas a los efluentes que normalmente llevan aguas residuales de distinto origen y cuyo cauce desemboca en un río o cuerpo hídrico receptor, causando su contaminación. Se puede establecer los siguientes orígenes de contaminación de cuerpos hídricos: natural y agrícola (difusas), industrial y alcantarillado urbano (puntuales) y urbano difusas.

Para el Inventario de descargas es de particular interés las descargas puntuales como las de carácter industrial y urbano (alcantarillado). Todos los residuos que llegan a una corriente por medios distintos al sistema de alcantarillado (u otro puntual) son los de origen difuso.

Es conveniente realizar el inventario de las descargas a nivel de cuencas hídricas, para facilitar la identificación de ríos que tienen, o podrían tener problemas. Este enfoque es útil para la protección de las aguas, ya que ayuda a mantenerse alerta sobre todas las

influencias dentro de la cuenca, y de este modo anticipar y encontrar soluciones de larga duración a los efectos acumulativos o aditivos de los problemas de la cuenca hídrica. Además, facilita la determinación y ubicación de las estaciones de muestreo.

Una vez que se ha identificado un río con problemas reales o potenciales, es muy útil realizar esquemas hidráulicos de dicho río. El esquema hidráulico partirá de un punto de referencia, donde se pueda decir que el río "no está contaminado", es decir que es aceptable para su mejor utilización y donde el agua del río cumple con los parámetros mínimos de calidad según el uso asignado.

A partir del punto de referencia se identificarán, aguas abajo, en el margen izquierdo y el derecho del cuerpo receptor, las descargas de aguas producidas por actividades humanas y los afluentes naturales. Estos pueden usarse también como puntos de referencia, para facilitar la identificación y nomenclatura de las descargas.

b. Datos básicos de las descargas

Durante la realización del inventario de las descargas, es necesario ampliar la información básica, especificando datos como el tipo de descarga (industrial, municipal, mataderos, doméstico, agrícola, hospitalaria, afluente natural, etc.) fuente (puntual, difusa); permanencia (continua, intermitente, estacional); caudal medio y tiempo de descarga.

c. Caracterización de las descargas

Significa identificar las características físicas, químicas y biológicas del agua; además supone el conocimiento de esas características y de sus efectos principales sobre el cuerpo hídrico receptor. Esas características están determinadas por los materiales que la descarga acarrea y que pueden causar contaminación en el receptor. Los desechos descargados pierden su identidad formando una mezcla homogénea que, sin embargo, la corriente en su proceso de depuración los reclasifica normalmente en los siguientes: orgánicos, inorgánicos, termales, microbianos y radioactivos.

La caracterización de las descargas de aguas residuales implica un programa de muestreo apropiado para asegurar la representatividad de la muestra y un análisis de laboratorio de conformidad con normas que aseguren precisión y exactitud en los resultados. (FUNDACIÓN NATURA)

5. Caracterización del río antes y después de la descarga

Durante la etapa de diagnóstico, la caracterización del río antes y después de la descarga se hará con base en el análisis de parámetros físico-químicos y microbiológicos, a través de metodologías de muestreo apropiadas.

En la etapa de vigilancia o monitoreo el análisis de parámetros biológicos puede ser más apropiado, si se hacen consideraciones de tipo económico y operacional. Sin embargo, en las dos etapas mencionadas, se debe tener cuidado de que los puntos de muestreo queden claramente identificados, lo cual puede hacerse al establecer sus coordenadas geográficas. Esta tarea se facilita con el uso de geoposicionadores satelitales o GPS.

Cerca de los puntos de descarga de contaminantes se debe controlar una mayor variedad de parámetros. Se debe intentar examinar el mismo número de parámetros en sitios distintos al punto de descarga, ya que los fenómenos de autodepuración y sedimentación contribuyen a eliminar o reducir sensiblemente las concentraciones de un gran número de contaminantes. (FUNDACIÓN NATURA)

6. Determinación de los ríos afectados

Río afectado es aquel cuyas aguas presentan valores mayores que el límite máximo permisible, según la normativa local o nacional, de uno o varios contaminantes específicos. Por lo tanto, para decidir qué ríos se van a listar como afectados, se deben identificar los ríos cuyas aguas no cumplen los parámetros de calidad según el uso designado. (FUNDACIÓN NATURA)

7. Conclusiones y decisiones a partir del diagnóstico.

Al finalizar la etapa de Diagnóstico y una vez que se han listado los ríos afectados, se debe tomar algunas decisiones sobre la preservación o recuperación de la calidad del agua de los ríos de su cantón, según los usos asignados para las mismas. Así, las medidas para recuperar las aguas para riego, pueden diferir de las medidas que se tomen para aguas cuyo uso es distinto.

En Ecuador es muy común, que los ríos que atraviesan ciudades, cabeceras cantonales o pueblos, se hallen contaminados principalmente por altos contenidos de coliformes y materia orgánica, al menos en los tramos de influencia de las ciudades, debido a las descargas de aguas municipales, se han encontrado evidencias de que muchas aguas contaminadas se usan para fines para los cuales no están aptas; así se tiene que para uso agrícola se usan aguas altamente contaminadas de (por ejemplo, de los ríos Machángara en Quito, Cutuchi en Latacunga, Chibunga en Riobamba y Portoviejo en Manabí); así mismo, para recreación con contacto primario, se usan muchos ríos de la Costa contaminados, como por ejemplo el río Portoviejo.

Como resultado del diagnóstico, probablemente se tendrá que llegar a la principal conclusión de que para preservar los usos de los ríos de las cuencas hídricas de su Cantón, será necesario emprender en la intercepción y tratamiento de los desechos líquidos, tanto industriales como municipales, vertidos indiscriminadamente hacia los ríos.

Para el tratamiento de las aguas residuales municipales, el municipio debe preparar y ejecutar proyectos adecuados, cuyo costo normalmente lo cubre el mismo municipio, mientras que los costos del tratamiento de las aguas residuales provenientes de establecimientos productivos (industrial, camales, hospitales, floricultura, minería, etc.), debe ser sufragado por los generadores de estos desechos líquidos. Para lograr esto, el municipio debe aplicar leyes y ordenanzas elaboradas para el control de la contaminación, a fin de lograr que estas descargas cumplan con los límites máximos o mínimos permisibles. (FUNDACIÓN NATURA)

D. SELECCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

1. Consideraciones generales

En la selección de los puntos de muestreo en ríos se deben considerar los siguientes criterios:

a. Seguridad y accesibilidad

El sitio a elegir debe ser accesible y al que se pueda llegar con seguridad todo el tiempo. En las cercanías a puentes es por lo general fácil hacer monitoreos.

b. Legalidad

Si el sitio donde se desea monitorear es de propiedad privada, se debe obtener un permiso. En muchos casos las quebradas son de propiedad privada pero incluso en lugares públicos hay que tener la debida autorización.

c. Estratégico

Todo sitio de muestreo debe cumplir con los objetivos del monitoreo de una manera eficiente. Es conveniente tener sitios suficientemente espaciados a lo largo de la cuenca, para cumplir con los intereses y disponibilidad de monitores y para proveer información de la calidad del agua de varios puntos del río.

d. Operacional

En la localización de las estaciones de muestreo se debe considerar inicialmente los objetivos de control. Así, si el objetivo es detectar desviaciones de estándares de calidad, se escogerán puntos donde la probabilidad de ocurrencia de estas desviaciones sea mayor. Estos puntos deberán situarse principalmente aguas arriba y aguas abajo de las principales fuentes de contaminación. Por ejemplo, aguas arriba de la captación de agua para el

abastecimiento público. Otros puntos pueden ser localizados a una mayor distancia de las fuentes de contaminación, con el propósito de tener una idea del aumento y disminución del índice de contaminación de las aguas debido a las fuentes no puntuales desconocidas y la autodepuración respectivamente. (FUNDACIÓN NATURA)

2. Selección de la estación de muestreo

Antes de empezar el estudio se seleccionan los lugares donde se hará el muestreo, mediante una cartografía 1:50000 o inferior. Para esto se debe identificar a qué ecoregión o cuenca hídrica, pertenecen o pertenecerán dichas estaciones de muestreo.

En esta fase previa de gabinete, es necesario tener en cuenta una serie de recomendaciones:

a. El número de estaciones de muestreo dependerá de la longitud del río a estudiar, así como del detalle que se busque en el estudio.
b. Los afluentes de la cuenca del río principal se pueden incluir sí se quiere establecer una red de estudio detallada. Sino se escogerán solamente aquellos de mayor importancia y que “a Priori” se crea que pueden modificar el estado del río principal.
c. Es necesario que los puntos de muestreo estén separados entre ellos a una distancia de 1 a 10 kilómetros. Las distancias cortas son adecuadas para estudios de tipo local (efectos puntuales), mientras que las largas lo son para estudios más globales a mayor escala (una o varias cuencas).
d. Situar los puntos antes y después de poblaciones o afluentes, zonas ganaderas o agrícolas u otra zona de influencia, como la industrial. Esto es muy conveniente para poder interpretar los datos posteriormente, aunque de todos modos, hay que situarlos a una cierta distancia de las zonas urbanas para evitar los efectos directos de los vertidos puntuales.
e. La primera vez que se visita un lugar, es conveniente hacer un reconocimiento del río o rivera, para localizar los posibles factores modificadores de la calidad del agua que no es posible precisar en la etapa de gabinete.

f. Siempre que sea necesario, el lugar seleccionado previamente en la oficina se cambia unos metros más arriba o más abajo si esto mejora la accesibilidad o permite captar algún elemento de posible cambio no detectado en el estudio previo.

En el caso de estudios con muchas localidades, el muestreo de un mínimo de 6 localidades diarias se puede considerar como adecuado. (FUNDACIÓN NATURA)

3. Datos básicos de punto de muestreo

Cada punto de muestreo será identificado por su nombre, código y coordenadas geográficas. Para esto último se pueden usar sistemas de geoposicionamiento satelital (GPS). El día, la hora y el tiempo que hace se anotarán en la hoja de campo y en las etiquetas de los envases de muestreo, junto con otras observaciones que puedan ser relevantes en el trabajo.

4. Ejecución del muestreo

El estudio debe procurar que la empresa o laboratorio (particular o municipal) que realice el muestreo y los análisis in-situ y de laboratorio, se apegue a técnicas aceptadas internacionalmente, y que se pueden encontrar en la literatura técnica y en las normativas nacionales.

Un plan de muestreo proporciona un modelo uniforme para guiar a la gente que desempeña la actividad de muestrear, y sirve como recordatorio de los elementos importantes de un programa total de análisis de las muestras. El plan sugerido por ISO es el siguiente:

a. Título
b. Introducción (propósito del plan)
c. Alcance (amplitud de cobertura del plan)
d. Campo de aplicación (dónde debe ser hecho el muestreo)
e. Referencias (documentos que avalizan el plan respecto a otros requisitos)
f. Definiciones

g. Principios (bases estadísticas del método de muestreo)
h. Disposiciones administrativas: Personal de muestreo, representación de partes interesadas, salud, seguridad y precauciones, preparación del informe de muestreo.
i. Identificación e inspección del objeto a muestrear (en este caso, río)
j. Equipo de muestreo y condiciones ambientales
k. Recipientes/ envases para muestras
l. Procedimientos de muestreo: tamaño de muestras, toma de muestras
m. Marcado y sellado de muestras
n. Precauciones durante el almacenamiento y transporte de las muestras.
o. Informe del muestreo: detalles de la operación
p. Anexos

5. Generalidades de colecta, preservación y almacenamiento de muestras

Las muestras deben ser homogéneas, representativas y no deben modificar las características físico-químicas del agua (gases disueltos, materia en suspensión, etc.).

El objetivo fundamental de los programas de muestreo es obtener una muestra que cumpla con los requisitos del muestreo y almacenamiento, de tal manera que no se deteriore o se contamine antes de llegar al laboratorio. (FUNDACIÓN NATURA)

6. Precauciones generales

a. Antes de llenar el envase de muestra, enjuáguelo 2 o 3 veces con el agua que va a ser recolectada.
b. Para determinaciones de materia orgánica en el agua, llene el envase completamente; para análisis microbiológicos, deje espacio para aireación, mezcla, etc.; si la muestra va a transportada (mayoría de los casos) deje un espacio de aire de aproximadamente el 1 % de la capacidad del envase, para permitir la expansión térmica
c. La elección de la técnica para recolectar una muestra homogénea debe dejarse a juicio del analista.

d. Lleve un registro de cada muestra recolectada e identifique cada botella, pegando una etiqueta apropiada. En ésta, registre suficiente información para proveer una identificación positiva de la muestra; la fecha, hora y ubicación exacta, temperatura del agua, y cualquier otro dato que pueda ser necesario para la correlación, tales como condición climática, nivel del agua, flujo de corriente, almacenamiento post-muestreo. etc.
e. Deje espacio en la etiqueta para las iniciales de aquellas muestras de referencia y para la hora y datos del transporte.
f. Fije los puntos de muestreo utilizando mapas.

Cuando se recolectan muestras en un río o arroyo, los resultados pueden variar con la profundidad, flujo de corriente y distancia de la orilla. Si el equipo está disponible, tome una muestra integrada desde la cima a la base en el medio de la corriente, o de lado a lado a profundidad medía, de tal manera que la muestra esté de acuerdo al flujo. Si solo se va a tomar una muestra, tómela entre la mitad de la corriente y a profundidad medía

7. Condiciones de seguridad

a. Use guantes, protección para los ojos y otros implementos de seguridad, según el caso, como delantales, abrigos protectores, mascarillas, etc. para evitar que sustancias tóxicas de la muestra entren por la piel, la nariz o los ojos.
b. Si están presentes compuestos orgánicos inflamables, prohíba fumar cerca de las muestras, aleje fuentes de calor.
c. Evite las emanaciones de vapores inflamables guardando las muestras en un refrigerador. Así se pueden evitar incendios o explosiones. (FUNDACIÓN NATURA)

E. TIPOS DE MUESTRAS DE AGUA

Debido a la gran variedad de clases de aguas y de circunstancias que pueden presentarse, no se puede aplicar un método normalizado para todos los casos, tanto para la selección del tipo de muestra a tomar o como para el muestreo. De modo que para realizar correctamente la operación, se debe coordinar el método, la localización y el momento de realizarlo.

1. Muestra simple

Consiste en tomar una porción de agua de un sitio determinado, teniendo los debidos cuidados y criterios, de acuerdo con los parámetros a ser analizados. Un ejemplo de este tipo de muestra es la determinación de la calidad química del agua potable, en la red de abastecimiento.

Las muestras simples son tomadas en un sitio específico y en un período de tiempo muy pequeño (segundos). Así, estas muestras representan un aislamiento tanto en el tiempo como en el espacio, de los contaminantes localizados en el área de muestreo.

Hay dos tipos de muestras simples que son usadas para muestrear agua: "discretas" e "integradas en profundidad". Muestra simple discreta, es la que se toma en un sitio, profundidad y tiempo seleccionados, y luego son analizados los constituyentes de interés. Muestra simple integrada en profundidad: es la que se colecta en una parte predeterminada, en un sitio y tiempo seleccionados y a la profundidad completa de una columna de agua del cuerpo de agua monitoreado, luego son analizados los componentes de interés. (FUNDACIÓN NATURA)

Este es el procedimiento para colectar muestras simples de agua

a. La muestra simple se debe colectar por debajo de la superficie, si la fuente de agua es lo suficientemente profunda para hacer esto.
b. El envase o botella se coloca con la boca hacia abajo y se sumerge en el agua donde la muestra va a ser tomada.

c. Se pone la boca del envase en contracorriente y lentamente se la mueve alejándola del muestreador.
d. Cuando el envase está lleno con la muestra, se lo saca a la superficie y se cierra herméticamente.
e. Si se está colectando desde un bote, las muestras se deben tomar en contracorriente por un costado del bote.
f. Sí el muestreo de acercamiento no es posible (puente, ribera), se debe atar un peso al fondo del envase muestreador y luego se lo baja con un cordel, para colectar la muestra de agua.
g. La recolección en contracorriente permite que cualquier escombro o desecho sea evitado a fin de que no entre en la botella, y que si existe presencia de aceites, estos sean recolectados,

2. Muestra compuesta

Es el resultado de la mezcla de varias colectas simples que son retiradas del cuerpo de agua a intervalos de tiempo iguales, durante un cierto período, que se combinan para formar una mezcla uniforme.

El volumen de cada porción única no debe ser inferior a 120 ml. Es recomendable que el frasco recolector tenga previamente colocados los preservantes para que cada alícuota tomada sea conservada inalterable a lo largo del tiempo que demore el muestreo. Un ejemplo de este tipo es la determinación de sólidos en suspensión que lleva un río, a lo largo de un mes. (FUNDACIÓN NATURA)

En las muestras compuestas hay que considerar tres parámetros: tiempo, espacio y caudal.

Las muestras compuestas en el tiempo, se refieren, por ejemplo, a la determinación de sólidos en suspensión en una corriente de agua, de caudal prácticamente constante, a lo largo de un tiempo determinado Las muestras compuestas en espacio deben ser tomadas cuando se van a muestrear, por ejemplo, lagos o embalses, donde la composición de las aguas varía tanto en superficie como en profundidad. Las muestras compuestas en relación

al caudal deben tomarse cuando la calidad de la masa de agua a estudiar varía a lo largo del día, como por ejemplo, las aguas negras de una población.

a. Planificación de muestras compuestas

En un programa típico de monitoreo (vigilancia) cada muestra individual es analizada; sin embargo, en muestras compuestas (obtenidas combinando porción de muestras múltiples) pueden dar ventaja en las siguientes situaciones: (FUNDACIÓN NATURA)

1) Cuando las muestras tomadas de varios sitios o poblaciones son analizadas para determinar si el componente de interés está presente.
2) Cuando las alícuotas (participaciones) de varías muestras compuestas son analizadas para determinar si el componente de interés está presente.
3) Cuando la representatividad de muestras tomadas al azar de una matriz potencialmente heterogénea, requiere tener seguridad de reducir los efectos de varianza entre alícuotas.
4) Cuando se desea reducir los costos de análisis de muestras grandes.

F. BIOINDICADORES ACUÁTICOS

Es importante hacer este análisis porque nos permite conocer si el agua que utilizamos diariamente está limpia o se encuentra contaminada. Este análisis se lo puede hacer utilizando algunos organismos que viven dentro del agua y que se los conoce como bioindicadores.

1. <u>Bioindicador</u>

Es un organismo o grupo de organismos, que por su sensibilidad a elementos o substancias extrañas (contaminantes) a su medio natural, son capaces de cambiar la composición y estructura de sus comunidades, e inclusive pueden llegar a desaparecer del lugar donde han habitado por mucho tiempo.

Entre los bioindicadores más estudiados y de los que se puede obtener información en el campo de manera ágil y con facilidad, tenemos algunas especies de macroinvertebrados y unas pocas especies de plantas acuáticas.

2. Los macroinvertebrados acuáticos

Los macroinvertebrados son excelentes indicadores de la calidad del agua. Los macroinvertebrados acuáticos son bichos que se pueden ver a simple vista. Se llaman macro porque son grandes (miden entre 2 milímetros y 30 centímetros), invertebrados porque no tienen huesos, y acuáticos porque viven en los lugares con agua dulce: esteros, ríos, lagos y lagunas.

Estos animales proporcionan excelentes señales sobre la calidad del agua, y, al usarlos en el monitoreo, puede entender claramente el estado en que ésta se encuentra: algunos de ellos requieren agua de buena calidad para sobrevivir; otros, en cambio, resisten, crecen y abundan cuando hay contaminación. Por ejemplo, las moscas de piedra sólo viven en agua muy limpia y desaparecen cuando el agua está contaminada. No sucede así con algunas larvas o gusanos de otras moscas que resisten la contaminación y abundan en agua sucia. Estos bichos, al crecer, se transforman en moscas que provocan enfermedades como la malaria, el paludismo o el mal de chagas.

Los macroinvertebrados incluyen larvas de insectos como mosquitos, caballitos del diablo, libélulas o helicópteros, chinches o chicaposos, perros de agua o moscas de aliso. Inician su vida en el agua y luego se convierten en insectos de vida terrestre.
Además de los insectos, otros macroinvertebrados son: caracoles, conchas, cangrejos azules, camarones de río o minchillas, planarias, lombrices de agua, ácaros de agua y sanguijuelas o chupa-sangres.

Los macroinvertebrados pueden vivir:

a. en hojas flotantes y en sus restos,
b. en troncos caídos y en descomposición,
c. en el lodo o en la arena del fondo del río,

d. sobre o debajo de las piedras,
e. donde el agua es más correntosa y
f. en lagunas, lagos, aguas estancadas, pozas y charcos.

Los macroinvertebrados se multiplican en grandes cantidades, se pueden encontrar miles en un metro cuadrado. Son parte importante en la alimentación de los peces. Los macroinvertebrados pueden alimentarse de:

- plantas acuáticas, restos de otras plantas y algas,
- otros invertebrados y peces,
- pequeños restos de comida en descomposición y elementos nutritivos del suelo,
- animales en descomposición,
- elementos nutritivos del agua y
- sangre de otros animales.

Los macroinvertebrados tienen muchas formas; así, las conchas son redondeadas, los escarabajos son ovalados, las lombrices son alargadas y los caracoles tienen forma de espiral.

Figura 2. Algunas formas de los macroinvertebrados acuáticos

Algunos tienen muchas patas, por ejemplo, los camarones tienen 10, los ácaros 8 y los chicaposos 6. Otros no tienen patas, como las larvas de mosca. Casi todos los macroinvertebrados tienen colores parecidos al sitio donde viven. Por ejemplo, las conchas tienen colores oscuros, como el lodo que las rodea; las moscas de piedra son café amarillento, como las piedras cercanas. (CARRERA, C, y FIERRO, K, 2001)

Figura 3. Variedad de macroinvertebrados según el número de patas

3. Macroinvertebrados que son los mejores indicadores de aguas limpias

En los ecosistemas acuáticos, tanto de aguas rápidas como lentas, viven una gran variedad de macroinvertebrados cuya composición y estructura depende de las variaciones del medio donde se encuentren. Estos macroinvertebrados pueden vivir sobre el fondo de ríos y lagos, o también enterrados en el fango y la arena; sobre troncos, vegetación sumergida y rocas; o nadando activamente dentro del agua o sobre la superficie de la misma. Los que viven en el fondo o enterrados en él reciben el nombre de "bentos"; los que nadan activamente dentro del agua se denominan "necton" y los que nadan sobre la superficie del agua se denominan "neuston". (TERNEUS, E, et all, 2003)

Con estudios realizados en algunas partes del mundo se han identificado tres grupos principales: los efemerópteros, tricópteros y plecópteros como los organismos acuáticos (insectos) más sensibles a la contaminación según los valores de sensibilidad.

Tabla 3. Valores de sensibilidad de los principales bioindicadores acuáticos

Sensibilidad	Calidad de agua	Calificación
No aceptan contaminantes	Muy buena	9 – 10
Aceptan muy pocos contaminantes	buena	7 – 8
Aceptan pocos contaminantes	Regular	5 – 6
Aceptan mayor cantidad de contaminantes	Mala	3 – 4
Aceptan muchos contaminantes	Muy mala	1 – 2

Fuente: (TERNEUS, E, et all, 2003)

A continuación describamos algunas de las características principales que nos pueden ayudar a identificar a los bichos más representativos de cada uno de los grupos mencionados.

a. Orden Ephemeroptera

Los efemerópteros reciben este nombre debido a su vida corta o “efímera” que llevan como adultos. Algunos de estos pueden vivir apenas cinco minutos, pero la mayoría viven entre tres y cuatro días, tiempo en el cual alcanzan la madurez sexual y se reproducen.

Los efemerópteros viven por lo regular en aguas corrientes, limpias y bien oxigenadas. Ponen sus huevos generalmente sobre la superficie del agua y estos están recubiertos por una sustancia gelatinosa que los protege de las inclemencias del tiempo. Una vez nacidas las larvas estas se fijan al sustrato por medio de tres cerdas localizadas en la parte trasera del animal. Estos bichos respiran a través de unas agallas laterales, las cuales varían en forma y número según la especie. Para diferenciar a las especies que conforman este grupo hay que referirse a las características de la boca, y en el número, la disposición y la forma de las agallas, entre otras cosas. (TERNEUS, E, et all, 2003)

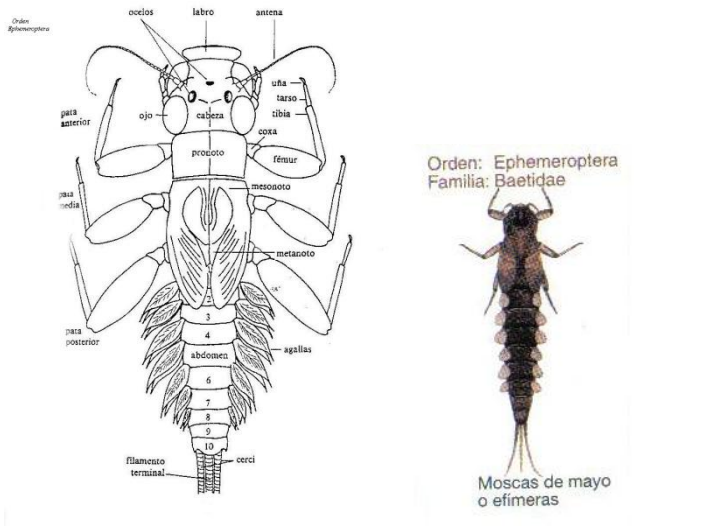


Figura 4. Morfología externa de un Ephemenóptero, familia Baetidae

b. Orden Plecoptera

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

Las larvas de los plecópteros se caracterizan por tener únicamente dos cerdas en la parte trasera del animal, lo que les diferencia de los efemerópteros. Además, posee un par de antenas largas en la cabeza y algunas agallas laterales y ventrales o anales de acuerdo a la especie. La respiración la realizan por medio de agallas y a través de su piel y los huevos los depositan sobre el agua durante su vuelo y recubiertos de una capa protectora. Para diferenciar a las especies que conforman este grupo hay que tomar en cuenta la distribución y forma de las agallas, la presencia de almohadillas alares y la posición de los ojos compuestos. (TERNEUS, E, et all, 2003)

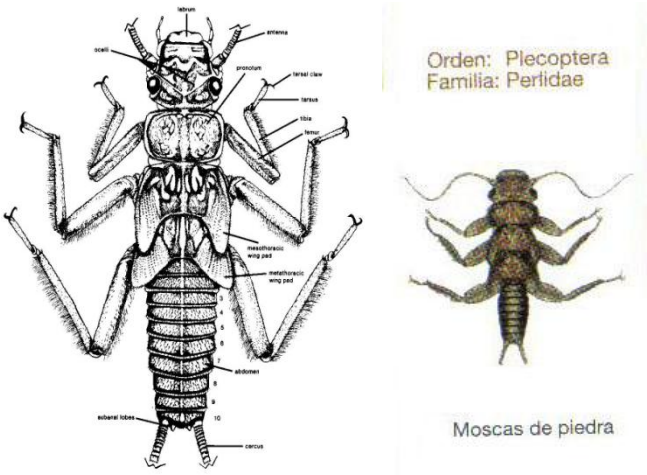


Figura 5. Morfología externa de un Plecóptero, familia Perlidae

c. Orden Trichoptera

Los tricópteros son insectos acuáticos que se caracterizan por hacer casas o refugios, que construyen durante su estado larval como mecanismo de protección y que sirven al final como un criterio de clasificación. Las larvas de los tricópteros pueden vivir tanto en aguas rápidas como lentas, pero en los ríos rápidos de altura y con aguas limpias se presenta su mayor diversidad. La mayoría de las especies de tricópteros requieren de uno a dos años

para su desarrollo a través de los cuales pasan por cinco o siete estadios, lo que dificulta muchas veces su identificación.

La mayoría de los tricópteros viven en aguas corrientes, limpias y oxigenadas, debajo de troncos, piedras y material vegetal. Algunas especies viven en aguas quietas y remansos de ríos y quebradas. En general son buenos indicadores de aguas puras y limpias. Para identificarlos se toma en cuenta la presencia o no de placas en los segmentos torácicos, la presencia o ausencia de agallas branquiales en el abdomen y sobre todo, la forma y el material de las casas o refugios que utilizan. (TERNEUS, E, et all, 2003)

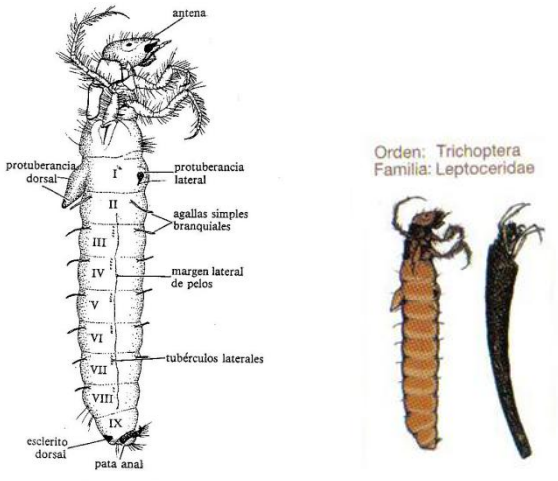


Figura 6. Morfología externa de un Trichoptero, familia Leptoceridae

4. <u>Cómo colectarlos y dónde se los encuentra</u>

Existen diferentes métodos de colección pero estos varían de acuerdo al tipo de sedimento (arena, piedra, fango etc.), al tipo de río y al tipo de investigación que se desee realizar (conteos o identificación de especies).

Para obtener conteos de bichos por unidad de área se utiliza la red “Surber”, la misma que esta provista de un marco metálico, el cual sujeta una red de nylon muy fina donde se quedan atrapados los bichos luego de remover manualmente y contra corriente el sustrato que se encuentra dentro del marco metálico. Esta operación se repite al menos tres veces en cada sitio para tener datos más precisos de cuantos bichos existen por unidad de área y analizar su variación con el tiempo.

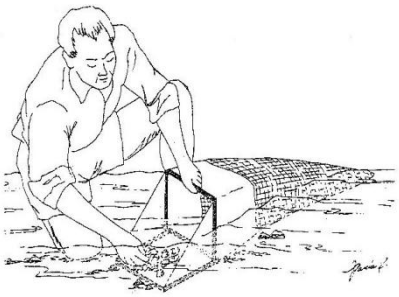


Fig. Forma de operar la red Surber

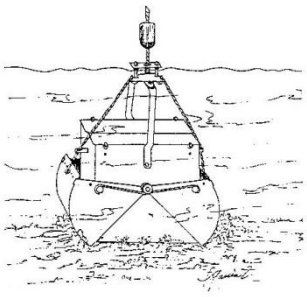
Figura 7. Recolección de macroinvertebrados con la red Surber

En el caso de ambientes con aguas corrientes o dormidas, no muy profundas y con vegetación a los costados de los ríos se utiliza una red provista de un mango para hacer barridos durante un tiempo determinado red “D”.

Figura 8. Recolección de macroinvertebrados con la red D

Este es un método que permite colectar bichos que están viviendo en diferentes ambientes y pegados a diferentes substratos o superficies con la finalidad de tener una idea integral del tipo de bichos que existen en el río.

Para ambientes de aguas corrientes o tranquilas pero profundas, se recomienda el uso de dragas, las cuales facilitan la toma de muestras de sedimentos a diferentes profundidades. La draga Ekman, es una de las más utilizadas para la toma de muestras de fondo blando. Este aparato consiste en u par de palas que se cierran en el fondo, mediante el envío de una plomada a través de una cuerda. (TERNEUS, E, et all, 2003)



Draga Ekman.

Figura 9. Draga Ekman para recolección de macroinvertebrados en aguas profundas

6. Cómo procesamos las muestras colectadas

Luego de colocar en envases plásticos o de vidrio las muestras colectadas en el campo, hay que añadir una cantidad pequeña de alcohol y formol, con la intención de fijar y preservar los bichos que se encuentran en el interior y que demorarán un tiempo determinado en ser identificados. Una vez en el laboratorio, las muestras serán limpiadas y los bichos presentes en ellas serán retirados a envases de vidrio para su identificación taxonómica.

Una vez realizada la identificación con la ayuda de claves taxonómicas y la experiencia del investigador, se procede a guardar definitivamente los bichos identificados en frascos de vidrio muy pequeños con alcohol al 90% para su preservación definitiva. Estos bichos deben estar correctamente identificados con una etiqueta en el interior del frasco, la misma que deberá contener la información correspondiente al sitio de colección, la fecha, un número de colección, las condiciones del lugar donde fue colectado y su respectiva clasificación taxonómica. (TERNEUS, E, et all, 2003)

7. Cómo almacenamos los datos

Una vez que hemos obtenido los datos procedentes del conteo de cada uno de los grupos identificados como buenos indicadores de calidad de agua y de aquellos que no lo son, procedemos a registrarlos en una tabla de datos que debe llevar la siguiente estructura:

Tabla 4. Modelo de tabla para guardar datos de campo

Número o código de la estación de monitoreo: Estación Nº1
Nombre del río o sector: Río xxxxxxxx
Fecha de colección: 22 de marzo de 2004
Monitor local: xxxxxx xxxxxxxxx

Clasificación	**Abundancia (Número de individuos)**	***EPT Presentes***
Ephemeroptera	7	7
Plecoptera	2	2
Trichoptera	15	15
Otra especie	3	
Otra especie	5	
TOTAL	**32**	**24**
EPT total / Abundancia total	24/32= 0.75 0.75 x 100%= 75%	**75%** **Muy buena calidad de agua**

Fuente: (TERNEUS, E, et all, 2003)

Tabla 5. Rangos de calidad de agua con el índice EPT

75 – 100%	Muy Buena
50 – 74%	Buena
25 – 49%	Regular
0 – 24%	Mala

Fuente: (TERNEUS, E, et all, 2003)

Los resultados de esta tabla nos permitirán identificar la calidad de agua con que contamos en nuestro territorio, según los rangos de calidad de agua expuestos anteriormente.

8. 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 y se obtiene un total. (CALLES, J, 2007)

Tabla 6. Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos para aplicar el índice BMWP/Col

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, Pseudothelpusidae, Saldidae, Simulidae, Veliidae	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossossomatidae, Hyalellidae, Hydropsychidae, Leptohyphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae	7
Aeshnidae, Ancylidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidade	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: (Roldán 2003).

Tabla 7. Valores de referencia del índice BMWP/Col

Calidad	**BMWP/Col**	**Referencia**
Buena	> 150, 101-120	Aguas muy limpias a limpias
Aceptable	61-100	Aguas ligeramente contaminadas
Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas
Crítica	16-35	Aguas muy contaminadas
Muy crítica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas

Fuente: (Roldán 2003).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

A. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR

1. Localización ([1])

El estudio se lo realizó en cuatro afluentes de la microcuenca del río Blanco: ríos Tiaco Chico, Tiaco Grande, Collanes y Tarau, pertenecientes a las parroquias de Quimiag, Penipe y Candelaria, de los cantones Penipe y Riobamba, de la provincia del Chimborazo. (ANEXO 20)

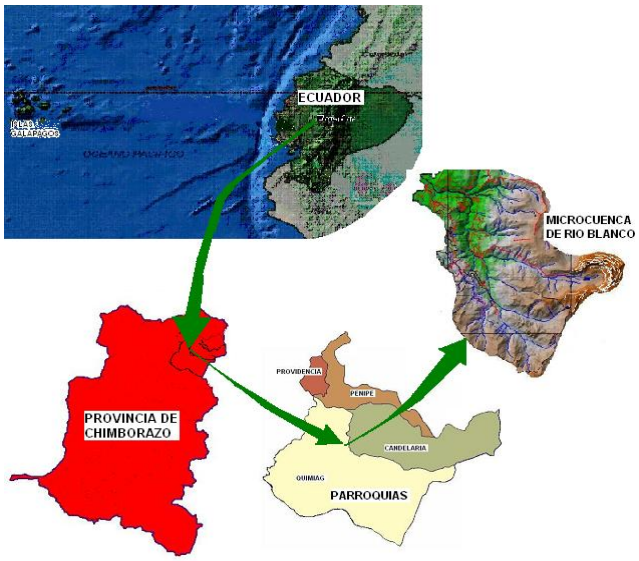


Figura 10. Localización de la microcuenca del río Blanco

2. Ubicación geográfica ([1])

Las coordenadas y límites son:

a. Norte: en la cota 2380 msnm y el río Blanco y la loma Chingazo, coordenada 9824119.

b. Sur: en la cota 4400 msnm el cerro Pailacajas, coordenada 9806434.

c. Este: en la cota 5320 msnm el nevado El Altar, coordenada 788080.

d. Oeste: en la cota 5320 msnm la loma Tusapalan, coordenada 774076.

[1] Plan de manejo integral de la margen izquierda de la microcuenca del río Blanco, 2007.

Punto de monitoreo río Tiaco Chico. Coordenadas 0780336 (X) y 9812418 (Y)
Punto de monitoreo río Tiaco Grande. Coordenadas 0779540 (X) y 9811710 (Y)
Punto de monitoreo río Collanes. Coordenadas 0778203 (X) y 9816661 (Y)
Punto de monitoreo río Tarau. Coordenadas 0777038 (X) y 9822574 (Y)

3. Características climáticas ([1])

a.	**Temperatura media:**	11º -15º C
b.	**Precipitación anual:**	1100 mm
c.	**Humedad relativa:**	75-80 %

Según el Infoplan, la zona se ubica en un clima Ecuatorial de alta montaña y Nieval, que son frecuentes en la región interandina. (ANEXO 23)

4. Clasificación ecológica

Según SIERRA, 2001. Esta área presenta las siguientes zonas de vida.

a. Páramo seco (b.p.M.)
b. Páramo herbaceo
c. Bosque siempre verde montano alto (b.p.S.A.)
d. Nieves perpetuas
e. Estepa espinoso montano bajo

5. Características del suelo ([1])

La mayor parte de la microcuenca del río Blanco corresponde a suelos de tipo Inceptisol, de textura gruesa, de topografía inclinada con pendientes mayores a 55°. (ANEXOS 24 y 25)

[1] Plan de manejo integral de la margen izquierda de la microcuenca del río Blanco, 2007.

B. MATERIALES

1. Materiales para campo

a. Baterías y cargador
b. Bolígrafo, lápiz, rotulador
c. Bolsas de plástico
d. Botas
e. Caja con herramientas (playo, destornillador, martillo, etc.)
f. Calculadora
g. Cámara fotográfica
h. Cinta aislante
i. Flexómetro
j. Cuerdas
k. Envases
l. Formularios
m. GPS
n. Guantes
o. Impermeable
p. Instrumentos de medición *in situ*
q. Instrumentos para recolección de muestras
r. Jeringas
s. Libreta para campo
t. Linterna
u. Manuales y mapas de la zona
v. Pinzas
w. Redes e instrumentos de muestreo biológico
x. Ropa alterna, ropa de abrigo.

2. Materiales para laboratorio, equipos y reactivos

a. Materiales

1) Vasos para precipitación
2) Buretas.
3) Erlenmeyer
4) Embudo.
5) Papel filtro.
6) Pipeta volumétrica
7) Cápsula de porcelana
8) Estufa.
9) Desecador.
10) Pinza para crisol.
11) Pipetas.
12) Cajas petri
13) Agar
14) Botellas de vidrio con tapón.

b. Equipos

1) Kit para análisis físico-químico in situ de calidad de agua.
2) Balanza analítica
3) Conductímetro
4) Potenciómetro para pH

c. Reactivos

1) Ácido sulfúrico (0.05 N)
2) Ácido sulfúrico concentrado.
3) Cloruro de calcio.
4) Fenolftaleína.

5) Indicador de ferroina.
6) Naranja de metilo.
7) Solución de ácida sódica.
8) Solución de amonio molibdato.
9) Solución de cloruro de aluminio.
10) Solución de cloruro estañoso.
11) Solución de cloruro férrico.
12) Solución de Na(OH).6 N
13) Solución patrón de fosfato ácido de sodio.
14) Solución valorada de dicromato de potasio 0,25 N
15) Solución valorada de sulfato ferroso amoniacal 0,25 N
16) Sulfato de magnesio.
17) Sulfato manganoso
18) Tíosulfato de sodio

3. <u>Materiales para oficina</u>

a. Computadora
b. Papelógrafos
c. Manuales, folletos y libros de información
d. Claves de identificación de macroinvertebrados
e. Papel bond
f. Esfero
g. Marcadores

C. METODOLOGÍA

1. Selección e identificación de los puntos de muestreo

Para escoger los puntos de monitoreo se tomaron en cuenta las consideraciones generales para selección e identificación de los puntos de monitoreo que son: seguridad y accesibilidad, legalidad, que sea estratégico y que sea operacional; a mas de ello se consideró los caudales que visiblemente eran más grandes entre los afluentes. Es así que se determinó 4 puntos de monitoreo que cumplían con estas condiciones, estos puntos se ubicaron en los ríos Tiaco Chico y Tiaco Grande, en la parte alta, en el río Collanes en la parte media y Tarau en la parte baja. Además se ubicó un punto de muestreo en la desembocadura para conocer el estado en que llegan las aguas de la microcuenca al final del río (ANEXO 20).

2. Parámetros de muestreo

a. Monitoreo físico-químico

Los parámetros que se evaluaron *in situ* se los realizaron con la metodología y materiales del KIT de análisis de calidad de agua entregado por el proyecto GLOWS. En total se realizaron 4 mediciones en cada punto. Estos parámetros y metodología son los siguientes:

1) Temperatura.

- Introduzca el termómetro en el agua del río por 3 minutos.
- Espere que la temperatura se estabilice.
- Registre el valor de temperatura en el Formulario de campo # 1.

2) pH

- Llenar el tubo de prueba (0230) hasta la línea de 5.0 ml con el agua de muestra
- Mientras se mantiene el gotero o pipeta verticalmente, añadir 10 gotas de la solución indicadora.
- Tapar y mezclar

- Insertar el tubo de prueba en el comparador Octet. Compare el color de la muestra con el color estándar. Registre el pH.

3) Conductividad o salinidad

- Introduzca el conductímetro en el agua del río.
- Espere 5 min o hasta que el valor de lectura se estabilice.
- Registre el valor de la conductividad en µS (microsiemens)/cm en el formulario de campo.

4) Oxígeno disuelto

Recolección de la muestra

- Enjuague la botella con agua de la muestra
- Cierre bien la tapa de la botella y sumérjala a la profundidad deseada
- Quite la tapa y llene la botella
- Apriete la botella para sacar la burbuja de agua
- Ponga la tapa con la botella aun sumergida
- Saque la botella del agua asegurándose que no tenga burbujas de aire

Agregado de los reactivos

Tenga cuidado de no introducir aire en la botella mientras se agregan los reactivos.

- Quite la tapa de la botella
- Agregue inmediatamente 8 gotas de solución de Sulfato Manganoso y 8 gotas de Yoduro de Potasio Alcalino Sódico
- Tape la botella y mezcle el contenido dándole vueltas varias veces. Se formará un precipitado.
- Permita que el precipitado e asiente por debajo del hombro de la botella.
- Agregue 8 gotas de Acido Sulfúrico.
- Coloque la tapa e invierta de posición la botella para mezclar el contenido hasta que el precipitado y el reactivo se disuelvan totalmente.

En ese punto la muestra ha quedado “fijada”, y cualquier contacto ente esta y la atmósfera no alterará el resultado. Las muestras pueden ser conservadas por el momento y titularlas más tarde.

Titilación

- Llene el tubo de titulación hasta la línea de 20 ml con la muestra ya fijada. Tape el tubo.
- Baje el émbolo del titulador.
- Inserte el titulador en el tapón de la botella de la solución de titulación de Tiosulfato de sodio.
- Invierta la botella y retire lentamente el émbolo hasta que su parte inferior coincida con el cero de la escala.
- Ponga otra vez la botella en su posición normal y retire el titulador. Si la muestra es de color amarillo pálido, proceda al paso 9.
- Inserte la punta del titulador en la apertura de la tapa del tubo de titulación.
- Presione el émbolo lentamente para introducir la solución de titulación hasta que el color marrón amarillento se torne amarillo claro. Gire el tubo suavemente durante la titulación para mezclar el contenido.
- Quite cuidadosamente el titulador y la tapa. No mueva el émbolo del titulador.
- Añada 8 gotas d solución indicadora. La muestra deberá tornarse azul.
- Tape el tubo de titulación. Inserte la punta del titulador en la apertura de la tapa del tubo de titulación.
- Continúe titulando hasta que desaparezca el color azul y la solución se torne incolora.
- El resultado del ensayo, en ppm de oxígeno disuelto, es el valor indicado en la división de la escala que coincide con la punta del titulador. Cada división menor de la escala equivale a 0.2ppm

5) Fosfatos

- Llenar el tubo de prueba (0843) hasta la marca con una muestra de agua.
- Use la pipeta de 1.0mL (0354) para añadir 1.0mL del reactivo Phosphate Acid (V-6282-G). Tapar y mezclar.

- Use una cuchara de 0.1 g (0699) para añadir un nivel del reactivo Phosphate reducing. Tapar y mezclar hasta disolver. Esperar por 5 minutos.
- Colocar el tubo en el Comparador de fosfato (3122) con el lector Axial (2071). Llenar 2 tubos de prueba (0843) hasta la línea de 10mL con agua de muestra. Colocar en el lector Axial. Comparar el color de la muestra con el color estándar. Registrar el valor como ppm de Ortofosfato.

6) Nitratos

- Llene un tubo de ensayo hasta la marca de 5 ml con la muestra de agua.
- Añada 1 tableta de Nitrato #1.
- Tape y mezcle hasta que se disuelva la pastilla.
- Añada 1tableta CTA de nitrato #2.
- Tape y mezcle hasta que se disuelva las pastillas.
- Espere 5 minutos.
- Deslice la barrita nitráto nitrógeno en el visor Octa-Slide.
- Introduzca el tubo de ensayo en el visor Octa-Slide.
- Compare el color de la muestra con los colores patrón. Anote el resultado en ppm.

7) Alcalinidad total

- Llene el tubo de ensayo hasta la línea de 5 ml con la muestra de agua,
- Agregue la tableta indicadora BCG-Mr
- Coloque la tapa y mezcle hasta que la tableta se disuelva. La solución se volverá azul verde.
- Llene el titulador de lectura directa con el reagente titulador Alcalino.
- Inserte el titulador en el agujero central de la tapa del tubo d ensayo.
- Mientras mueve suavemente el tubo, presione suavemente el émbolo para titular hasta que el color de la solución cambie de azul verde a rosado.

8) Turbidez

- 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.

- 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”.
- 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 turbidad es cero (0). Si el punto negro en el tubo de muestra es menos claro, continúe con el paso 4.
- 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.
- 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). Ver la tabla adjunta. Finalmente lave bien ambos tubos luego de cada medición.

9) Sólidos disueltos totales

- Introduzca el conductimetro en el agua del río.
- Espere 5 min o hasta que el valor de lectura se estabilice.
- Registre el valor de sólidos disueltos totales en ppm en el formulario de campo.

b. Monitoreo biológico

Se lo realizó con la metodología propuesta por Carrera, C. y Fierro, K. 2001, en el Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. En cada punto de monitoreo se realizaron entre 3 y 6 recolecciones de macroinvertebrados:

1) Ubicar el punto de monitoreo que nos brinde condiciones adecuadas de recolección, como son aguas con movimientos rápidos y lentos, piedras, vegetación, etc.
2) Ubicamos la red dentro del agua.
3) A un metro aguas arriba una persona agita el fondo del río, la vegetación, piedras, etc. durante tres minutos.
4) Retiramos la red y ubicamos el contenido en un frasco o envase adecuado para transportarlo al laboratorio.
5) En el laboratorio procedemos al lavado de la muestra separando los macroinvertebrados de los desechos del río.
6) Separamos los individuos colectados y los agrupamos entre similares.
7) Clasificamos taxonómicamente mediante el empleo de claves de identificación.

c. Monitoreo microbiológico

1) Coliformes fecales

Se recolectó una muestra de agua y se lo llevó al laboratorio de análisis técnicos de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH. El método empleado en el laboratorio es el de filtración de membrana.

3. <u>Análisis de DBO y sólidos en suspención</u>

Para poder desarrollar el índice de calidad de agua ICA, colectamos una muestra de agua para determinar la demanda bioquímica de oxigeno DBO y sólidos en suspensión, estudios que se realizaron en el laboratorio de análisis técnicos de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH. Los métodos empleados son para DBO el 5210-B y para sólidos en suspensión el 2540-D

4. <u>Análisis estadístico</u>

Realizamos un análisis estadístico muestral, con cada parámetro evaluado, en donde se describe en forma gráfica las variaciones existentes en cada sitio y en cada muestreo.

5. Referenciación geográfica

En cada afluente se determinaron lugares que brinden todas las facilidades para realizar el monitoreo, es decir sitios en donde el río tenga un cauce recto, sin mayores perturbaciones como rocas grandes, remolinos, aguas estancadas, etc., y que no esté afectado por actividades externas que vaya a cambiar la condición general del rio como abrevaderos de animales, descargas puntuales de lixiviados, asentamientos humanos, etc. Una vez identificados estos puntos en cada afluente seleccionado se levantaron las coordenadas geográficas utilizando el GPS y con lo cual se elaboraron los diferentes mapas.

6. Determinación de las causas de la degradación y alternativas de manejo

Para determinar las causas de la degradación se tomaron en cuenta las actividades que se desarrollan en la zona, como son agricultura, ganadería, turismo, silvicultura y asentamientos humanos, y como cada una de ellas afecta a la calidad del agua. Con este análisis identificamos las actividades antrópicas y usos del suelo (ANEXO 21), que son los responsables de la degradación de la calidad del agua para presentar algunas alternativas de manejo de dichas actividades.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. PROGRAMA DE MUESTREO

1. Determinación de los puntos de monitoreo

Para la determinación de los puntos de monitoreo se tomo en cuenta los objetivos del estudio y los criterios generales de selección, fundamentalmente la factibilidad y legalidad de llegar a los sitios de muestreo, en vista que parte de la microcuenca se encuentra en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Sangay (ANEXO 22). Es así que se determinaron 4 puntos de monitoreo, más un punto de monitoreo en la desembocadura, los mismos que fueron codificados y se detallan a continuación.

a. Río Tiaco Chico (RB1)

El punto de monitoreo del río Tiaco Chico se encuentra en las coordenadas 0780336 (X) y 9812454 (Y) a una altura de 3614 msnm. El lugar designado se encuentra aproximadamente a unos 1500 metros aguas arriba hacia el lado oriental de la bocatoma del proyecto de riego Rio Blanco-Quimiag. En la zona se realizan actividades ganaderas y turísticas. La vegetación preponderante es el pajonal, restos de lo que fue un bosque primario y un bosque de pino que fue plantado con fines de producción de madera.

b. Rio Tiaco Grande (RB2)

El punto de monitoreo del río Tiaco Grande está ubicado en las coordenadas 0779580 (X) y 9811735 (Y) a una altura de 3565 msnm. Este punto se encuentra aproximadamente a unos 1600 metros aguas arriba de la bocatoma del Proyecto de riego Rio Blanco-Quimiag hacia el lado occidental, en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Sangay. El sitio es visitado continuamente por turistas y ganaderos que realizan sus actividades en el sector. La vegetación en su mayoría es pajonal, hay pequeños sitios donde se mantienen el bosque primario; de igual manera el bosque de pino cubre grandes extensiones.

c. Río Collanes (RB5)

El punto de monitoreo del río Collanes tiene las siguientes coordenadas: 0778268 (X) y 9817141 (Y). La altitud del punto es de 3419 msnm. Se encuentra aproximadamente a unos 3,5 Km de la parroquia Candelaria. En la zona se desarrollan actividades ganaderas, agrícolas y turísticas. La vegetación preponderante es el pajonal que se alterna con pequeñas islas de bosque primario. Hay presencia de árboles de pino en muy pocas cantidades. Cabe señalar que en el punto de muestreo se aprecia deslaves en las laderas del río, que no es otra cosa que perdida del suelo

d. Rio Tarau (RB3)

El punto de monitoreo del río Tarau está ubicado a 2771 msnm en las coordenadas 0777013 (X) y 9822641 (Y). Se encuentra ubicado en la comunidad Tarau en el cantón Penipe. En el sector se desarrollan actividades agrícolas y ganaderas, aguas arriba del punto de muestreo hay grandes extensiones ganaderas.

e. Desembocadura (RB4)

El punto de monitoreo de la desembocadura del río Blanco está ubicado en las coordenadas 0773177 (X) y 9822641 (Y) a una altura de 2423 msnm. Está ubicado a unos 40 metros aguas arriba de la desembocadura del río Blanco en el Chambo, aguas arriba se desarrollan actividades ganaderas, agrícolas y asentamientos humanos.

B. MONITOREO FÍSICO – QUÍMICO

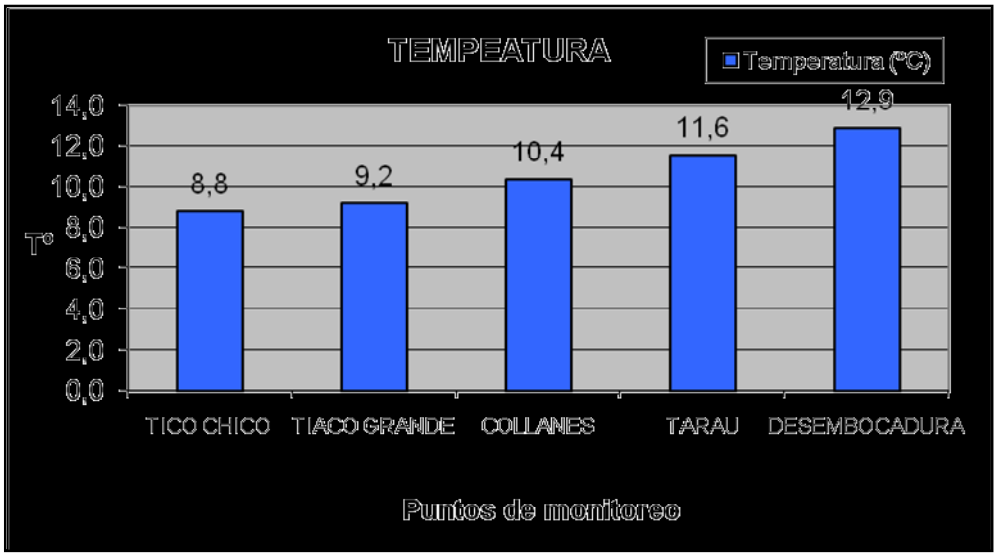
Cuadro 1. Valores promedio de parámetros físico-químico evaluados en los puntos de monitoreo de la microcuenca del río Blanco

Parámetros	Unidades	VALORES PROMEDIO				
		Tiaco Chico (Rb1)	Tiaco Grande (Rb2)	Collanes (Rb5)	Tarau (Rb3)	Desembocadura (Rb4)
Temperatura	º C	8,80	9,20	10,37	11,57	12,90
Potencial de hidrógeno (pH)	Und	7,00	7,00	7,22	7,23	7,50
Oxígeno disuelto (OD)	Ppm	6,67	6,93	7,37	7,67	7,20
Fosfatos	Ppm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nitratos - Nitrógeno	Ppm	0,73	0,00	0,00	0,00	2,20
Conductividad	µS/cm	81,03	113,73	171,07	192,43	318,00
Salinidad	Ppm	40,03	56,77	83,63	96,07	108,00
Alcalinidad total	Ppm	52,00	57,00	87,33	123,33	92,00
Total de sólidos disueltos (TDS)	Ppm	49,93	78,97	121,70	132,90	149,00
Turbidez (JTU`s)	JTU`s	1,67	0,00	18,33	16,67	15,00
Sólidos en suspensión	mg/l	63,50	53,50	169,50	93,00	229,50
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l	15,10	10,60	13,50	15,70	13,50

Fuente: José Luis Yungán. Laboratorio de análisis técnicos. FC. ESPOCH 2008

1. Temperatura

Gráfico 1. Temperatura promedio para los puntos de monitoreo



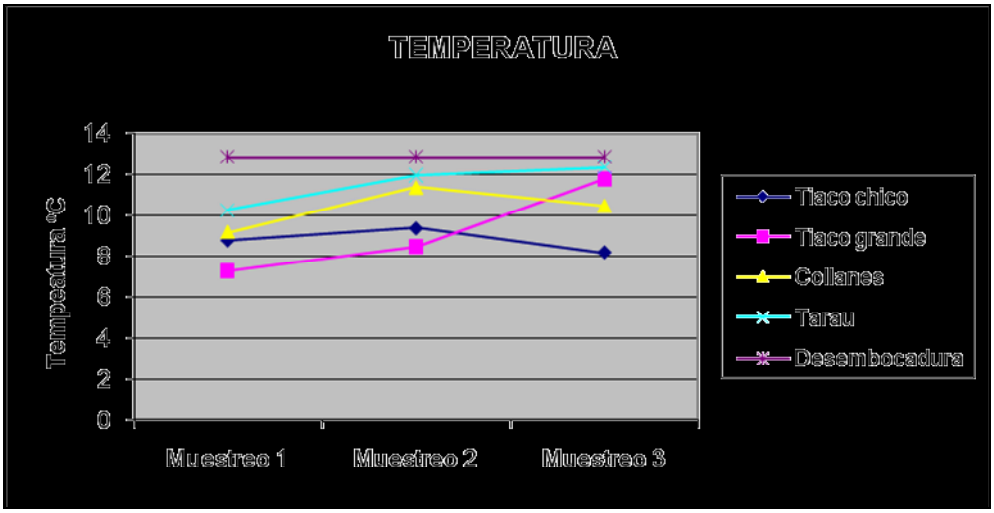
Cuadro 2. Valores de temperatura obtenidos durante el monitoreo

	Temperatura (ºC)		
Punto de monitoreo	**Muestreo 1**	**Muestreo 2**	**Muestreo 3**
Tiaco Chico	8,8	9,4	8,2
Tiaco Grande	7,3	8,5	11,8
Collanes	9,2	11,4	10,5
Tarau	10,3	12	12,4
Desembocadura *	12,9	12,9	12,9

Fuente: José Luis Yungán. 2008

(*) Valor promedio

Gráfico 2. Variación de temperatura en cada punto de muestreo durante el monitoreo



El valor de temperatura promedio más bajo corresponde al punto de monitoreo del río Tiaco Chico con 8,8 ºC, aunque el valor más bajo se presentó en el primer monitoreo en el río Tiaco Grande con 7,3 ºC, esto se debe a que este monitoreo se lo realizó a primeras horas de la mañana en donde tenemos temperaturas bajas.

La temperatura promedio más alta se ubica en el punto de monitoreo de la desembocadura con un valor de 12,9 ºC.

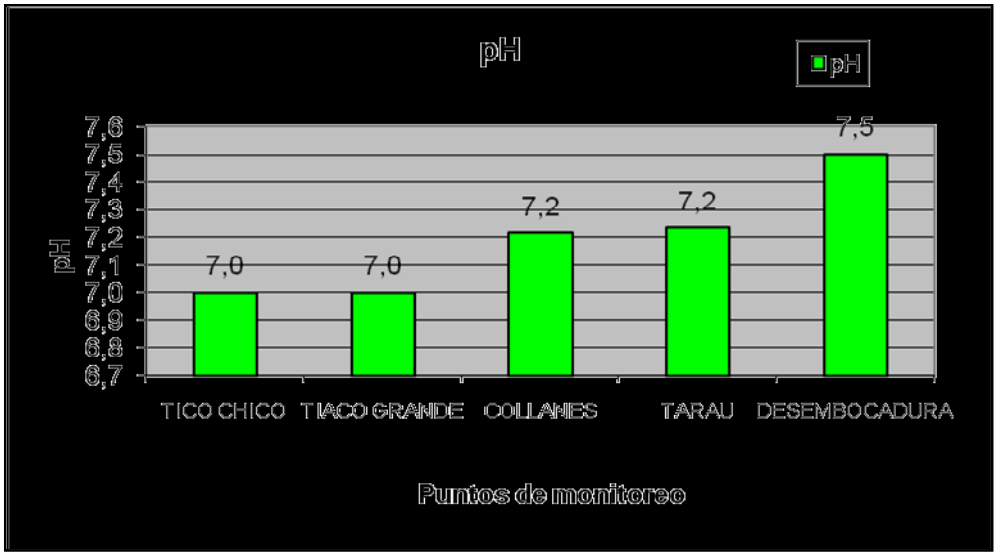
Sin embargo al tomar en cuenta el valor promedio de cada punto de monitoreo, la variación de temperatura se encuentra dentro del rango permisible establecido en la normativa TULAS para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente necesitan desinfección y tratamiento convencional, ANEXOS 1 y 2 cuyo valor es de +/- 3. De igual manera se encuentran en los límites de temperatura permisibles para la preservación de la

flora y fauna en agua dulce fría, ANEXO 3, que manifiesta que la temperatura debe estar entre 3 y 20 ºC.

La temperatura del agua depende principalmente de la altura y de la hora de muestreo, a primeras horas de la mañana la temperatura es menor, de la misma manera a mayor altura la temperatura es menor como se aprecia en el GRÁFICO 1.

2. pH

Grafico 3. pH promedio para los puntos de monitoreo



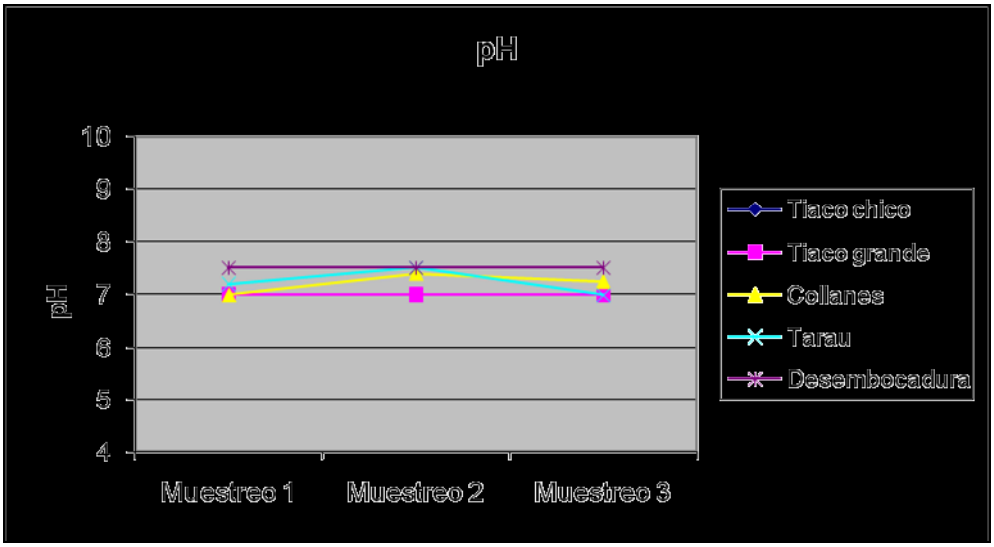
Cuadro 3. Valores de pH obtenidos durante el monitoreo

	pH		
Punto de monitoreo	**Muestreo 1**	**Muestreo 2**	**Muestreo 3**
Tiaco Chico	7	7	7
Tiaco Grande	7	7	7
Collanes	7	7,4	7,25
Tarau	7,2	7,5	7
Desembocadura *	7,5	7,5	7,5

Fuente: José Luis Yungán. 2008

(*) Valor promedio

Gráfico 4. Variación del pH en cada punto de muestreo durante el monitoreo

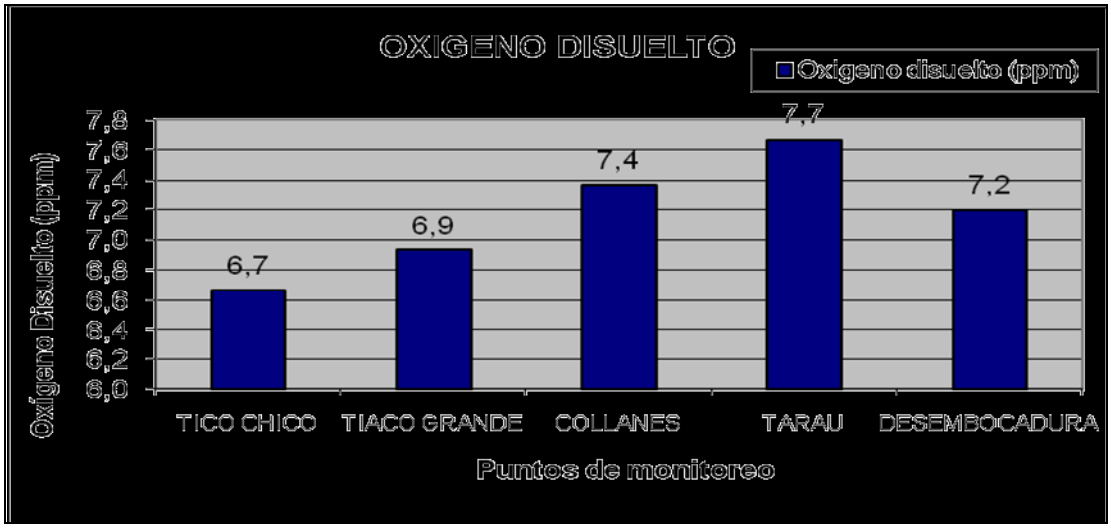


Los valores de pH promedio obtenidos en el muestreo se encuentran en 7 para el caso de los puntos de monitoreo de los ríos Tiaco Chico y Tiaco Grande, 7,2 para los puntos de monitoreo de los ríos Tarau y Collanes y 7,5 para el caso de la desembocadura. Todos estos valores corresponden a aguas de pH neutro.

Estos valores de pH se encuentran dentro de los parámetros normales según la normativa TULAS para el aprovechamiento de las aguas para consumo humano y uso doméstico, preservación de la flora y fauna en aguas dulces frías, uso agrícola, pecuario y recreativo, que va de 6 a 9, como se indica en los ANEXOS 1, 2, 3, 5, 6, 7 y 8.

3. Oxígeno disuelto

Gráfico 5. Oxigeno disuelto promedio para los puntos de monitoreo



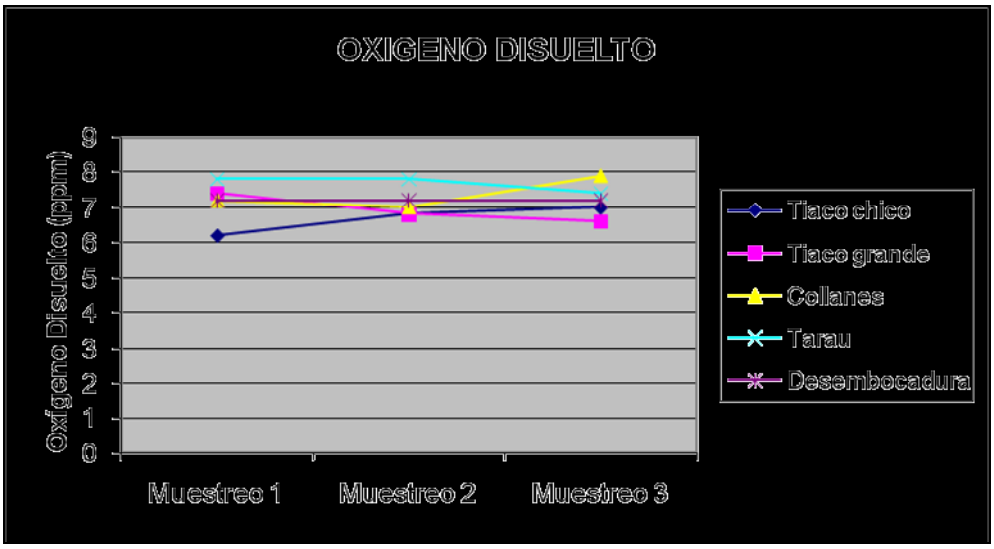
Cuadro 4. Valores de oxígeno disuelto obtenidos durante el monitoreo

	Oxígeno disuelto (ppm)		
Punto de monitoreo	**Muestreo 1**	**Muestreo 2**	**Muestreo 3**
Tiaco Chico	6,2	6,8	7
Tiaco Grande	7,4	6,8	6,6
Collanes	7,2	7	7,9
Tarau	7,8	7,8	7,4
Desembocadura *	7,2	7,2	7,2

Fuente: José Luis Yungán. 2008

(*) Valor promedio

Grafico 6. Variación del contenido de oxígeno disuelto en cada punto durante el monitoreo

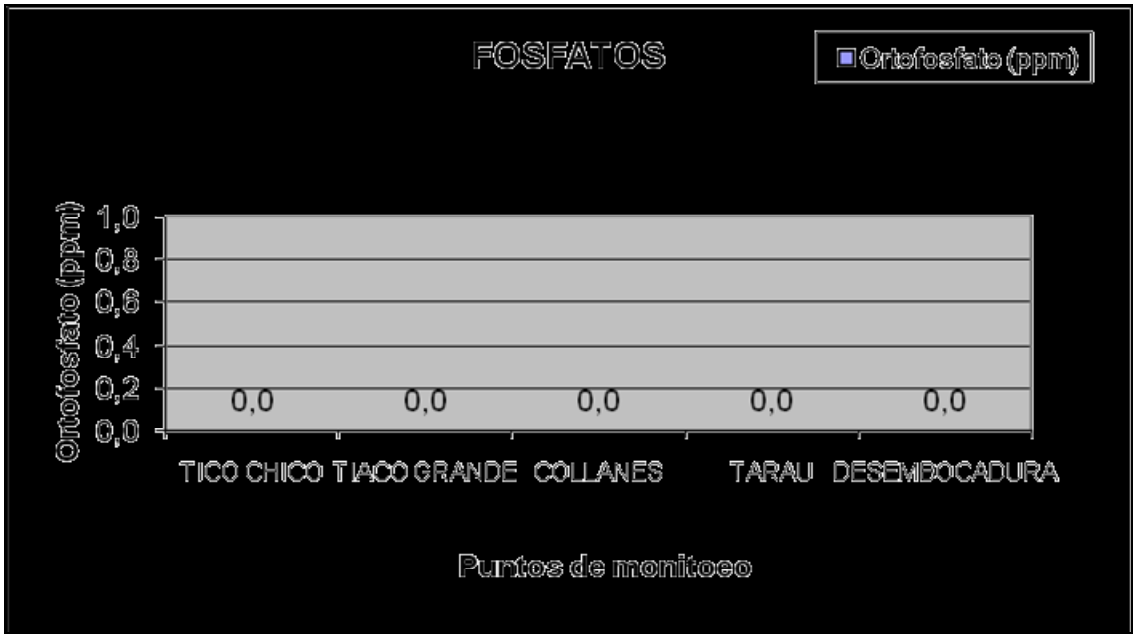


El valor más bajo de oxígeno disuelto corresponde al primer monitoreo en el Rio Tiaco Chico con 6,2 ppm y el más alto coresponde al tercer monitoreo realizado en el Río Collanes con 7,9 ppm. Todos los monitoreos se encuentran dentro del límite permiscible que no puede ser menor de 6 ppm para el aprovechamiento del agua para consumo humano y uso doméstico que requieren desinfección y tratamiento convencional, para preservación de la flora y fauna y para fines recreativos, como lo indica la normativa TULAS en los ANEXOS 1, 2, 3 y 7.

Los valores mayores a 6 ppm son suficientes para mantener la vida acuática, sin embargo que exista mayor cantidad de oxígeno disuelto en el río Tarau depende de la presencia de mayor cantidad de plantas acuáticas, que por la fotosíntesis, aporta mas oxígeno al agua que en los otros puntos de muestreo, aunque la diferencia es pequeña.

4. Fosfatos

Gráfico 7. Contenido promedio de fosfatos para los puntos de monitoreo



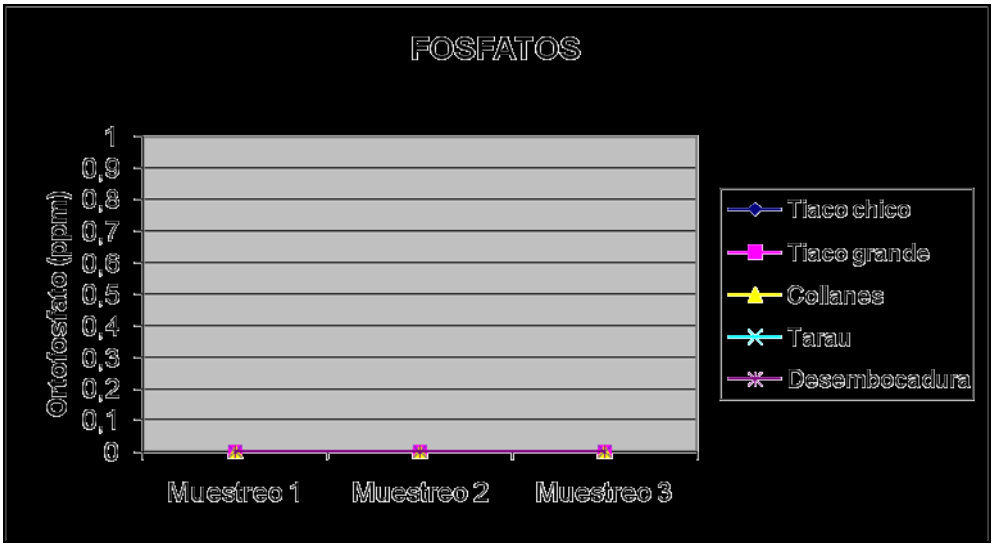
Cuadro 5. Valores del contenido de fosfatos obtenidos durante el monitoreo

	Fosfatos (ppm)		
Punto de monitoreo	**Muestreo 1**	**Muestreo 2**	**Muestreo 3**
Tiaco Chico	0	0	0
Tiaco Grande	0	0	0
Collanes	0	0	0
Tarau	0	0	0
Desembocadura *	0	0	0

Fuente: José Luis Yungán. 2008

(*) Valor promedio

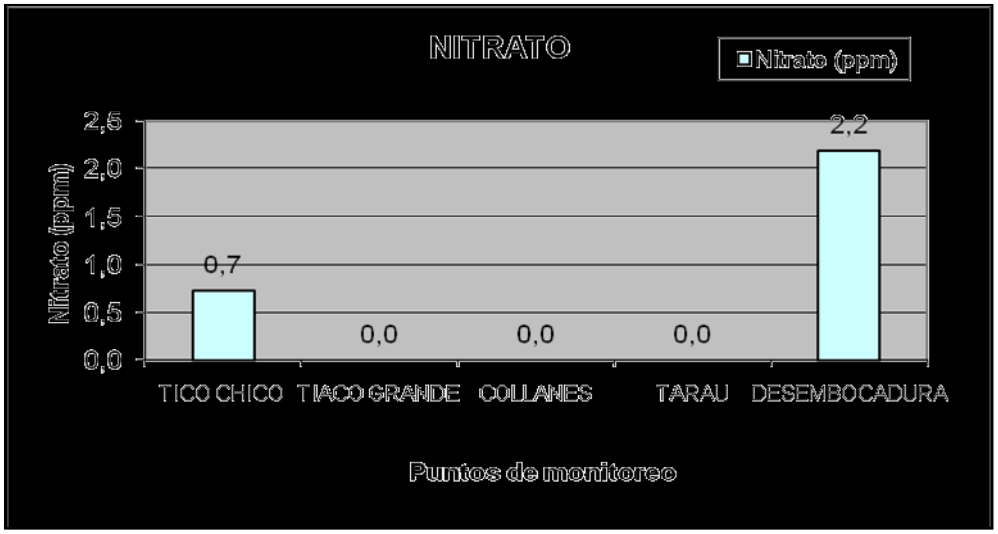
Gráfico 8. Variación del contenido de fosfatos en cada punto durante el monitoreo



No se presento contenido de fosfatos en ninguno de los puntos de muestreo durante el monitoreo. De acuerdo al Stevens Institute of Technology, ANEXO 9, estos puntos de monitoreo tienen una calidad de agua EXELENTE, en cuanto lo que se refiere al contenido de fosfatos. La presencia de contaminantes fosfatados en el agua se da principalmente por las actividades agrícolas, en donde se emplean fertilizantes fosfatados que se lixivian a los cuerpos de agua, en este caso no existe este tipo de contaminación en ninguno de los puntos de monitoreo.

5. <u>Nitratos</u>

Gráfico 9. Contenido promedio de nitratos para los puntos de monitoreo



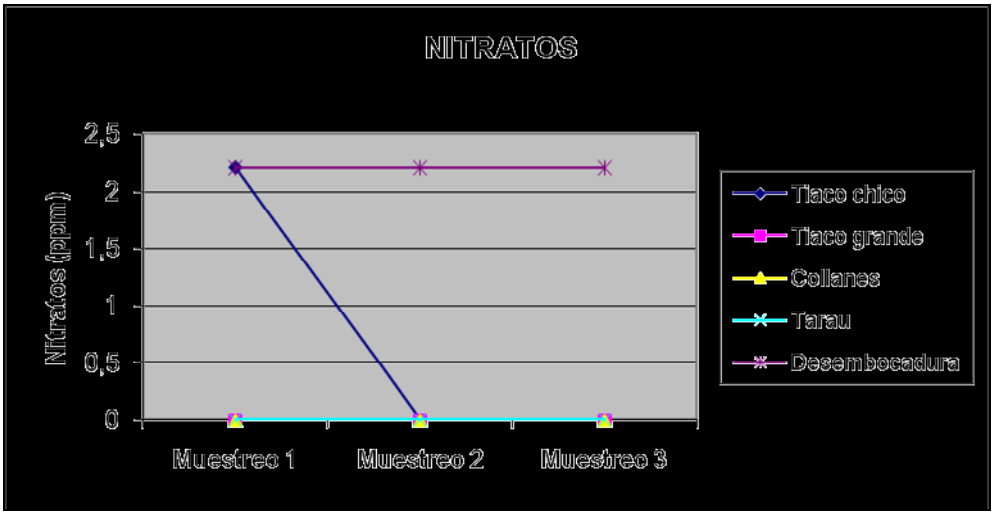
Cuadro 6. Valores del contenido de nitratos obtenidos durante el monitoreo

Punto de monitoreo	Nitratos (ppm)		
	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3
Tiaco Chico	2,2	0	0
Tiaco Grande	0	0	0
Collanes	0	0	0
Tarau	0	0	0
Desembocadura *	2,2	2,2	2,2

Fuente: José Luis Yungán. 2008

(*) Valor promedio

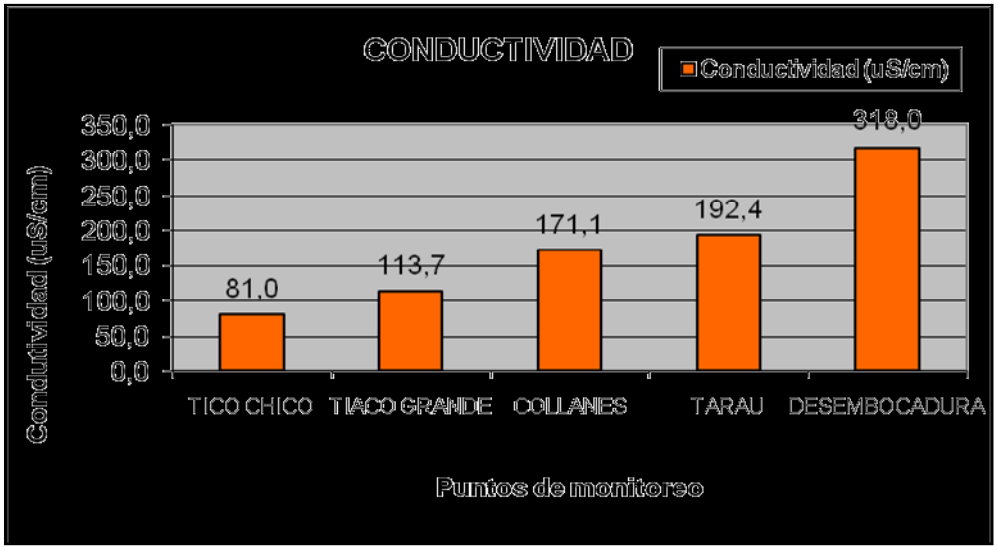
Gráfico No. 10. Variación del contenido de nitratos en cada punto durante el monitoreo



Se encontró nitratos en 2 puntos de muestreo, en el río Tiaco Chico en el primer monitoreo y en la desembocadura. Sin embargo estos valores estan dentro de los límites permisibles, esto es hasta 10 ppm, como se indica en la normativa TULAS, ANEXOS 1 y 2 para el uso del agua con fines de consumo humano y uso doméstico que requieren desisfección y tratamiento convencional, así como también para uso pecuario como se indica en la misma normativa, ANEXO 6. La fuente de contaminacion por nitratos son los lixiviados de la agricultura, los desechos animales y las descargas urbanas; en este caso la desembocadura presenta contenidos de nitratos, lo que es predecible, ya que aguas arriba se desarrollan actividades agrícolas, pecuarias y estan localizadas poblaciones una de ellas Candelaria; mientras que en la parte alta en el río Tiaco Chico, los desechos de la ganadería y la agricultura son los responsables de la presencia de nitratos.

4. Conductividad

Gráfico 11. Conductividad promedio para los puntos de monitoreo



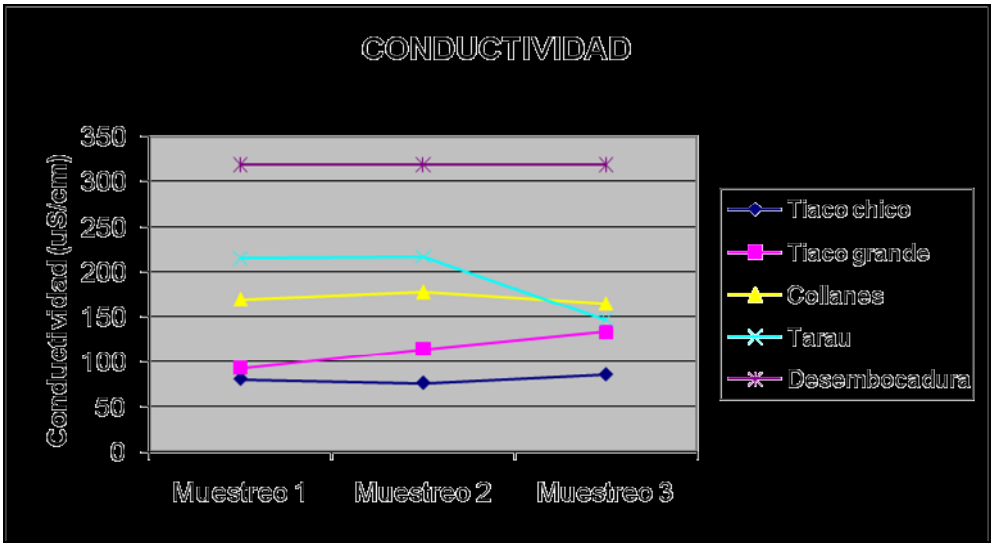
Cuadro 7. Valores de conductividad obtenidos durante el monitoreo

	Conductividad (µS/cm)		
Punto de monitoreo	**Muestreo 1**	**Muestreo 2**	**Muestreo 3**
Tiaco Chico	80,9	76,4	85,8
Tiaco Grande	93,3	114,5	133,4
Collanes	170	178	165,2
Tarau	214	216	147,3
Desembocadura *	318	318	318

Fuente: José Luis Yungán. 2008

(*) Valor promedio

Gráfico 12. Variación de la conductividad en cada punto durante el monitoreo

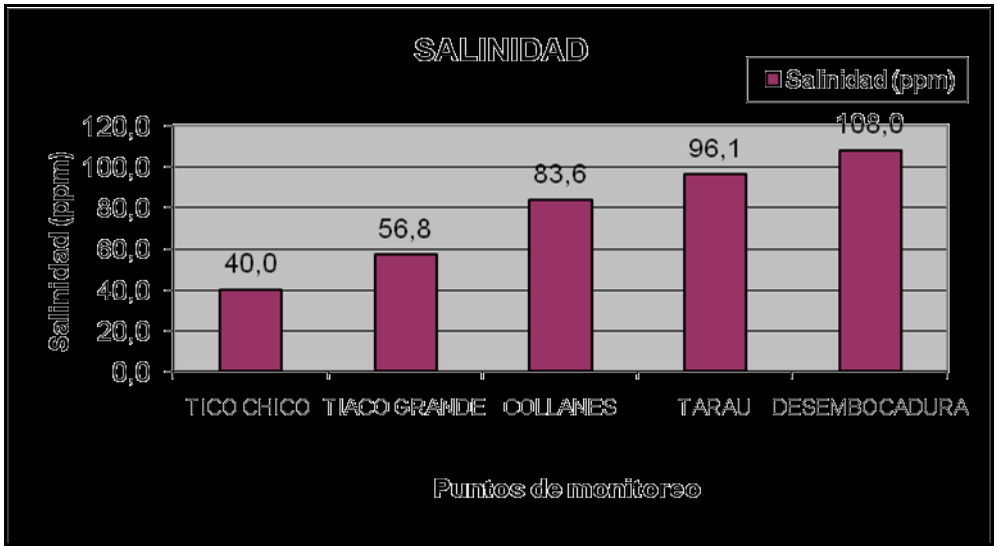


El valor más alto de conductividad se obtuvo en el punto de monitoreo de la desembocadura del río Blanco con un valor promedio de 318 µS/cm, en cambio que el valor más bajos de conductividad se encuentra en el punto de monitoreo del río Tiaco Chico con un promedio de 81 µS/cm. La conductividad de todos los puntos de monitoreo se encuentran fuera del rango de agua de montaña que es de 1 µS/cm, pero inferior al rango de agua para uso domestico que es de 500 a 800 µS/cm, al igual que el máximo para potabilización de agua que es de 10055 µS/cm, de acuerdo a lo que manifiesta Infoagro, ANEXO 10. En cuanto a la calidad del agua para riego, todos los puntos de monitoreo corresponden a aguas de calidad BUENA de acuerdo a Vega y Muñoz-Cobo, ANEXO 11, que menciona que el valor se debe encontrar entre 0 y 1000 µS/cm.

La conductividad es uno de los principales indicadores de la calidad de las aguas continentales, por ello en cuanto a este parámetro las aguas de la desembocadura tiene una menor calidad que los 4 afluentes monitoreados.

5. Salinidad

Gráfico 13. Salinidad promedio para los puntos de monitoreo



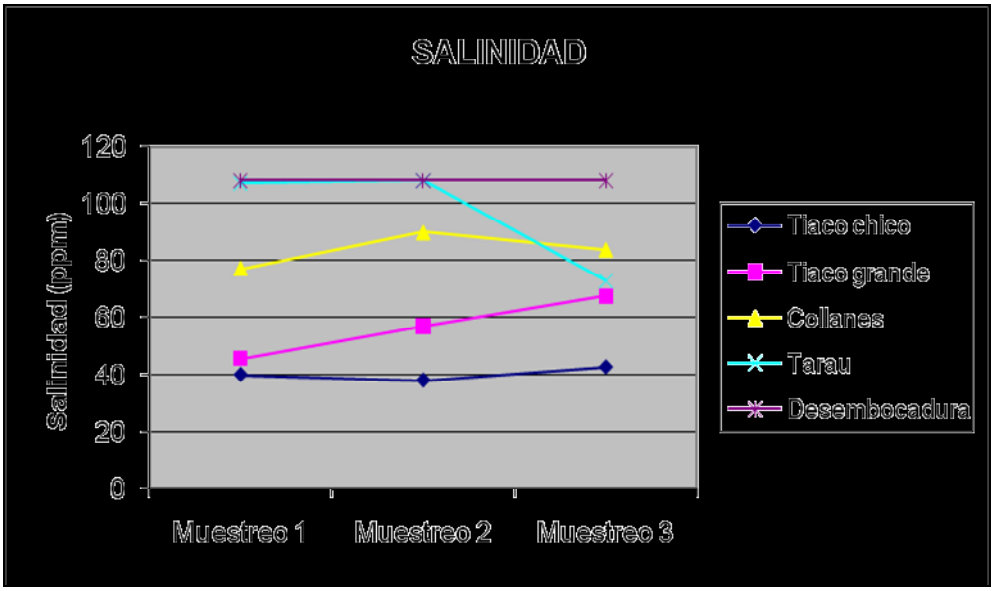
Cuadro 8. Valores de salinidad obtenidos durante el monitoreo

	Salinidad (ppm)		
Punto de monitoreo	**Muestreo 1**	**Muestreo 2**	**Muestreo 3**
Tiaco Chico	39,8	37,8	42,5
Tiaco Grande	45,6	57,1	67,6
Collanes	77,2	89,9	83,8
Tarau	107	108	73,2
Desembocadura *	108	108	108

Fuente: José Luis Yungán. 2008

(*) Valor promedio

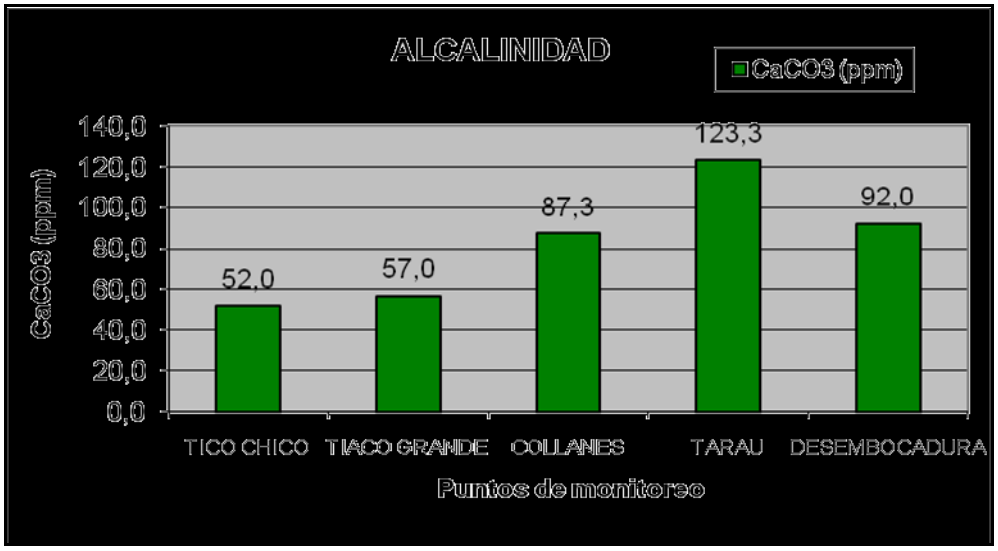
Gráfico 14. Variación de la salinidad en cada punto durante el monitoreo



Los valores más altos de salinidad determinados durante el muestreo correponden al valor promedio de salinidad de la desembocadura con 108 ppm, y el primer y segundo monitoreo del rio Tarau con 107 y 108 ppm respectivamente. Todos los valores determinados en todos los puntos de muestreo se encuentran dentro de el rango establecido para agua dulce (potable) de acuerdo a Fariño y Medina, ANEXO 12, que menciona que para este fin, el agua no debe exeder los 1000 ppm de salinidad. En cuanto a la calidad para aguas de uso agrícola, se encuentran dentro del rango de agua de calidad BUENA de acuerdo a lo que menciona Vega y Muños-Cobo, ANEXO 13, que indican que el valor de salinidad debe ser menor a 770 mg/l (ppm).

6. Alcalinidad

Gráfico 15. Alcalinidad promedio para los puntos de monitoreo



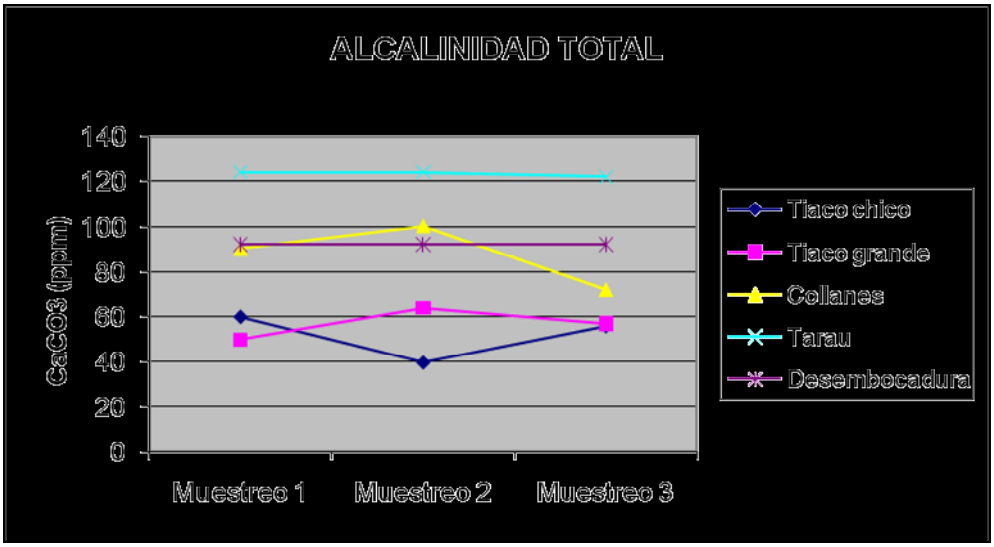
Cuadro 9. Valores de alcalinidad obtenidos durante el monitoreo

	Alcalinidad total (ppm)		
Punto de monitoreo	**Muestreo 1**	**Muestreo 2**	**Muestreo 3**
Tiaco Chico	60	40	56
Tiaco Grande	50	64	57
Collanes	90	100	72
Tarau	124	124	122
Desembocadura *	92	92	92

Fuente: José Luis Yungán. 2008

(*) Valor promedio

Gráfico 16. Variación de la alcalinidad en cada punto de muestreo durante el monitoreo

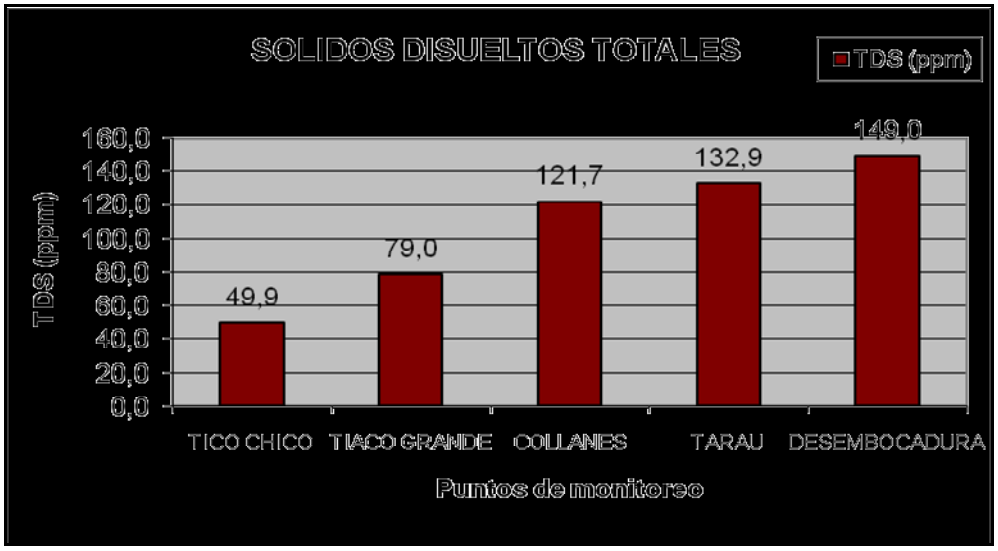


El punto de monitoreo del río Tarau, presentó los valores más altos de alcalinidad total, con 124, 124 y 122 ppm respectivamente durante los 3 muestreos realizados. El valor promedio más bajo corresponde al punto de monitoreo del río Tiaco Chico con 52 ppm. Todos los valores se encuentran dentro de los límites permisibles para aguas de consumo humano y huso doméstico que únicamente requieren tratamiento convencional o desinfección, como lo indica el reglamento TULAS, ANEXOS 1 y 2.

La presencia de carbonatos en el agua dulce se da como resultado del desgaste y disolución de rocas de la microcuenca, principalmente de la roca caliza, su disolución es promovida por la presencia de CO^2 disuelto en el agua, el cual forma pequeñas cantidades de ácido carbónico que disuelve estas rocas.

7. Sólidos disueltos totales

Gráfico 17. Contenido promedio de sólidos disueltos totales para los puntos de monitoreo



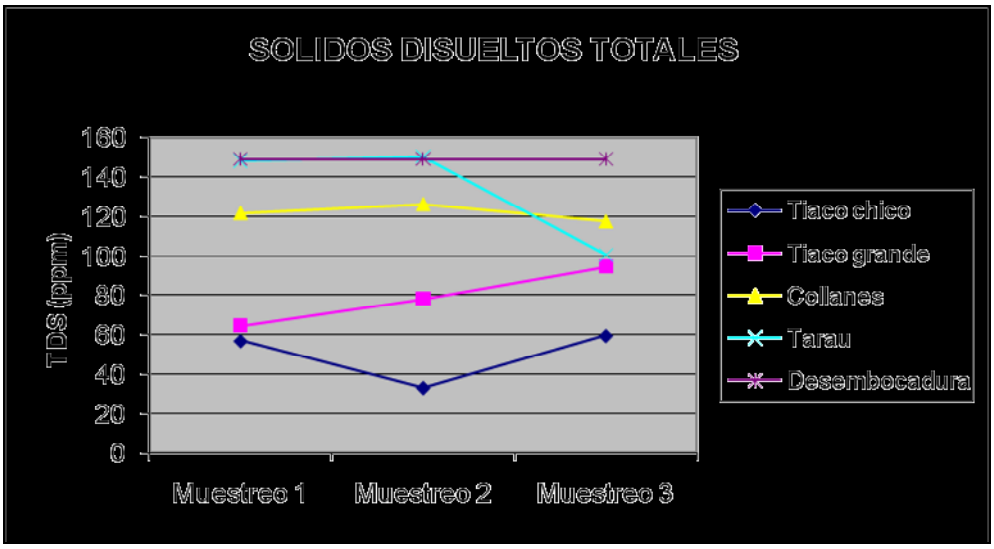
Cuadro 10. Valores de contenido de sólidos disueltos obtenidos durante el monitoreo

	Sólidos disueltos totales (ppm)		
Punto de monitoreo	**Muestreo 1**	**Muestreo 2**	**Muestreo 3**
Tiaco Chico	57	33,2	59,6
Tiaco Grande	64,6	78,1	94,2
Collanes	121,6	126,1	117,4
Tarau	148	150	100,7
Desembocadura *	149	149	149

Fuente: José Luis Yungán. 2008

(*) Valor promedio

Gráfico 18. Variación del contenido de sólidos disueltos totales en cada punto de muestreo durante el monitoreo



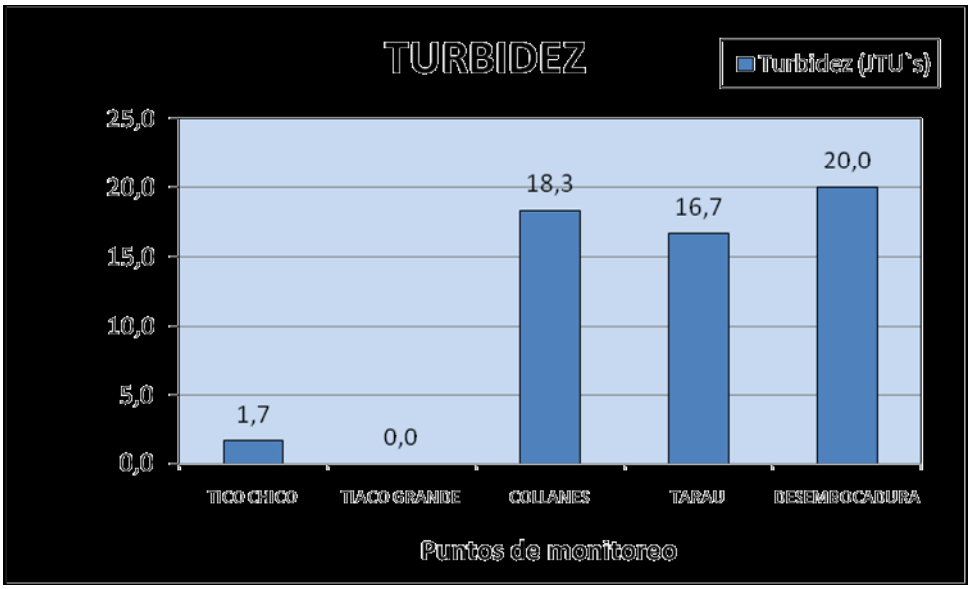
El valor promedio más alto corresponde al punto de monitoreo de la desembocadura del río Blanco que es de 149 ppm, este valor se encuentra dentro de los límites permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, tanto para las que necesitan tratamiento convencional (1000 ppm), como las que necesitan desinfección (500 ppm de acuerdo a lo que indica la normativa TULAS en los ANEXOS 1 y 2, de igual manera el resto de valores medidos en los diferentes puntos de muestreo se encuentran en dentro de los límites permisibles.

El valor promedio más bajo corresponde al punto de monitoreo de el río Tiaco Chico con 49,9 ppm. Según la misma normativa, todos los valores medidos se encuentran dentro de los límites permitidos para aguas de uso agrícola y pecuario, como se indica en los ANEXOS 5 y 6.

Los sólidos disueltos totales están correlacionados con la conductividad eléctrica. En ambos casos el punto de monitoreo de la desembocadura tiene el valor promedio más alto, es decir existe mayor contenido de elementos solubles.

8. Turbidez

Gráfico 19. Turbidez promedio para los puntos de monitoreo



Cuadro 11. Valores de turbidez obtenidos durante el monitoreo

	Turbidez (JTU's)		
Punto de monitoreo	**Muestreo 1**	**Muestreo 2**	**Muestreo 3**
Tiaco Chico	5	0	0
Tiaco Grande	0	0	0
Collanes	10	30	15
Tarau	5	30	15
Desembocadura *	15	15	15

Fuente: José Luis Yungán. 2008

(*) Valor promedio

Gráfico 20. Variación de la turbidez en cada punto de muestreo durante el monitoreo

El valor promedio más bajo corresponde a el punto de monitoreo del río Tiaco Grande con un valor de 0 JTU's, Este punto se encuentra dentro de los límites permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico tanto para las que necesitan tratamiento convencional (100 UTN o 5,3 JTU's) como para las que necesitan desinfección (10 UTN o 0,53 JTU's), como lo indica la normativa TULAS, ANEXOS 1 y 2. El punto de monitoreo del río Tiaco Chico únicamente cumple la norma para el caso de aguas de consumo humano y uso doméstico que necesitan tratamiento convencional. El resto de puntos de muestreo, ríos Collanes, Tarau y Desembocadura, no cumplen la norma para el caso de aguas para consumo humano y uso doméstico, siendo el punto de monitoreo de la desembocadura del río Blanco el valor promedio más alto de Turbidez cuyo valor fue de 20 JTU's.

Los valores de turbidez dependen de la cantidad de sólidos que se encuentran en el agua debido a la lixiviación de los suelos hacia los causes de los ríos, estos valores en un mismo punto de monitoreo varían dependiendo de condiciones externas como lluvias o deslaves.

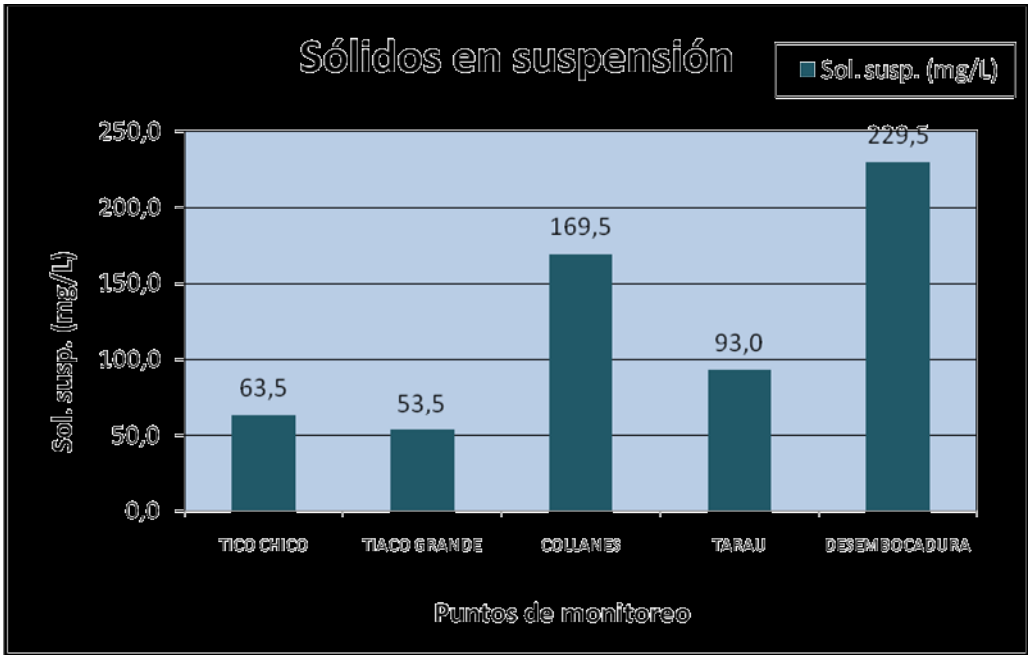
9. Sólidos en suspensión totales

Cuadro 12. Determinación de los solidos en suspensión totales

Puntos de muestreo	Peso inicial papel filtro	Peso final papel filtro	Volumen de agua muestra	SST (mg/l)
Tiaco Chico	1,1898	1,2025	200	63,5
Tiaco Grande	1,1829	1,1936	200	53,5
Collanes	1,1979	1,2318	200	169,5
Tarau	1,1729	1,1915	200	93,0
Desembocadura	1,2195	1,2654	200	229,5

Fuente: Laboratorio de análisis técnicos. FC. ESPOCH. 2008

Gráfico 21. Sólidos en suspensión totales para los puntos de monitoreo



El valor más alto se registró en la muestra colectada en el punto de monitoreo de la desembocadura del río Blanco con 229,5 mg/L, mientras tanto que el valor mas bajo se registró en el punto de monitoreo del río Tiaco Grande con 53,5 mg/L.

Este parámetro esta correlacionado con la turbidez. En el río collanes existe perdida del suelo por deslaves que ocurren a todo lo largo de su cauce, mientras que la desembocadura correponde al depósito de lixiviados de toda la microcuenca.

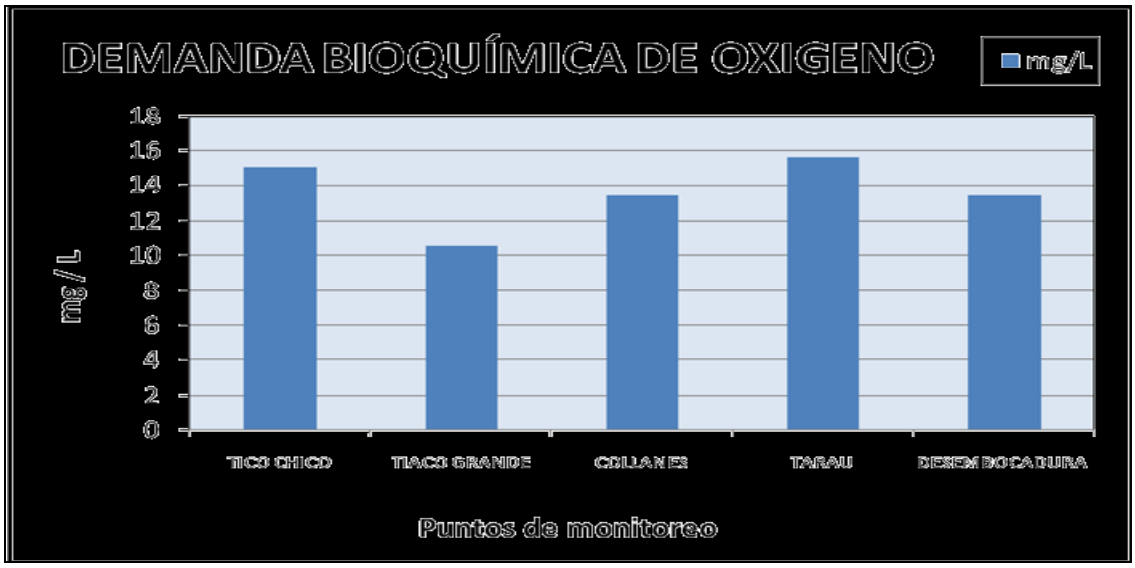
10. Demanda bioquímica de oxígeno

Cuadro 13. Valores de demanda bioquímica de oxígeno obtenida en el laboratorio

PUNTOS	mg/L
TICO CHICO	15,1
TIACO GRANDE	10,6
COLLANES	13,5
TARAU	15,7
DESEMBOCADURA	13,5

Fuente: Laboratorio de análisis técnicos. FC. ESPOCH. 2008

Gráfico 22. Demanda bioquímica de oxígeno para los puntos de monitoreo



Los valores determinados en el laboratorio de las muestras colectadas en los puntos de monitoreo están fuera del rango establecido en el reglamento TULAS para aguas de consumo humano que requieren tratamiento convencional y desinfección que es de 2,0 mg/L como máximo, ANEXOS 1 y 2. Valores más altos de DBO indican contaminación del agua

El valor más bajo de DBO obtenido corresponde al punto de monitoreo del río Tiaco Grande con 10,6 mg/L, en cuanto que el valor más alto corresponde al punto de monitoreo del río Tarau con 15,7 mg/L

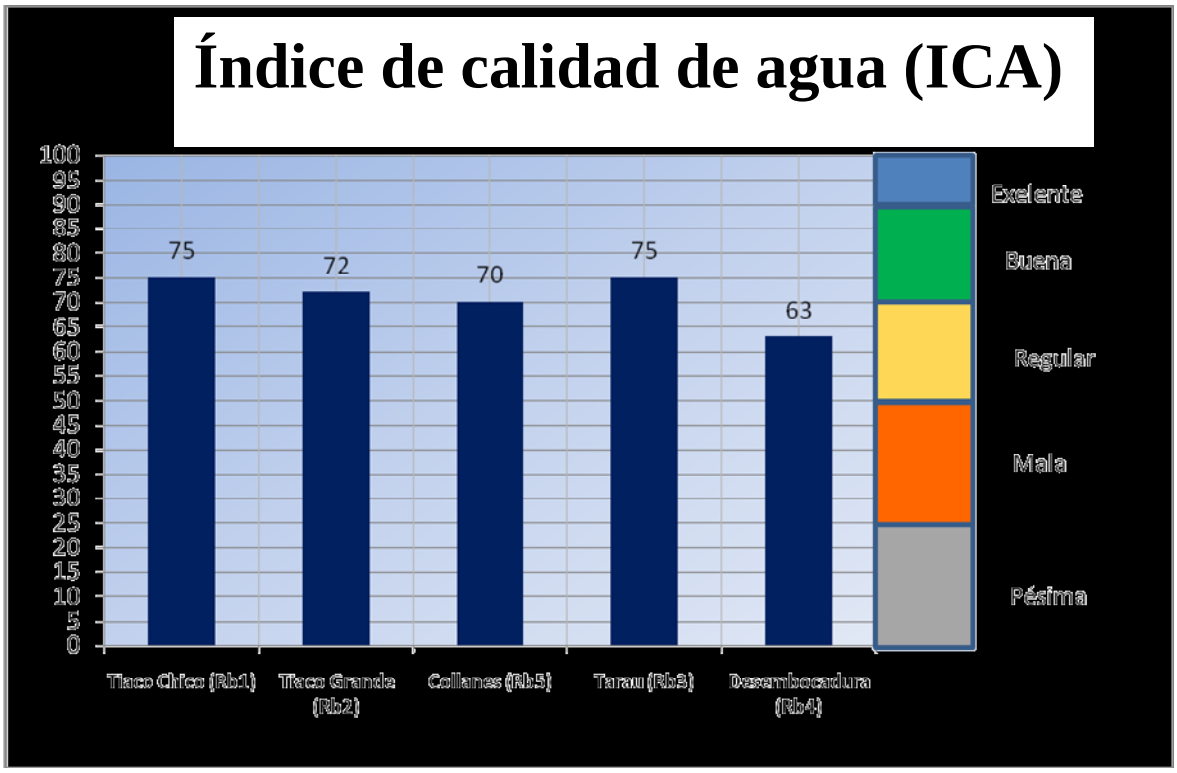
C. INDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA)

Cuadro 14. Índice de calidad del agua para cada punto de monitoreo

	ICA	Calidad
Tiaco Chico (Rb1)	75	Buena
Tiaco Grande (Rb2)	72	Buena
Collanes (Rb5)	70	Buena
Tarau (Rb3)	75	Buena
Desembocadura (Rb4)	63	Regular

Fuente: José Luis Yungán. 2008

Gráfico 23. Índice de calidad de agua (ICA) en cada punto de muestreo



Según el índice de calidad de agua ICA propuesto por Brown, TABLA No. 2, los puntos de monitoreo Tiaco Chico, Tiaco Grande, Collanes, y Tarau corresponden a aguas de calidad BUENA, cuyo rango va de 70 a 90. Según el uso del agua, de acuerdo a lo que menciona León Vizcaíno, ANEXO 14, todos estos puntos de monitoreo tienen los siguientes criterios: para utilización como agua de consumo humano corresponde a aguas LEVEMENTE CONTAMINADAS y su uso sin desinfección es dudoso; para uso agrícola corresponden a aguas de calidad ACEPTABLE y únicamente requieren tratamiento menor

para cultivos que requieren de una alta calidad de agua para riego; para la pazca y vida acuática corresponden a aguas de calidad EXELENTE y en ellas existe buena pesca y vida acuática abundante; para uso industrial corresponden a aguas de calidad ACEPTABLE y únicamente requieren purificación menor para industrias que requieran alta calidad de agua para su operación; finalmente para recreación corresponden a aguas de calidad EXELENTE y permite la práctica de cualquier deporte acuático.

El punto de monitoreo de la desembocadura del río Blanco, según el índice de calidad de agua ICA propuesto por Brown, TABLA No. 2, corresponde a aguas de calidad REGULAR, el rango va de 50 a 70. Según León Vizcaíno, ANEXO 14, en cuanto al uso del agua, el punto de muestreo cumple estos criterios: para aguas de consumo humano corresponde a aguas de calidad CONTAMINADA por lo que es indispensable la desinfección para su uso; para uso agrícola corresponde a aguas de calidad LEVEMENTE CONTAMINADA pero es utilizable para la mayoría de cultivos; para la pesca y vida acuática corresponden a aguas de calidad ACEPTABLE y este es el límite para peses muy sensitivos; para uso industrial corresponde a aguas de calidad LEVEMENTE CONTAMINADA y no requiere tratamiento para mayoría de industrias de operación normal; por último para uso recreacional corresponde a aguas de calidad ACEPTABLE pero se debe restringir los deportes de inmersión, tener precaución si se ingiere dada la posibilidad de presencia de bacterias.

D. MONITOREO MICROBIOLOGICO

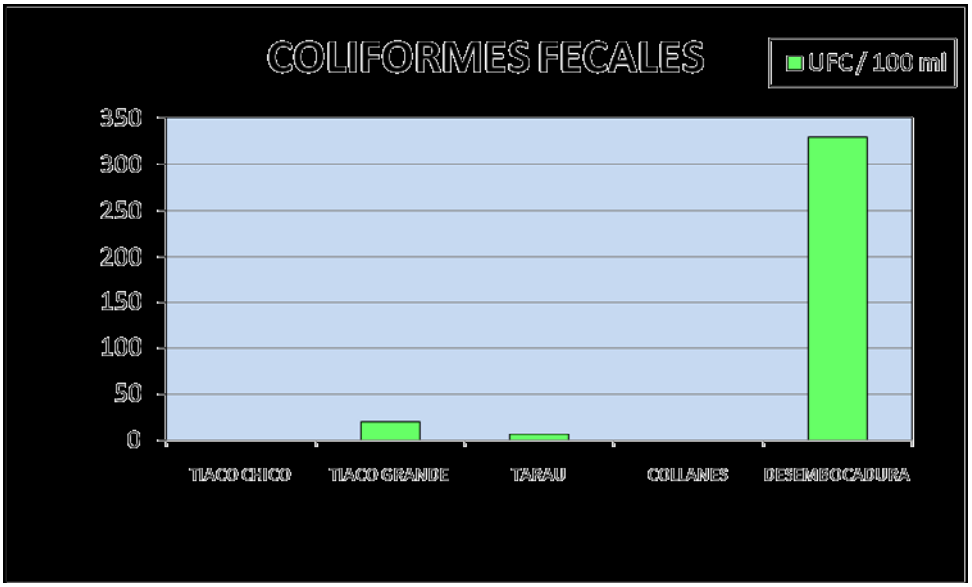
1. Coliformes fecales

Cuadro 15. Coliformes fecales obtenidos en cada punto de monitoreo

Puntos de monitoreo	UFC / 100 ml
Tiaco Chico	0
Tiaco Grande	20
Tarau	6
Collanes	0
Desembocadura	330

Fuente: Laboratorio de análisis técnicos. FC. ESPOCH. 2008

Gráfico 24. Coliformes fecales obtenidos en el laboratorio para cada punto



Durante el muestreo se identifico la presencia de coliformes fecales en 3 puntos de monitoreo: en la desembocadura del río Blanco que fue el valor más alto con 330 UFC/100ml, en el río Tiaco Grande con 20 UFC/100ml y en el punto de monitoreo del río Tarau con 6 UFC/100ml. Mientras que no se presentaron coliformes fecales en 2 puntos de monitoreo que corresponden a los río Tiaco Chico y Collanes, estos 2 puntos de acuerdo a la normativa TULAS, cumplen los límites permitidos para aguas de consumo humano y uso doméstico, ANEXOS 1 y 2 (600 UFC/100 ml y 50 UFC/100 ml respectivamente); preservación de la flora y fauna para aguas frías dulces, ANEXO 3 (200 UFC/100 ml); para aguas de uso agrícola, ANEXO 5 (1000 UFC/100 ml como coliformes Totales); para uso pecuario, ANEXO 6 (menos a 1000 UFC/100 ml); y para recreación, ANEXOS 7 y 8 (200 UFC/100 ml y 1000 UFC/100 ml para recreación con contacto secundario)

Todos los puntos de monitoreo cumplen con los límites permisibles de acuerdo al reglamento TULAS, para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren tratamiento convencional, ANEXO 1, cuyo valor es 600 nmp/100 ml (600 UFC/100 ml); y aguas para consumo pecuario ANEXO 6, cuyo valor es menor a 1000 UFC/100 ml.

E. MONITOREO BIOLÓGICO

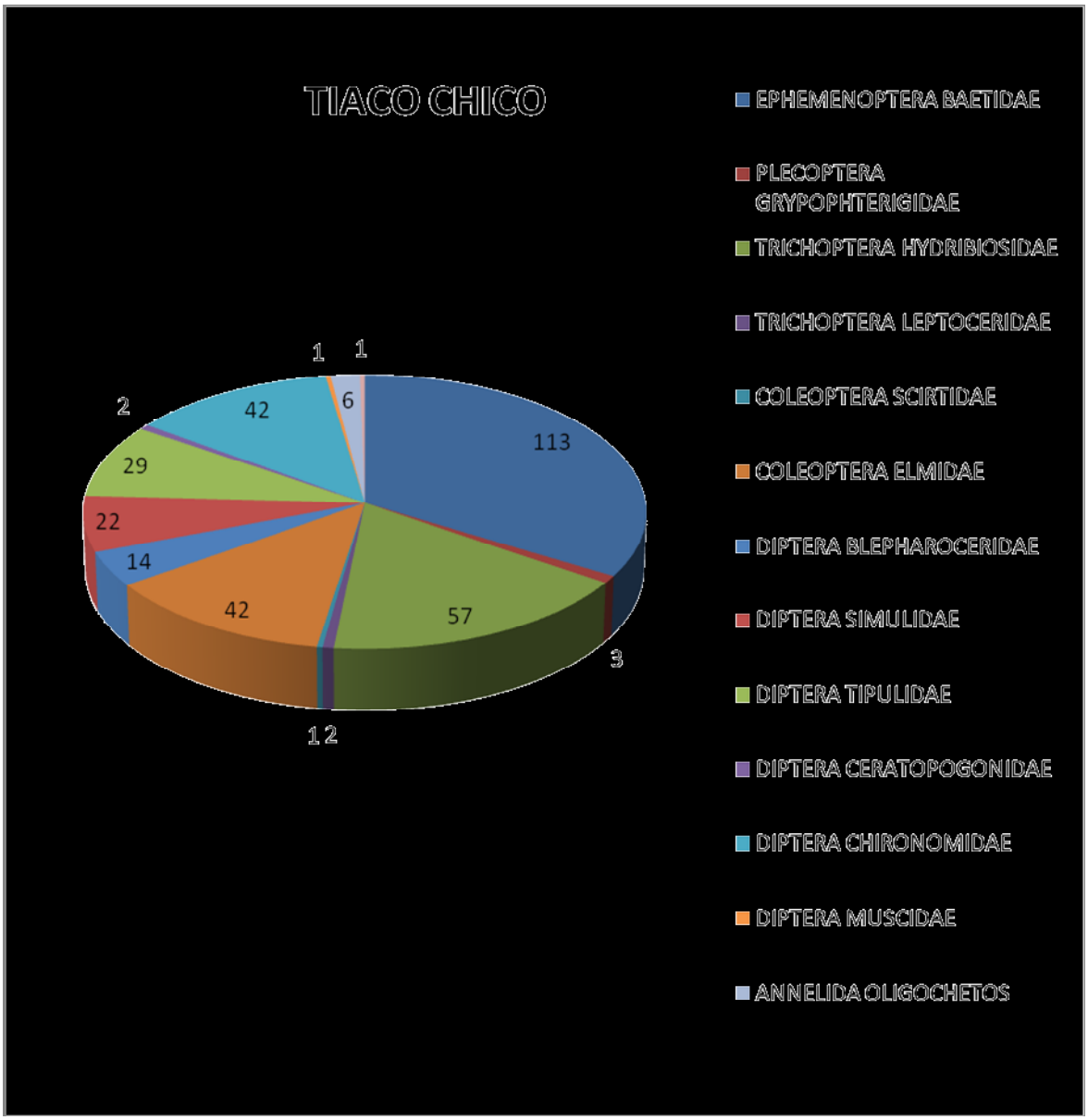
1. Punto de monitoreo río Tiaco Chico

Cuadro 16. Resumen de los macroinvertebrados acuáticos encontrados en el punto de monitoreo RB1 e interpretación con los índices BMWP/Col y EPT

ORDEN	FAMILIA	No. INDIVIDUOS	Valoración
EPHEMENOPTERA	BAETIDAE	113	7
PLECOPTERA	GRYPOPHTERIGIDAE	3	10
TRICHOPTERA	HYDRIBIOSIDAE	57	9
TRICHOPTERA	LEPTOCERIDAE	2	8
COLEOPTERA	SCIRTIDAE	1	7
COLEOPTERA	ELMIDAE	42	6
DIPTERA	BLEPHAROCERIDAE	14	10
DIPTERA	SIMULIDAE	22	8
DIPTERA	TIPULIDAE	29	3
DIPTERA	CERATOPOGONIDAE	2	3
DIPTERA	CHIRONOMIDAE	42	2
DIPTERA	MUSCIDAE	1	2
ANNELIDA	OLIGOCHETOS	6	1
PLANRIA	PLANARIDAE	1	1
No. Total individuos		335	
Índice BMWP/Col			**77**
Significado			**Aceptable**
Índice EPT			**52,24%**
Significado			**Buena**

Fuente: José Luis Yungán. 2008

Gráfico 25. Total de macroinvertebrados acuáticos colectados en el rio Tiaco Chico



En el punto de monitoreo encontramos que el grupo predominante con mayor número de individuos colectados corresponde al orden Ephemenóptera, familia Baetidae, con 113, individuos, estos macroinvertebrados acuáticos tienen un índice de sensibilidad de 7, que significa, de acuerdo a Terneus, TABLA 3, que aceptan muy pocos contaminantes. De acuerdo al índice EPT, TABLA 5, el punto de monitoreo correponde a aguas de calidad BUENA con un 52%, mientras que para el índice BMWP/Col, TABLA 7, corresponde a aguas de calidad ACEPTABLE con 77 puntos.

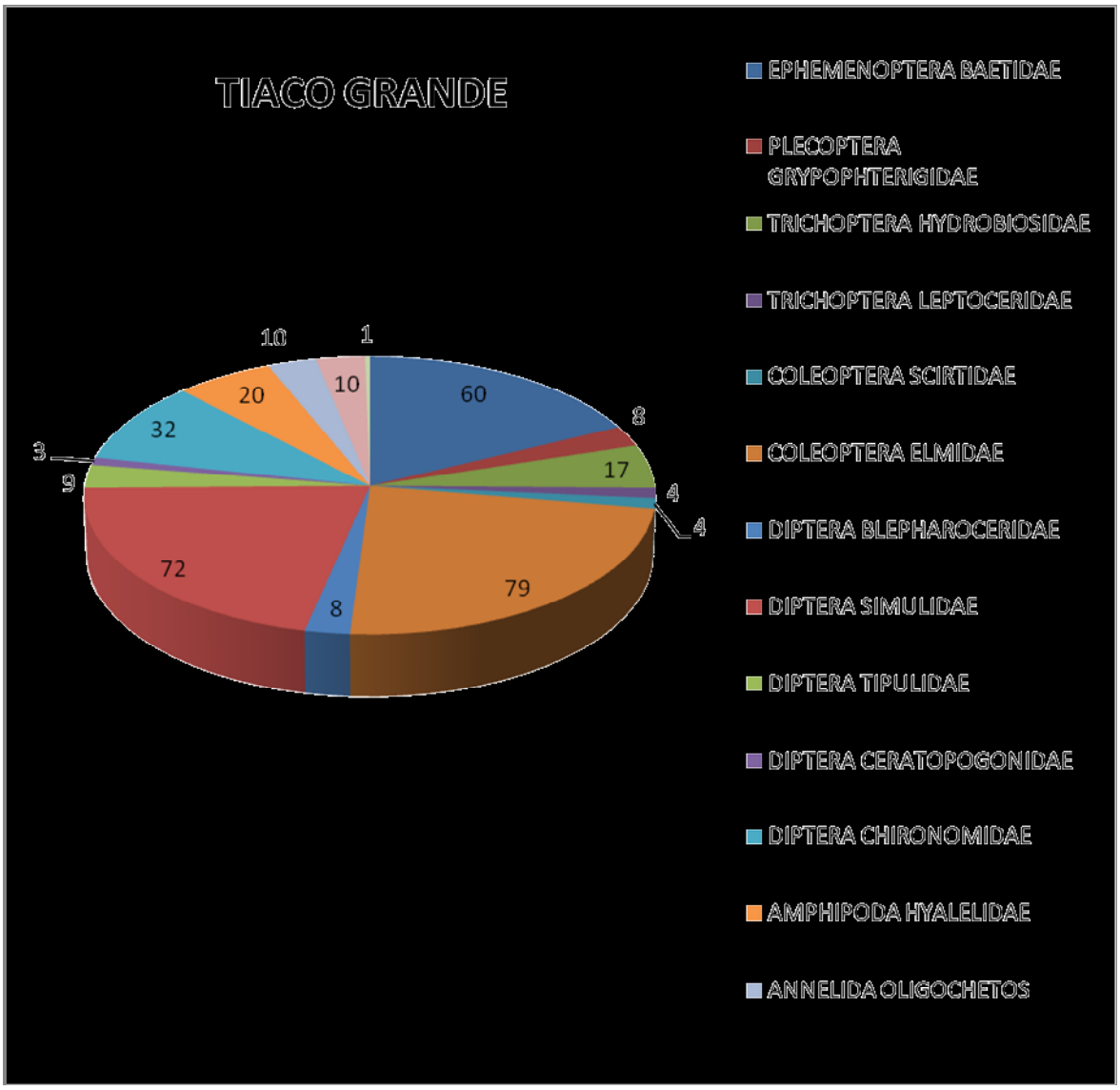
2. Punto de monitoreo rio Tiaco Grande

Cuadro 17. Resumen de los macroinvertebrados acuáticos encontrados en el punto de monitoreo RB2 e interpretación con los índices BMWP/Col y EPT

ORDEN	FAMILIA	No. INDIVIDUOS	Valoración
EPHEMENOPTERA	BAETIDAE	60	7
PLECOPTERA	GRYPOPHTERIGIDAE	8	10
TRICHOPTERA	HYDROBIOSIDAE	17	9
TRICHOPTERA	LEPTOCERIDAE	4	8
COLEOPTERA	SCIRTIDAE	4	7
COLEOPTERA	ELMIDAE	79	6
DIPTERA	BLEPHAROCERIDAE	8	10
DIPTERA	SIMULIDAE	72	8
DIPTERA	TIPULIDAE	9	3
DIPTERA	CERATOPOGONIDAE	3	3
DIPTERA	CHIRONOMIDAE	32	2
AMPHIPODA	HYALELIDAE	20	7
ANNELIDA	OLIGOCHETOS	10	1
ARACNIDOS		10	1
PLANARIA	PLANARIDAE	1	1
No. Total individuos		337	
Índice BMWP/Col			**83**
Significado			**Aceptable**
Índice EPT			**26,41%**
Significado			**Regular**

Fuente: José Luis Yungán. 2008

Gráfico 26. Total de macroinvertebrados acuáticos colectados en el rio Tiaco Grande



En el punto de monitoreo del río Tiaco Grande, tenemos 3 grupos predominantes, con un alto número de individuos colectados. Estos corresponden al orden Coleóptera, familia Elmidae con 79 individuos que tienen un índice de sensibilidad de 6, que significa, de acuerdo a Terneus, TABLA 3, que aceptan pocos contaminantes; el orden Díptera, familia Simulidae con 70 individuos, mismos que tienen un índice de sensiblilidad de 8, que indica, de acuerdo a Terneus, TABLA 3, que aceptan muy pocos contaminantes; y finalmente con 60 individuos colectados, el orden Ephemenóptera, familia Baetidae, con 113, con un índice de sensibilidad de 7, que señala, de acuerdo a Terneus, TABLA 3, que aceptan muy pocos contaminantes.

De acuerdo al índice EPT, TABLA 5, el punto de monitoreo corresponde a aguas de calidad REGULAR con un 26,4%, mientras que para el índice BMWP/Col, TABLA 7, corresponde a aguas de calidad ACEPTABLE con 83 puntos.

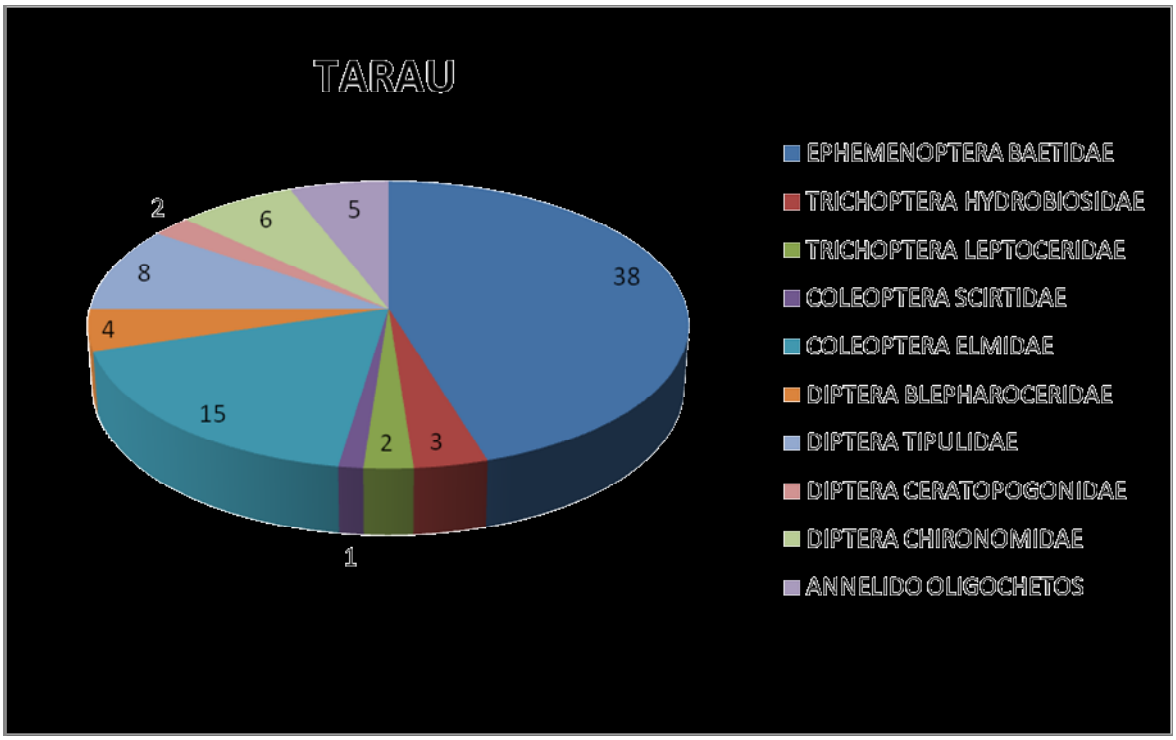
3. Punto de monitoreo río Tarau

Cuadro 18. Resumen de los macroinvertebrados acuáticos encontrados en el punto de monitoreo RB3 e interpretación con los índices BMWP/Col y EPT

ORDEN	FAMILIA	No. INDIVIDUOS	Valoración
EPHEMENOPTERA	BAETIDAE	38	7
TRICHOPTERA	HYDROBIOSIDAE	3	9
TRICHOPTERA	LEPTOCERIDAE	2	8
COLEOPTERA	SCIRTIDAE	1	7
COLEOPTERA	ELMIDAE	15	6
DIPTERA	BLEPHAROCERIDAE	4	10
DIPTERA	TIPULIDAE	8	3
DIPTERA	CERATOPOGONIDAE	2	3
DIPTERA	CHIRONOMIDAE	6	2
ANNELIDO	OLIGOCHETOS	5	1
No. Total individuos		84	
Índice BMWP/Col			**56**
Significado			**Dudosa**
Índice EPT			**51,19%**
Significado			**Buena**

Fuente: José Luis Yungán. 2008

Gráfico 27. Total de macroinvertebrados acuáticos colectados en el río Tarau



En el punto de monitoreo encontramos que el grupo predominante con un mayor número de individuos colectados corresponde al orden Ephemenóptera, familia Baetidae, con 38 individuos, estos macroinvertebrados acuáticos tienen un índice de sensibilidad de 7, que significa, de acuerdo a Terneus, TABLA 3, que aceptan muy pocos contaminantes. De acuerdo al índice EPT, TABLA 5, el punto de monitoreo correponde a aguas de calidad BUENA con un 51,19%, mientras que para el índice BMWP/Col, TABLA 7, corresponde a aguas de calidad DUDOSA con 56 puntos.

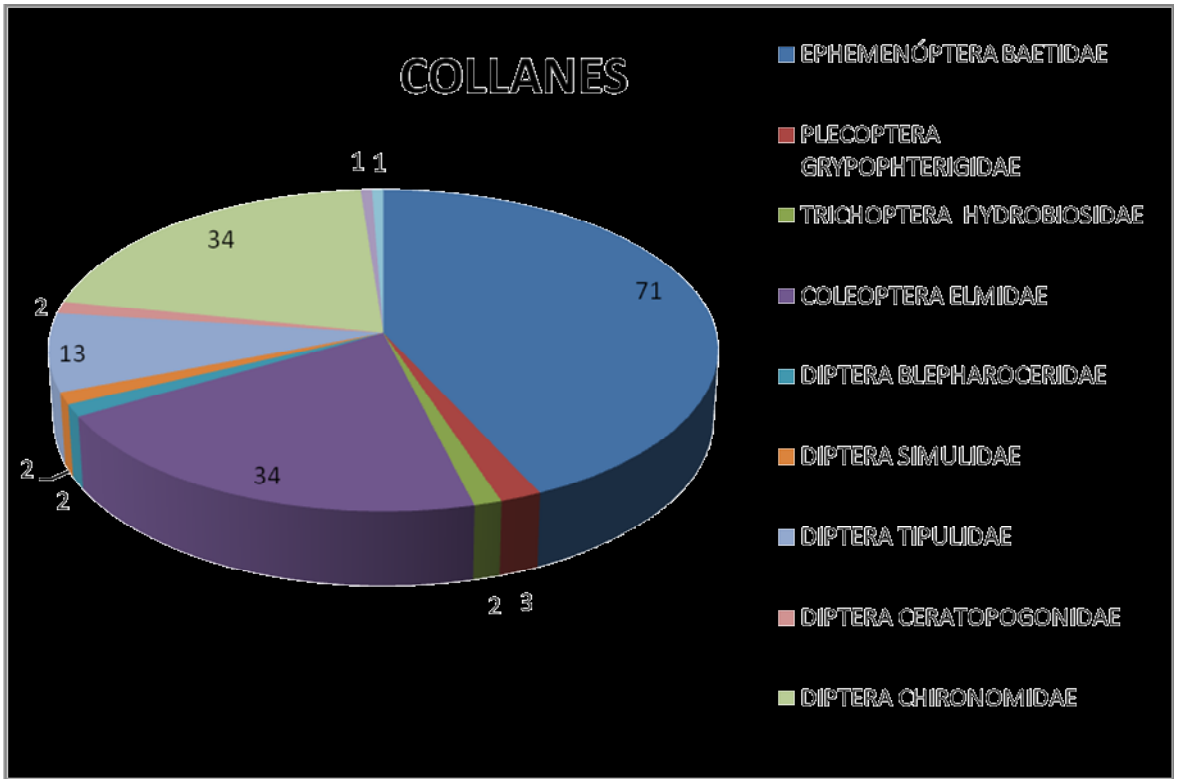
4. Punto de monitoreo río Collanes

Cuadro 19. Resumen de los macroinvertebrados acuáticos encontrados en el punto de monitoreo RB5 e interpretación con los índices BMWP/Col y EPT

ORDEN	FAMILIA	No. INDIVIDUOS	Valoración
EPHEMENÓPTERA	BAETIDAE	71	7
PLECOPTERA	GRYPOPHTERIGIDAE	3	10
TRICHOPTERA	HYDROBIOSIDAE	2	9
COLEOPTERA	ELMIDAE	34	6
DIPTERA	BLEPHAROCERIDAE	2	10
DIPTERA	SIMULIDAE	2	8
DIPTERA	TIPULIDAE	13	3
DIPTERA	CERATOPOGONIDAE	2	3
DIPTERA	CHIRONOMIDAE	34	2
ARAÑAS		1	1
AMPHIPODA	HYALELIDAE	1	7
No. Total individuos		165	
Índice BMWP/Col			**66**
Significado			**Aceptable**
Índice EPT			**46,06%**
Significado			**Regular**

Fuente: José Luis Yungán. 2008

Gráfico 28. Total de macroinvertebrados acuáticos colectados en el río Collanes



En el punto de monitoreo encontramos que el grupo predominante con un mayor número de individuos colectados corresponde al orden Ephemenóptera, familia Baetidae, con 71 individuos, estos macroinvertebrados acuáticos tienen un índice de sensibilidad de 7, que significa, de acuerdo a Terneus, TABLA 3, que aceptan muy pocos contaminantes. De acuerdo al índice EPT, TABLA 5, el punto de monitoreo correponde a aguas de calidad REGULAR con un 46,06 %, mientras que para el índice BMWP/Col, TABLA 7, corresponde a aguas de calidad ACEPTABLE con 66 puntos.

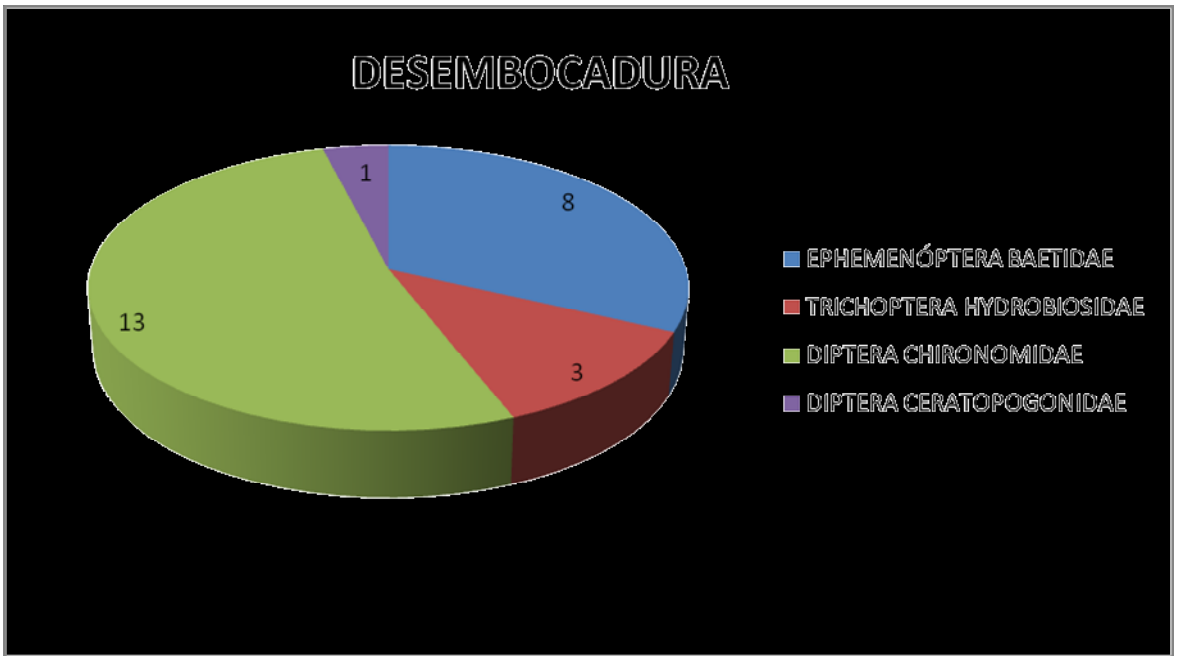
5. Punto de monitoreo desembocadura del rio Blanco

Cuadro 20. Resumen de los macroinvertebrados acuáticos encontrados en el punto de monitoreo RB4 e interpretación con los índices BMWP/Col y EPT

ORDEN	FAMILIA	No. INDIVIDUOS	Valoración
EPHEMENÓPTERA	BAETIDAE	8	7
TRICHOPTERA	HYDROBIOSIDAE	3	9
DIPTERA	CHIRONOMIDAE	13	2
DIPTERA	CERATOPOGONIDAE	1	2
No. Total individuos		25	
Índice BMWP/Col **Significado**			**20** **Crítica**
Índice EPT			**44,00%** **Regular**

Fuente: José Luis Yungán. 2008

Gráfico 29. Total de macroinvertebrados acuáticos colectados en la desembocadura del río Blanco



En el punto de monitoreo encontramos que el grupo predominante con un mayor número de individuos colectados corresponde al orden Díptera, familia Chironomidae, con 71 individuos, estos macroinvertebrados acuáticos tienen un índice de sensibilidad de 2, que

significa, de acuerdo a Terneus, TABLA 3, que aceptan o toleran aguas muy contaminadas. De acuerdo al índice EPT, TABLA 5, el punto de monitoreo correponde a aguas de calidad REGULAR con un 44 %, mientras que para el índice BMWP/Col, TABLA 7, corresponde a aguas de calidad CRITICA con 20 puntos.

Gráfico 30. Índice de calidad del agua EPT para los puntos de monitoreo de la microcuenca del río Blanco

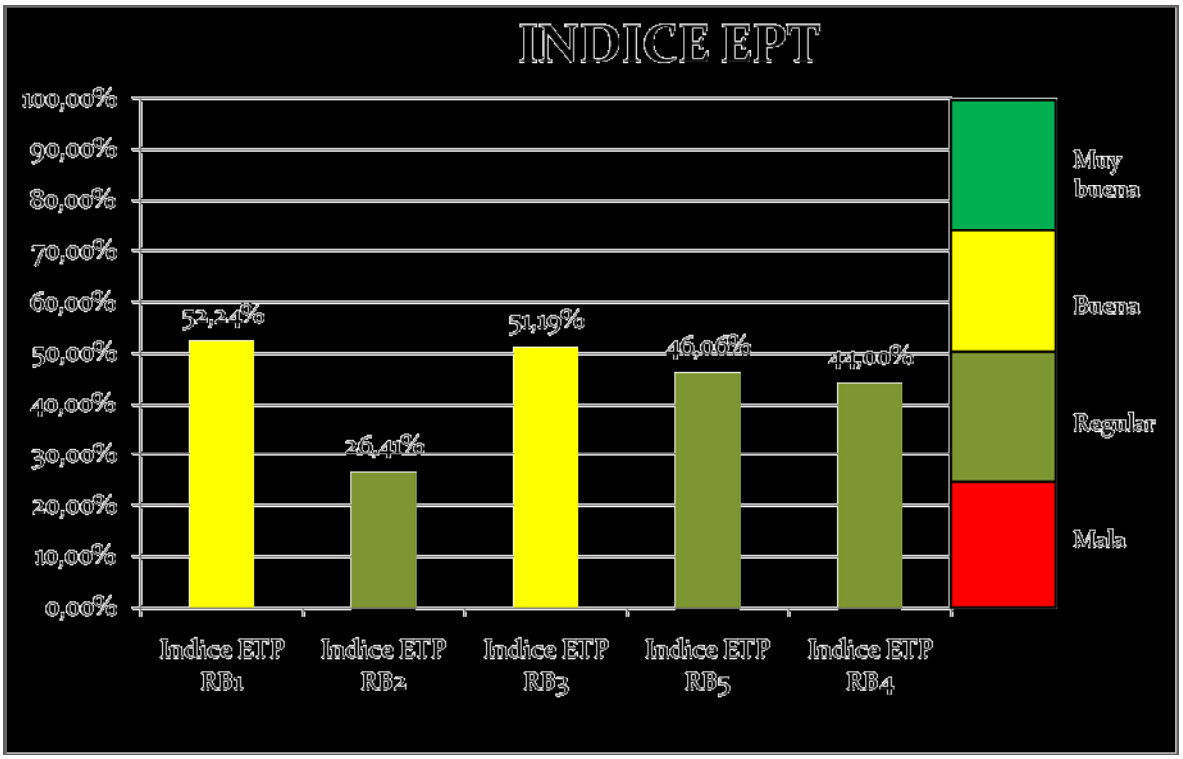
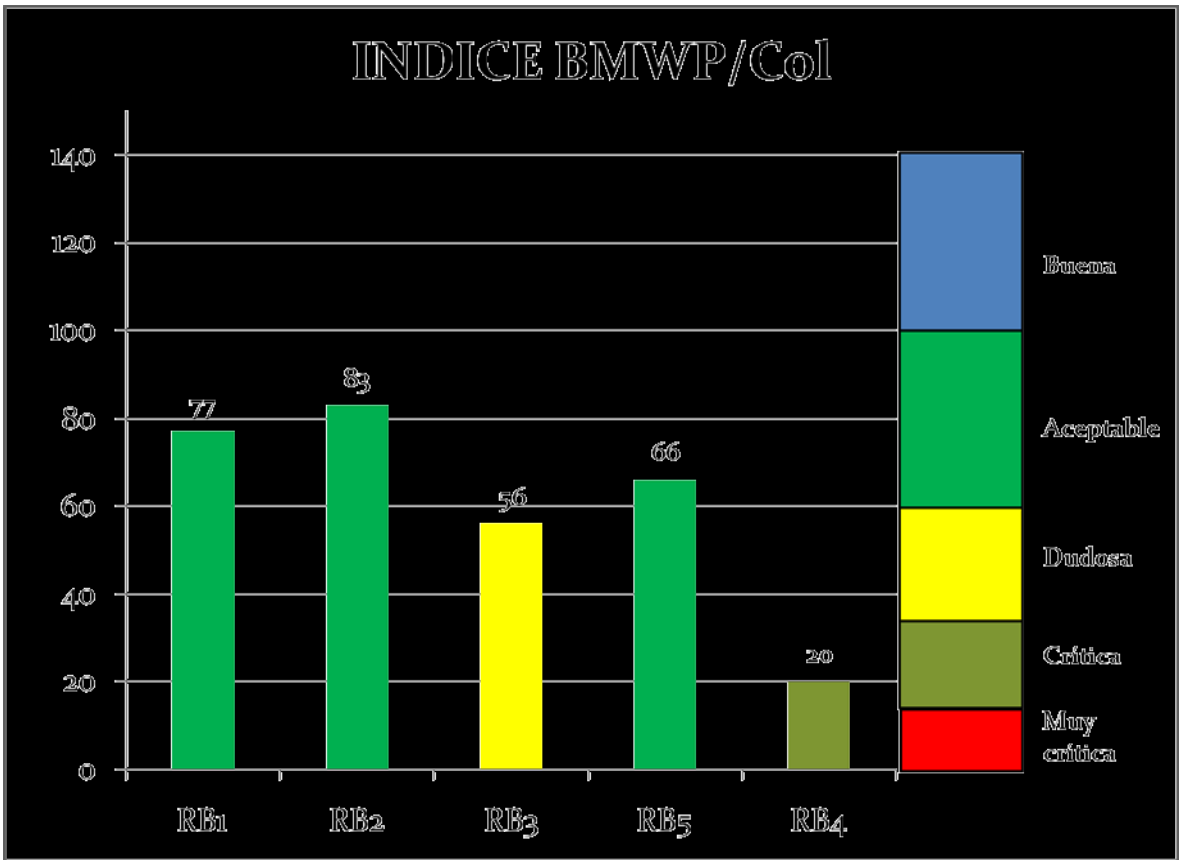


Gráfico 31. Índice de calidad del agua BMWP/Col para los puntos de monitoreo de la microcuenca del río Blanco



F. CAUSAS DE LA DEGRADACIÓN Y ALTERNATIVAS DE MANEJO

1. <u>Actividades antrópicas</u>

a. Actividades agrícolas

En toda la microcuenca se desarrollan actividades agrícolas. En la zona de amortiguamiento donde se ubican los ríos Tiaco Chico y Tiaco Grande existen sembríos de habas y papas principalmente, para ello han tenido que intervenir el pajonal y el bosque primario para establecer las parcelas de producción, sin que se haya encontrado en el agua presencia de contaminantes como fosfatos, únicamente en el primer muestreo en el río Tiaco Chico se tubo la presencia de nitratos, volviendo los valores a cero en las 2

mediciones subsiguientes. En la parte media donde se ubica el rio Collanes existe cultivos de papa, habas y alcachofas, en este punto de monitoreo no se encontró presencia de fosfatos ni nitratos. En la parte baja donde se ubica el rio Tarau existen cultivos de papas, maíz, y tomate de árbol, tampoco tuvimos la presencia de contaminación por nutrientes. Finalmente en la desembocadura donde confluye toda la dinámica del río Blanco y sus afluentes hubo presencia de nitratos, y no de fosfatos. En sectores aledaños existe la presencia de cultivos como papas, tomate de árbol, frutales y florícolas.

Desde la zona media hacia abajo también se puede apreciar zonas geológicamente inestables, en donde existe una continua pérdida de suelo como resultado de las prácticas agrícolas en fuertes pendientes, riegos inadecuados, y también por la eliminación de la cobertura vegetal original, para implementar dichos cultivos.

b. Actividades ganaderas

Al igual que las actividades agrícolas, las ganaderas también se desarrollan en prácticamente toda la microcuenca, hay que mencionar que el ganado tiene libre acceso a las fuentes de agua, al igual que sus excretas. Un problema colateral a la ganadería es la quema del pasto seco para permitir la producción de rebrotes que sirven para la alimentación del ganado.

c. Actividades forestales

En la parte alta de la microcuenca existe un problema muy particular, hace algunos años se instalo en la Asociación Zoila Martínez un bosque de pino, para lo cual se destruyo el bosque primario y el pajonal, hoy en día este bosque constituye un problema, ya que no ha tenido un manejo adecuado como son las podas y raleos, además que no se lo puede explotar por la dificultad del acceso. En el resto de la microcuenca existen algunos bosques pequeños de pino y eucalipto que en la actualidad algunos se los está reemplazando con arboles nativos por un proyecto generado desde el Consejo Provincial de Chimborazo.

d. Actividades turísticas

La parte alta de la microcuenca se encuentra ubicado en la zona de amortiguamiento y formando parte del Parque Nacional Sangay, por lo cual constituye una zona turística debido al paisajes, nevados, flora y fauna que se puede apreciar. Con el fin de controlar esta actividad existen 2 puntos de control del ministerio del ambiente, el uno está ubicado en la parroquia La Candelaria y la otra en la asociación Zoila Martínez, en estos puntos se registra el ingreso de los turistas. El principal efecto que se aprecia por esta actividad es la basura que se arroja a lo largo de los senderos, así tenemos botellas, fundas, papeles que no se descomponen, o lo hacen muy lentamente.

e. Asentamientos humanos

A lo largo de las dos márgenes se ubican asentamientos humanos desde la parte alta hasta la desembocadura del río Blanco. Así tenemos la asociación Zoila Martínez, Chiniloma, Sali, Rayos del Sol, La Tronca, Chical Pucará, Verde Pamba, Laguna san Martín, Chañag San Miguel, Palacio San Francisco, Releche, La Candelaria, Comunidad Tarau y Río Blanco sin que se haya podido identificar una descarga puntual hacia los ríos en ninguno de estos asentamientos, a excepción de la parroquia la Candelaria.

2. Alternativas de manejo

a. Actividades agrícolas

Las alternativas a seguir para evitar la incidencia de las actividades agrícolas en la calidad del agua son las siguientes:

En primer lugar el respeto de los límites de la frontera agrícola, la cual no debe superar los 3.500 m.s.n.m. De hecho en el documento final del Consorcio institucional para el manejo integral de la microcuenca del río Blanco, existe el compromiso de las comunidades del margen izquierdo de la microcuenca de abstenerse de emplear el páramo para realizar actividades agropecuarias, y si se lo realiza en alturas comprendidas entre los 3500 y 3700 m.s.n.m. se comprometen a realizar prácticas de conservación de suelos.

Además se debe implementar prácticas de conservación de suelos con la creación de terrazas, cortinas rompevientos, barreras vivías, zanjas de infiltración, etc. En cuanto al riego se debe implementar sistemas que eviten la erosión hídrica y la consecuente formación de cárcavas, como por ejemplo el riego por goteo.

En cuanto al uso de pesticidas y abonos químicos, por ser una zona de un delicado equilibrio, se plantea el no uso de productos de etiqueta roja, que afortunadamente se están tomando los correctivos necesarios en el país para erradicar su utilización. En cuanto a los abonos es necesario el empleo de fertilizantes de máximo aprovechamiento, es decir que no se lixivien o se volatilicen, es mejor orientar a la zona de la microcuenca a una agricultura de tipo ecológica, realizando abonos orgánicos como compost, bocashi, bioles, humus, etc. En cuanto a estos aspectos, también existe un compromiso por parte de las comunidades que forman el Consorcio institucional para el manejo integral de la microcuenca del río Blanco.

b. Actividades pecuarias

Las alternativas en cuanto a las actividades pecuarias para evitar el deterioro de la calidad del agua son las siguientes:

Respetar los límites de la capacidad de carga animal para los páramos, que para el caso del ganado bobino es de 2 cabezas por hectárea. Además de ello es importante que los animales no estén en contacto con las fuentes de agua, sino que se deberían construir abrevaderos que no tengan contacto con los causes naturales.

Otra alternativa que debería verificarse su factibilidad es la introducción de especies propias de los páramos y que tienen bajo impacto sobre este como es el caso de los Camélidos Sudamericanos.

c. Actividades forestales

Es primordial no eliminar el bosque primario bajo ningún concepto, ni con fines agrícolas, pecuarios ni silvopastoriles, evitando la plantación de especies exóticas. En cuanto al bosque de pino existente en la parte alta hay que tomar en cuenta que es un bosque ya

desarrollado, y que como dijimos no ha sido manejado, en este caso lo primero que se debería hacer es crear caminos cortafuego y planificar quemas controladas, debido a que el querer explotarlos con fines maderables es una actividad mucho más complicada, en caso de querer hacerlo se debería buscar el apoyo de organismos vinculados al ambiente para extraer dicha madera con el menor impacto posible sobre este ecosistema, pero el costo para aquello sería muy alto.

Finalmente se debe seguir con los programas de reforestación con especies nativas que se ha venido desarrollando en los últimos años en la zona.

d. Actividades turísticas

La actividad turística es inherente a la zona, por lo cual se deben tomar alternativas de manejo de esta actividad que eviten la contaminación de las aguas.

Se deben construir senderos adecuados con el menor impacto sobre la flora y fauna de la zona, y debe cumplirse el compromiso de contar con personas de la comunidad que controlen y eviten que se arrojen desperdicios en las fuentes de agua.

e. Asentamientos humanos

Este quizá es el punto más neurálgico, ya que el asentamiento humano implica el desarrollo de actividades que muchas veces no son las más adecuadas en estos ecosistemas, y que finalmente es el punto de partida para todos los aspectos que se han abordado anteriormente, del ser humano depende las actividades agropecuarias, silviculturales, y turísticas, es por ello que la alternativa es la capacitación a actores de la microcuenca, para que exista el cuidado adecuado de las fuentes de agua y de la flora y fauna de la microcuenca en general.

En cuanto a las descargas puntuales en los ríos, en el caso de la parroquia de La Candelaria, se debe establecer un programa de tratamiento mínimo de las aguas residuales, ya sea por golpeteo, lagunas de aireación, etc.

VI. CONCLUSIONES

- La microcuenca del río blanco tiene 4 afluentes principales: 2 en la parte alta que son el Tiaco Chico y el Tiaco Grande, uno en la parte media el Collanes y uno en la parte baja el Tarau, además, a lo largo de todo el recorrido del cauce del río Blanco, existen afluentes menores que aportan pequeños caudales.

- Los valores de temperatura monitoreados se ubicaron entre 8 y 13 °C, esto corresponde a rangos normales de temperatura para aguas de altura que no debe ser mayor a 20 ºC, esto nos indica que no existe contaminación por descargas temperadas.

- En cuanto al pH, los afluentes monitoreados presentaron valores entre 7 y 7,5; lo cual nos indica que los puntos monitoreados se encuentran dentro de los parámetros normales que son entre 6 y 9, es decir, no existe contaminación por fuentes ácidas o básicas.

- La concentraciones de oxígeno disuelto presentadas en el monitoreo entre 6,5 y 7,7 se encuentran dentro de los límites permisibles para aguas de montaña, que no puede ser menor a 6 ppm; sin embargo son muy bajos para aguas de montaña.

- No existe presencia de contaminación de fosfatos, que principalmente se dan por lixiviación y escurrimiento de fertilizantes fosfatados, en el caso de nitratos se encontraron en la desembocadura y en el río Tiaco Chico, pero se encuentran en concentraciones bajas.

- La conductividad, la salinidad y los sólidos disueltos son parámetros correlacionados, debido a que la conductividad refleja la concentración de sales y sólidos disueltos en el agua, estos valores están dentro de los parámetros normales. Las conductividades altas mayores a 1000 ppm nos indica aguas contaminadas.

- Existe contaminación por pérdida de suelo en los ríos Tarau y Collanes, lo que se refleja en la desembocadura en los parámetros de sólidos en suspensión y turbidez.

- En la desembocadura existe la presencia de coliformes fecales, lo que refleja contaminación por desechos fecales humanos o animales que excede la norma para aguas de consumo humano.

- El monitoreo biológico mediante el empleo de bioindicadores acuáticos utilizando los índices de calidad biológicos, determinaron diferentes tipos de calidad de agua en cada punto de monitoreo. Así tenemos que para el índice de calidad de agua BMWP/col, los puntos de monitoreo de los ríos Tiaco Chic, Tiaco Grande y Collanes, son considerados de aguas de calidad ACEPTABLE, el Tarau DUDOSO y la desembocadura CRÍTICA. Para el índice de calidad EPT, los ríos Tiaco Chico y tarau correponden a aguas de calidad BUENA, mientras que los ríos Tiaco Grande, Collanes y desembocadura corresponden a aguas de calidad REGULAR.

- De acuerdo al Índice de Calidad del Agua ICA, todos los afluentes de la microcuenca del río Blanco se encuentran consideradas como aguas de calidad BUENA, mientras que la desembocadura corresponde a un grado de calidad REGULAR.

- Las actividades inadeciadas del hombre, en la agricultura, la ganadería, el turismo, las actividades silvopastoriles y en los asentamientos humanos han generado cambios en la calidad del agua de la microcuenca, los efectos se manifiestan en mayor medida en la desembocadura del río blanco.

VII. RECOMENDACIONES

- En la zona de influencia de la microcuenca del río Blanco se debe continuar con los procesos de capacitación a los actores locales, los cuales a fin de cuentas son los responsables directos del mantenimiento de la calidad del agua en la zona y del cuidado de este ecosistema.

- Se debe retomar y fortalecer los procesos iniciados por el Consorcio interinstitucional para el manejo integral de la microcuenca del río Blanco, y que en estos procesos se incluya a las comunidades que se encuentran a la margen derecha, puesto que en esta margen existen 2 afluentes importantes.

- Se recomienda realizar un plan de manejo más amplio, de los contaminantes de la microcuenca de mayor importancia, como los asentamientos humanos, la pérdida de suelo por lixiviación y erosión, la agricultura y ganadería, así como el turismo

- Se debe realizar un control mucho más adecuado a los turistas que visitan la microcuenca, y darles recomendaciones de cuidado de la microcuenca como el hecho de no arrojar basura en los senderos, para ello se debería intensificar las acciones de los 2 puestos de control del Ministerio del Ambiente que existen en la zona.

- Para posteriores estudios de la calidad del agua mediante el empleo de bioindicadores como son los macroinvertebrados acuáticos, es recomendable emplear el Índice de Calidad BMWP/Col, por ser un índice que incluye a todos los individuos que se colectan en el río.

- Se debe adaptar el índice de calidad BMWP a aguas de montaña, ya que nosotros hemos utilizado un sistema que es utilizado para aguas de clima templado y cálido.

- Desarrollar más investigaciónes sobre la calidad del agua en nuestro país y socializarla, ya que la información acerca de estos temas es muy escasa.

- Se recomienda ejecutar un estudio de calidad de agua que permita determinar cuál es el comportamiento de la calidad del agua en diferentes condiciones de precipitación, esto solo se puede conseguir monitoreando permanentemente la microcuenca durante mínimo 2 años.

VIII. RESUMEN

En la presente investigación se propuso: el estudio de la calidad del agua en los afluentes de la Microcuenca del Río Blanco, para determinar las causas de la degradación y alternativas de manejo, en la Provincia de Chimborazo. Se muestrearon 5 puntos entre los 2423 y 3614 msnm. Haciendo mediciones fisicoquímicas cuyos valores promedios son: Temperatura (10,6°C), pH (7,19), oxígeno disuelto (7,17ppm), nitratos (0,59ppm) fosfatos (0ppm), conductividad (175,25µS/cm), salinidad (76,90ppm), alcalinidad (82,33ppm), turbidez (10,33JTU), TDS (106,50mg/L) DBO (13,68mg/L). Mediante la interrelación de los valores fisicoquímicos obtuvimos el índice de calidad de agua (ICA). Presentando una calidad de agua buena para los afluentes y regular en la desembocadura. Se ha estimado la calidad del agua mediante el empleo de bioindicadores (macroinvertebrados), en dónde según el índice EPT existe una calidad de agua buena y regular; y mediante el índice BMWP/Col presento rangos de calidad de agua aceptable, dudosa y crítica. Se recolectaron un total de 946 individuos, pertenecientes a 8 órdenes y 15 familias de macroinvertebrados. La familia más abundante y de amplia distribución fue *Baetidae*, seguida por *Elmidae* y *Chironomidae*. Además se reportan las familias *Siimulidae, Tipulidae, Hidrobiosidae, Blepharoceridae, Gripopterygidae, Leptoceridae, Ceratopogonidae, Scirtidae, Muscidae, Planaridae, Hyalelidae* y oligoqueto. Las actividades antrópicas en la zona han determinado cambios en la calidad del agua, por lo que mencionamos algunas alternativas de manejo para proteger la zona: desarrollar buenas prácticas agrícolas y de conservación de suelos, controlar la crianza de animales, control del turismo, reforestación con plantas nativas, manejo de las aguas residuales del urbanismo.

IX. SUMMARY

This investigation proposed: a study on water quality for de Rio Blanco microbasin tributaries, to determine causes of degradation and handling alternatives, in Chimborazo Province. There been 5 sampling spots between the 2423 and 3614 meters above sea level, Making physical and chemical measurements, the main values were: Temperature (10,6°C), pH (7,19), dissolved oxygen (7,17ppm), nitrates (0,59ppm) phosphates (0ppm), conductivity (175,25µS/cm), salinity (76,90ppm), alkalinity (82,33ppm), turbidity (10,33JTU), TDS (106,50mg/L) DBO (13,68mg/L). Water quality factor was obtained by the connection of physical and chemical values. It is important to have a good quality for tributaries and control on the estuaries. It has been estimated the water quality using biological indicators (macroinvertebrates). The EPT analysis showed a good and regular water quality, and the BMWP/Col index presented acceptable, doubtful and critical water quality levels. There were been collected 946 individual, those belong to 8 macroinvertebrates orders and 15 families. The most aboundant family and widely distributed was the *Baetidae*, followed by *Elmidae* and *Chironomidae*. As well to the families *Siimulidae, Tipulidae, Hidrobiosidae, Blepharoceridae, Gripopterygidae, Leptoceridae, Ceratopogonidae, Scirtidae, Muscidae, Planaridae, Hyalelidae* and oligoqueto. Anthropic activity in the zone determined some handling alternatives to protect this environment: Develop good agricultural practices and soil preserving, control the cattle breeding, control tourism activity, reforest with native vegetation, handle urban blackwater.

X. BIBLIOGRAFÍA

1. CALLES, J. A. 2007. Manual básico de monitoreo de la calidad del agua. Monitoreo físico-químico, microbiológico, biológico e hidrológico. Fundación Natura-Programa GLOWS. Quito. Ecuador.

2. CARRERA, C, y FIERRO, K. 2001. Manual de monitoreo: las macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad de agua. EcoCiencia. Quito.

2. CONSORCIO INTERINSTITUCIONAL PARA EL MANEJO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO BLANCO CHIMBORAZO. 2004-2005. Plan de manejo de la margen izquierda de la microcuenca del Río Blanco. Quimiag - Ecuador.

3. FUNDACIÓN NATURA. Guía para el monitoreo de la calidad de agua de corrientes superficiales dirigido a municipios medianos y pequeños del Ecuador. Ecuador.

4. Microsoft ® Encarta ® 2008. © 1993-2007 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

5. TERNEUS, E, VÁSCONEZ, J, CARRASCO, C, y ROSERO, D. 2003. Manual básico aplicado al estudio de la hidrobiología. Fundación para la investigación y conservación de los ecosistemas acuáticos. Quito-Ecuador.

6. ROLDAN, G. 1992. Fundamentos de la Limnología neotropical. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín – Colombia.

7. ROMERO, J. 2002. Calidad de agua. Primera Edición. Editorial Nomos S.A. Bogotá – Colombia.

8. SANTA OLLA, F, LÓPEZ, P, CALERO, A. 2005. Agua y Agronomía. Ediciones Mundi-prensa. España.

9. WHEATON, F. 1987. Acuacultura. Diseño y construcción de sistemas. AGT Editor, S.A. México.

10. STEVENS INSTITUTE OF TECHNOLOGY. 2006. Center for Innovation in Engineering and Science Education (CIESE). http://www.ciese.org/curriculum/dipproj2/es/fieldbook/fosfato.shtml

11. INFOAGRO SYSTEMS. Capitán Haya, 60, 3º, 28020, Madrid, España. http://www.infoagro.com/instrumentos_medida/doc_conductividad_electrica.asp?k=53

12. MUÑOZ-COBO, M. 2005. Cultivo del olivo con riego localizado. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Consejería de Agricultura y Pesca. Sistema de Asistencia al Regante de Andalucía (SAR). http://www.juntadeandalucia.es/innovacioncienciayempresa/ifapa/sar/contents/es/info/infoTecnica/calidad/salinidad.pdf

13. FARIÑA-MEDINA. 1979, 2000. Lenntech Agua residual & purificación del aire Holding B.V. http://www.lenntech.es/desalacion/desalacion.htm#ixzz0UuD80uyp

14. LEÓN VIZCAÍNO, L. Indices de Calidad del Agua (ICA), forma de estimarlos y aplicación en la cuenca Lerma-Chapala. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Paseo Cuauhnáhuac # 8532. Jiutepec, Morelos, México. http://www.science.uwaterloo.ca/~lfleonvi/artics/art09.pdf

IX. ANEXOS

Anexo 1. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/L	0,3
Aluminio	Al	mg/L	0,2
Amoniaco	N-Amoniacal	mg/L	1,0
Amonio	NH_4	mg/L	0,05
Arsénico (total)	As	mg/L	0,05
Bario	Ba	mg/L	1,0
Cadmio	Cd	mg/L	0,01
Cianuro (total)	CN^-	mg/L	0,1
Cloruro	Cl	mg/L	250
Cobre	Cu	mg/L	1,0
Coliformes Totales	nmp/100 ml		3 000
Coliformes Fecales	nmp/100 ml		600
Color	color real	unidades de color	100
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/L	0,002
Cromo hexavalente	Cr^{+6}	mg/L	0,05
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO_5	mg/L	2,0
Dureza	$CaCO_3$	mg/L	500
Bifenilo policlorados/PCBs	Concentración de PCBs totales	µg/L	0,0005
Fluoruro (total)	F	mg/L	1,5
Hierro (total)	Fe	mg/L	1,0
Manganeso (total)	Mn	mg/L	0,1
Materia flotante			**Ausencia**
Mercurio (total)	Hg	mg/L	0,001
Nitrato	N-Nitrato	mg/L	10,0
Nitrito	N-Nitrito	mg/L	1,0
Olor y sabor			Es permitido olor y sabor removible por tratamiento convencional
Oxígeno disuelto	O.D.	mg/L	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6mg/L
Plata (total)	Ag	mg/L	0,05
Plomo (total)	Pb	mg/L	0,05
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio (total)	Se	mg/L	0,01
Sodio	Na	mg/L	200
Sólidos disueltos totales		mg/l	1 000
Sulfatos	$SO_4^=$	mg/l	400
Temperatura		°C	Condición Natural $_+$ o – 3 grados
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Turbiedad		UTN	100
Zinc	Zn	mg/l	5,0

Productos para la desinfección		mg/L	0,1
Hidrocarburos Aromáticos			
Benceno	C_6H_6	µg/l	10,0
Benzo(a) pireno		µg/L	0,01
Etilbenceno		µg/L	700
Estireno		µg/L	100
Tolueno		µg/L	1 000
Xilenos (totales)		µg/L	10 000
Pesticidas y herbicidas			
Carbamatos totales	Concentración de carbamatos totales	mg/L	0,1
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/L	0,01
Organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales	mg/L	0,1
Dibromocloropropano (DBCP)	Concentración total de DBCP	µg/L	0,2
Dibromoetileno (DBE)	Concentración total de DBE	µg/L	0,05
Dicloropropano (1,2)	Concentración total de dicloropropano	µg/L	5
Diquat		µg/L	70
Glifosato		µg/L	200
Toxafeno		µg/L	5
Compuestos Halogenados			
Tetracloruro de carbono		µg/L	3
Dicloroetano (1,2-)		µg/L	10
Dicloroetileno (1,1-)		µg/L	0,3
Dicloroetileno (1,2-cis)		µg/L	70
Dicloroetileno (1,2-trans)		µg/L	100
Diclorometano		µg/L	50
Tetracloroetileno		µg/L	10
Tricloroetano (1,1,1-)		µg/L	200
Tricloroetileno		µg/L	30
Clorobenceno		µg/L	100
Diclorobenceno (1,2-)		µg/L	200
Diclorobenceno (1,4-)		µg/L	5
Hexaclorobenceno		µg/L	0,01
Bromoximil		µg/L	5
Diclorometano		µg/L	50
Tribrometano		µg/L	2

Fuente: Normativo TULAS

Nota: Productos para la desinfección: Cloroformo, Bromodiclorometano, Dibromoclorometano y Bromoformo.

Anexo 2. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieran desinfección.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/L	0,3
Aluminio total	Al	mg/L	0,1
Amoniaco	N-amoniacal	mg/L	1,0
Arsénico (total)	As	mg/L	0,05
Bario	Ba	mg/L	1,0
Berilio	Be	mg/L	0,1
Boro (total)	B	mg/L	0,75
Cadmio	Cd	mg/L	0,001
Cianuro (total)	CN^-	mg/L	0,01
Cobalto	Co	mg/L	0,2
Cobre	Cu	mg/L	1,0
Color	color real	Unidades de color	20
Coliformes Totales		nmp/100 ml	50*
Cloruros	Cl^-	mg/L	250
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/L	0,002
Cromo hexavalente	Cr^{+6}	mg/L	0,05
Compuestos fenólicos	Expresado 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
Dureza	$CaCO_3$	mg/L	500
Estaño	Sn	mg/L	2,0
Fluoruros	F	mg/L	Menor a 1,4
Hierro (total)	Fe	mg/L	0,3
Litio	Li	mg/L	2,5
Manganeso (total)	Mn	mg/L	0,1
Materia Flotante			**Ausencia**
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
Olor y sabor			**Ausencia**
Oxígeno disuelto	O.D	mg/L	No menor al 80% del 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 de Hidrógeno	pH		6-9
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		Condición Natural +/- 3 grados
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/L	0,5
Turbiedad		UTN	10
Uranio Total		mg/L	0,02
Vanadio	V	mg/L	0,1

Zinc	Zn	mg/L	5,0
Hidrocarburos Aromáticos			
Benceno	C_6H_6	mg/L	0,01
Benzo-a- pireno		mg/L	0,00001
Pesticidas y Herbicidas			
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/L	0,01
Organofosforados y carbamatos	Concentración de organofosforados y carbamatos totales.	mg/L	0,1
Toxafeno		µg/L	0,01
Compuestos Halogenados			
Tetracloruro de carbono		mg/L	0,003
Dicloroetano (1,2-)		mg/L	0,01
Tricloroetano (1,1,1-)		mg/L	0,3

Fuente: Normativo TULAS

Nota: *Cuando se observe que más del 40% de las bacterias coliformes representadas por el Índice NMP, pertenecen al grupo coliforme fecal, se aplicará tratamiento convencional al agua a emplearse para el consumo humano y doméstico.

Anexo 3. Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible		
			Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Clorofenoles		mg/L	0,5	0,5	0,5
Bifenilos policlorados/PCBs	Concentración total de PCBs.	mg/L	0,001	0,001	0,001
Oxígeno Disuelto	O.D.	mg/L	No menor al 80% y no menor a 6 mg/L	No menor al 60% y no menor a 5 mg/L	No menor al 60% y no menor a 5 mg/L
Potencial de hidrógeno	pH		6, 5-9	6, 5-9	6, 5-9, 5
Sulfuro de hidrógeno ionizado	H_2S	mg/L	0,0002	0,0002	0,0002
Amoniaco	NH_3	mg/L	0,02	0,02	0,4
Aluminio	Al	mg/L	0,1	0,1	1,5
Arsénico	As	mg/L	0,05	0,05	0,05
Bario	Ba	mg/L	1,0	1,0	1,0
Berilio	Be	mg/L	0,1	0,1	1,5
Boro	B	mg/L	0,75	0,75	5,0
Cadmio	Cd	mg/L	0,001	0,001	0,005
Cianuro Libre	CN^-	mg/L	0,01	0,01	0,01
Zinc	Zn	mg/L	0,18	0,18	0,17
Cloro residual	Cl	mg/L	0,01	0,01	0,01
Estaño	Sn	mg/L			2,00
Cobalto	Co	mg/L	0,2	0,2	0,2
Plomo	Pb	mg/L			0,01
Cobre	Cu	mg/L	0,02	0,02	0,05
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/L	0,5	0,5	0,5
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)	Concentración total de HAPs	mg/L	0,0003	0,0003	0,0003
Manganeso	Mn	mg/L	0,1	0,1	0,1
Materia flotante	visible		**Ausencia**	**Ausencia**	**Ausencia**
Mercurio	Hg	mg/L	0,0002	0,0002	0,0001
Níquel	Ni	mg/L	0,025	0,025	0,1
Plaguicidas organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	µg/L	10,0	10,0	10,0
Plaguicidas organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales	µg/L	10,0	10,0	10,0
Piretroides	Concentración de piretroides totales	mg/L	0,05	0,05	0,05
Plata	Ag	mg/L	0,01	0,01	0,005
Selenio	Se	mg/L	0,01	0,01	0,01
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/L	0,5	0,5	0,5
Temperatura	°C		Condiciones naturales + 3	Condiciones naturales + 3	Condiciones naturales + 3
Coliformes Fecales		nmp/100 ml	Máxima 20 200	Máxima 32 200	Máxima 32 200

Fuente: Normativo TULAS

Anexo 4. Límites máximos permisibles adicionales para la interpretación de la calidad de las aguas.

Parámetros	Unidad	Límite máximo permisible	
		Agua marina	Agua dulce
Acenaftileno	µg/L	7	2
Acrilonitrilo	µg/l		26
Acroleina	µg/L	0,05	0,2
Antimonio (total)	µg/l		16
Benceno	µg/L	7	300
BHC-ALFA	µg/L		0,01
BHC-BETA	µg/L		0,01
BHC-DELTA	µg/L		0,01
Clorobenceno	µg/L		15
Clorofenol (2-)	µg/L	30	7
Diclorobenceno	µg/L	2	2,5
Diclorobenceno (1,4-)	µg/L		4
Dicloroetano (1,2-)	µg/L	113	200
Dicloroetilenos	µg/L	224	12
Dicloropropanos	µg/L	31	57
Dicloropropenos	µg/L	0,8	2
Difenil Hidrazina (1,2)	µg/L		0,3
Dimetilfenol (2,4-)	µg/L		2
Dodecacloro + Nonacloro	µg/L	0,001	
Etilbenceno	µg/L	0,4	700
Fluoruro total	µg/L	1 400	4
Hexaclorobutadieno	µg/L	0,03	0,1
Hexaclorociclopentadieno	µg/L	0,007	0,05
Naftaleno	µg/L	2	6
Nitritos	µg/L	1 000	60
Nitrobenceno	µg/L	7	27
Nitrofenoles	µg/L	5	0,2
PCB (total)	µg/L	0,03	0,001
Pentaclorobenceno	µg/L		0,03
Pentacloroetano	µg/L	3	4
P-clorometacresol	µg/L		0,03
Talio (total)	µg/L	2	0,4
Tetraclorobenceno (1,2,3,4-)	µg/L		0,1
Tetraclorobenceno (1,2,4,5-)	µg/L		0,15
Tetracloroetano (1,1,2,2-)	µg/L	9	24
Tetracloroetileno	µg/L	5	260
Tetraclorofenoles	µg/L	0.5	1
Tetracloruro de carbono	µg/L	50	35
Tolueno	µg/L	50	300
Toxafeno	µg/L	0,005	0,000
Tricloroetano (1,1,1)	µg/L	31	18
Tricloroetano (1,1,2)	µg/L		94
Tricloroetileno	µg/L	2	45
Uranio (total)	µg/L	500	20
Vanadio (total)	µg/L		100

Fuente: Normativo TULAS

Anexo 5. Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aluminio	Al	mg/L	5,0
Arsénico (total)	As	mg/L	0,1
Bario	Ba	mg/L	1,0
Berilio	Be	mg/L	0,1
Boro (total)	B	mg/L	1,0
Cadmio	Cd	mg/L	0,01
Carbamatos totales	Concentración total de carbamatos	mg/L	0,1
Cianuro (total)	CN^-	mg/L	0,2
Cobalto	Co	mg/L	0,05
Cobre	Cu	mg/L	2,0
Cromo hexavalente	Cr^{+6}	mg/L	0,1
Fluor	F	mg/L	1,0
Hierro	Fe	mg/L	5,0
Litio	Li	mg/L	2,5
Materia flotante	visible		**Ausencia**
Manganeso	Mn	mg/L	0,2
Molibdeno	Mo	mg/L	0,01
Mercurio (total)	Hg	mg/L	0,001
Níquel	Ni	mg/L	0,2
Organofosforados (totales)	Concentración de organofosforados totales.	mg/L	0,1
Organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales.	mg/L	0,2
Plata	Ag	mg/L	0,05
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Plomo	Pb	mg/L	0,05
Selenio	Se	mg/L	0,02
Sólidos disueltos totales		mg/l	3 000,0
Transparencia de las aguas medidas con el disco secchi.			mínimo 2,0 m
Vanadio	V	mg/L	0,1
Aceites y grasa	Sustancias solubles en hexano	mg/L	0,3
Coniformes Totales	nmp/100 ml		1 000
Huevos de parásitos		Huevos por litro	**cero**
Zinc	Zn	mg/L	2,0

Fuente: Normativo TULAS

Anexo 6. Criterios de calidad para aguas de uso pecuario

Parámetros	Expresado como	Unidad	Valor máximo permisible
Aluminio	Al	mg/L	5,0
Arsénico (total)	As	mg/L	0,2
Bario	Ba	mg/L	1,0
Boro (total)	B	mg/L	5,0
Cadmio	Cd	mg/L	0,05
Carbamatos (totales)	Concentración de carbamatos totales	mg/L	0,1
Cianuro (total)	CN^-	mg/L	0,2
Cinc	Zn	mg/L	25,0
Cobre	Cu	mg/L	0,5
Cromo hexavalente	Cr^{+6}	mg/L	1,0
Hierro	Fe	mg/L	1,0
Litio	Li	mg/L	5,0
Materia flotante	visible		**Ausencia**
Manganeso	Mn	mg/L	0,5
Molibdeno	Mo	mg/L	0,005
Mercurio (total)	Hg	mg/L	0,01
Nitratos + nitritos	N	mg/L	10,0
Nitritos	N-nitrito	mg/L	1,0
Níquel	Ni	mg/L	0,5
Oxígeno disuelto	O.D.	mg/L	3,0
Organofosforados (totales)	Concentración de organofosforados totales	mg/L	0,1
Organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales.	mg/L	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Plata	Ag	mg/L	0,05
Plomo	Pb	mg/L	0,05
Selenio	Se	mg/L	0,01
Sólidos disueltos totales		mg/l	3 000
Transparencia de las aguas medidas con el disco secchi.			mínimo 2,0 m
Vanadio	V	mg/L	10,0
Coliformes fecales	nmp por cada 100 ml		Menor a 1 000
Coliformes totales	nmp por cada 100 ml		Promedio mensual menor a 5 000

Fuente: Normativo TULAS

Anexo 7. Criterios de calidad para aguas destinadas para fines recreativos

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Coliformes fecales	nmp por cada 100 ml		200
Coliformes totales	nmp por cada 100 ml		1 000
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/L	0,002
Oxigeno disuelto	O.D.	mg/L	No menor al 80% de Concentración de saturación y no menor a 6 mg/L
Materia flotante	visible		Ausencia
Potencial de hidrógeno	pH		6,5 – 8,5
Metales y otras sustancias tóxicas		mg/l	cero
Organofosforados y carbamatos (totales)	Concentración de organofosforados y carbamatos totales.	mg/L	0,1 (para cada compuesto detectado)
Organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales.	mg/L	0,2 (para cada compuesto detectado)
Residuos de petróleo	visibles		Ausencia
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno.	mg/L	0,5
Grasas y aceites	Sustancias solubles en hexano	mg/L	0,3
Transparencia de las aguas medidas con el disco secchi			Mínimo 2,0 m.
Relación hidrógeno, fósforo orgánico			15:1

Fuente: Normativo TULAS

Anexo 8. Criterios de calidad de aguas para fines recreativos mediante contacto secundario

Parámetros	**Expresado como**	**Unidad**	**Valor máximo permisible**
Coliformes totales	nmp/100 ml		4 000
Coliformes fecales	nmp/100 ml		1 000
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/L	0,002
Oxigeno disuelto	O.D.	mg/L	No menor al 80% de Concentración de saturación
Potencial de hidrógeno	pH		6,5 – 8,5
Metales y otras sustancias tóxicas		mg/l	Cero
Organofosforados y carbamatos (totales)	Concentración de organofosforados y carbamatos totales.	mg/L	0,1
Organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales.	mg/L	0,2
Residuos de petróleo			**Ausencia**
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno.	mg/L	0,5
Grasas y aceites	Sustancias solubles en hexano	mg/L	*0,3*
Sólidos flotantes	visible		***Ausencia***
Relación hidrógeno, fósforo orgánico			*15:1*

Fuente: Normativo TULAS

Anexo 9. Calidad del agua en base al contenido de fosfatos

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

Fuente: Stevens Institute of Technology

Anexo 10. Tipo de agua de acuerdo a la conductividad

Tipo de agua	Conductividad (µS/cm)
Agua pura	0.055
Agua destilada	0.5
Agua de montaña	1.0
Agua para uso doméstico	500 a 800
Máx. para agua potable	10055
Agua de mar	52

Fuente: Infoagro

Anexo 11. Calidad del agua de riego según su conductividad eléctrica

Conductividad eléctrica (dS/m)	Conductividad eléctrica (uS/cm)	Calidad del agua	Peligro de salinidad
0 – 1	0 – 1000	Excelente a buena	Bajo a medio
1 – 3	1000 – 3000	Buena a marginal	Alto
> 3	> 3000	Marginal a inaceptable ([1])	Muy alto

Fuente: Vega y Muñoz-Cobo (2005)
([1])Según cultivos

Anexo 12. Rangos de salinidad de los diferentes tipos de agua.

Tipos de agua	Salinidad (ppm)
Ultra pura	0.03
Pura (calderas)	0.3
Des ionizada	3
Dulce (potable)	< 1.000
Salobre	1.000-10.000
Salina	10.000-30.000
Marina	30.000-50.000

Fuente: Fariñas (1999); Medina (2000)

Anexo 13. Calidad del agua de riego según la cantidad de sales disuelta

Calidad	**Salinidad (g/l)**	**Salinidad (mg/l)**
Buena	< 0,77	< 770
Media	0,77 – 2,24	770 – 2240
Baja	> 2,24	> 2240

Fuente: Vega y Muñoz-Cobo (2005)

Anexo 14. Criterios generales según el Índice de Calidad del Agua (ICA)

Rango ICA	CRITERIOS GENERALES									
	Edo	USO: AGUA POTABLE	Edo	USO: RIEGO AGRÍCOLA	Edo	USO: PEZCA Y VIDA ACUÁTICA	Edo	USO: INDUSTRIA	Edo	USO: RECREACION
90		No requiere purificación para su consumo		No requiere de tratamiento para riego		Pesca y vida acuática abundante		No se requiere purificación		Cualquier tipo de deporte acuático
80		Requiere purificación menor		Tratamiento menor para cultivos que requieren de alta calidad de agua para riego				Purificación menor para industrias que requieran alta calidad de agua para operación		
70		Dudoso para su consumo sin purificación								
60		Tratamiento de purificación indispensable		Utilizable en la mayoría de los cultivos		Límite para peces muy sensitivos		No requiere tratamiento para mayoría de industrias de operación normal		Restringir los deportes de inmersión, precaución si se ingiere dada la posibilidad de presencia de bacterias
50						Dudosa la pesca sin riesgos de salud				
40		Dudoso para consumo		Tratamiento requerido para la mayoría de los cultivos		Vida acuática limitada a especies muy resistentes		Tratamiento para mayoría de usos		Dudosa para contacto con el agua
30		Inaceptable para consumo				Inaceptable para actividad pesquera				Evitar contacto, sólo con lanchas
20				Solo para cultivos muy resistentes (Forrajes)		Inaceptable para vida acuática		Uso restringido en actividades burdas		Contaminación visible, evitar cercanía
10				Inaceptable para riego				Inaceptable para cualquier industria		Inaceptable para recreación
0										

ESCALA DE CALIDAD DEL AGUA					
EXELENTE	ACEPTABLE	LEVEMENTE CONTAMINADA	CONTAMINADA	FUERTEMENTE CONTAMINADA	EXESIVA

Fuente: Luis F. León Vizcaíno

Anexo 15. Macroinvertebrados colectados en el punto de monitoreo del río Tiaco Chico

ORDEN	FAMILIA	No. NDIVIDUOS
MONITOREO 1		
EPHEMENOPTERA	BAETIDAE	5
TRICHOPTERA	HYDRIBIOSIDAE	5
COLEOPTERA	ELMIDAE	6
DIPTERA	MUSCIDAE	1
DIPTERA	TIPULIDAE	1
DIPTERA	SIMULIDAE	2
DIPTERA	CHIRONOMIDAE	10
MONITOREO 2		
EPHEMENOPTERA	BAETIDAE	6
TRICHOPTERA	HYDRIBIOSIDAE	4
COLEOPTERA	ELMIDAE	4
DIPTERA	CHIRONOMIDAE	7
DIPTERA	TIPULIDAE	2
PLANRIA	PLANARIDAE	1
MONITOREO 3		
EPHEMENOPTERA	BAETIDAE	32
PLECOPTERA	GRYPOPHTERIGIDAE	2
TRICHOPTERA	HYDRIBIOSIDAE	12
COLEOPTERA	ELMIDAE	3
DIPTERA	TIPULIDAE	8
DIPTERA	SIMULIDAE	9
DIPTERA	BLEPHAROCERIDAE	4
DIPTERA	CHIRONOMIDAE	4
MONITOREO 4		
EPHEMENOPTERA	BAETIDAE	14
TRICHOPTERA	HYDRIBIOSIDAE	6
COLEOPTERA	ELMIDAE	3
DIPTERA	SIMULIDAE	3
DIPTERA	TIPULIDAE	4
DIPTERA	BLEPHAROCERIDAE	2
DIPTERA	CHIRONOMIDAE	5
DIPTERA	CERATOPOGONIDAE	1
MONITOREO 5		
EPHEMENOPTERA	BAETIDAE	20
TRICHOPTERA	HYDRIBIOSIDAE	14
TRICHOPTERA	LEPTOCERIDAE	1
COLEOPTERA	ELMIDAE	20
COLEOPTERA	SCIRTIDAE	1
DIPTERA	BLEPHAROCERIDAE	5
DIPTERA	SIMULIDAE	3
DIPTERA	TIPULIDAE	7
DIPTERA	CHIRONOMIDAE	8
ANNELIDA	OLIGOCHETOS	6

Fuente: José Luis Yungán. 2008

Anexo 16. Macroinvertebrados colectados en el punto de monitoreo del río Tiaco Grande

ORDEN	FAMILIA	No. NDIVIDUOS
MONITOREO 1		
EPHEMENOPTERA	BAETIDAE	32
PLECOPTERA	GRYPOPHTERIGIDAE	1
TRICHOPTERA	HYDROBIOSIDAE	2
COLEOPTERA	SCIRTIDAE	2
COLEOPTERA	ELMIDAE	4
DIPTERA	BLEPHAROCERIDAE	1
DIPTERA	SIMULIDAE	28
DIPTERA	CHIRONOMIDAE	9
DIPTERA	TIPULIDAE	1
MONITOREO 2		
EPHEMENOPTERA	BAETIDAE	5
PLECOPTERA	GRYPOPHTERIGIDAE	1
TRICHOPTERA	HYDROBIOSIDAE	5
DIPTERA	SIMULIDAE	6
DIPTERA	CHIRONOMIDAE	11
COLEOPTERA	ELMIDAE	3
COLEOPTERA	SCIRTIDAE	1
MONITOREO 3		
EPHEMENOPTERA	BAETIDAE	3
PLECOPTERA	GRYPOPHTERIGIDAE	1
TRICHOPTERA	HYDROBIOSIDAE	5
COLEOPTERA	ELMIDAE	20
DIPTERA	SIMULIDAE	13
DIPTERA	TIPULIDAE	3
DIPTERA	CHIRONOMIDAE	3
DIPTERA	BLEPHAROCERIDAE	1
AMPHIPODA	HYALELIDAE	5
ANNELIDA	OLIGOCHETOS	5
MONITOREO 4		
EPHEMENOPTERA	BAETIDAE	4
PLECOPTERA	GRYPOPHTERIGIDAE	3
TRICHOPTERA	HYDROBIOSIDAE	1
TRICHOPTERA	LEPTOCERIDAE	1
COLEOPTERA	ELMIDAE	26
DIPTERA	CHIRONOMIDAE	3
DIPTERA	SIMULIDAE	10
DIPTERA	BLEPHAROCERIDAE	1
AMPHIPODA	HYALELIDAE	6
ARACNIDOS		3
MONITOREO 5		
EPHEMENOPTERA	BAETIDAE	9
PLECOPTERA	GRYPOPHTERIGIDAE	1
TRICHOPTERA	HYDROBIOSIDAE	2
COLEOPTERA	ELMIDAE	4
DIPTERA	CHIRONOMIDAE	6
DIPTERA	SIMULIDAE	2
DIPTERA	TIPULIDAE	1

AMPHIPODA	HYALELIDAE	1
ARACNIDOS		4
MONITOREO 6		
EPHEMENOPTERA	BAETIDAE	7
PLECOPTERA	GRYPOPHTERIGIDAE	1
TRICHOPTERA	HYDROBIOSIDAE	2
TRICHOPTERA	LEPTOCERIDAE	3
COLEOPTERA	ELMIDAE	22
COLEOPTERA	SCIRTIDAE	1
DIPTERA	SIMULIDAE	13
DIPTERA	TIPULIDAE	4
DIPTERA	BLEPHAROCERIDAE	5
DIPTERA	CERATOPOGONIDAE	3
AMPHIPODA	HYALELIDAE	8
ARACNIDOS		3
ANNELIDA	OLIGOCHETOS	5
PLANARIA		1

Fuente: José Luis Yungán. 2008

Anexo 17. Macroinvertebrados colectados en el punto de monitoreo del río Tarau

ORDEN	**FAMILIA**	**No. INDIVIDUOS**
MONITOREO 1		
EPHEMENOPTERA	BAETIDAE	21
TRICHOPTERA	HYDROBIOSIDAE	2
COLEOPTERA	ELMIDAE	6
DIPTERA	BLEPHAROCERIDAE	1
MONITOREO 2		
EPHEMENOPTERA	BAETIDAE	13
TRICHOPTERA	HYDROBIOSIDAE	1
COLEOPTERA	ELMIDAE	7
DIPTERA	TIPULIDAE	1
DIPTERA	CERATOPOGONIDAE	1
DIPTERA	CHIRONOMIDAE	2
MONITOREO 3		
EPHEMENOPTERA	BAETIDAE	4
TRICHOPTERA	LEPTOCERIDAE	2
COLEOPTERA	ELMIDAE	2
COLEOPTERA	SCIRTIDAE	1
DIPTERA	CERATOPOGONIDAE	1
DIPTERA	BLEPHAROCERIDAE	3
DIPTERA	CHIRONOMIDAE	4
DIPTERA	TIPULIDAE	7
ANNELIDO	OLIGOCHETOS	5

Fuente: José Luis Yungán. 2008

Anexo 18. Macroinvertebrados colectados en el punto de monitoreo del río Collanes

ORDEN	FAMILIA	No. INDIVIDUOS
MONITOREO 1		
EPHEMENÓPTERA	BAETIDAE	7
COLEOPTERA	ELMIDAE	1
DIPTERA	TIPULIDAE	3
DIPTERA	BLEPHAROCERIDAE	1
DIPTERA	CHIRONOMIDAE	7
AMPHIPODA	HYALELIDAE	1
ARAÑAS		1
MONITOREO 2		
EPHEMENÓPTERA	BAETIDAE	22
PLECOPTERA	GRYPOPHTERIGIDAE	1
COLEOPTERA	ELMIDAE	20
DIPTERA	TIPULIDAE	6
DIPTERA	SIMULIDAE	1
DIPTERA	CERATOPOGONIDAE	2
DIPTERA	CHIRONOMIDAE	8
MONITOREO 3		
EPHEMENÓPTERA	BAETIDAE	15
PLECOPTERA	GRYPOPHTERIGIDAE	1
TRICHOPTERA	HYDROBIOSIDAE	1
COLEOPTERA	ELMIDAE	6
DIPTERA	CHIRONOMIDAE	8
MONITOREO 4		
EPHEMENÓPTERA	BAETIDAE	27
PLECOPTERA	GRYPOPHTERIGIDAE	1
TRICHOPTERA	HYDROBIOSIDAE	1
COLEOPTERA	ELMIDAE	7
DIPTERA	TIPULIDAE	4
DIPTERA	CHIRONOMIDAE	11
DIPTERA	SIMULIDAE	1
DIPTERA	BLEPHAROCERIDAE	1

Fuente: José Luis Yungán. 2008

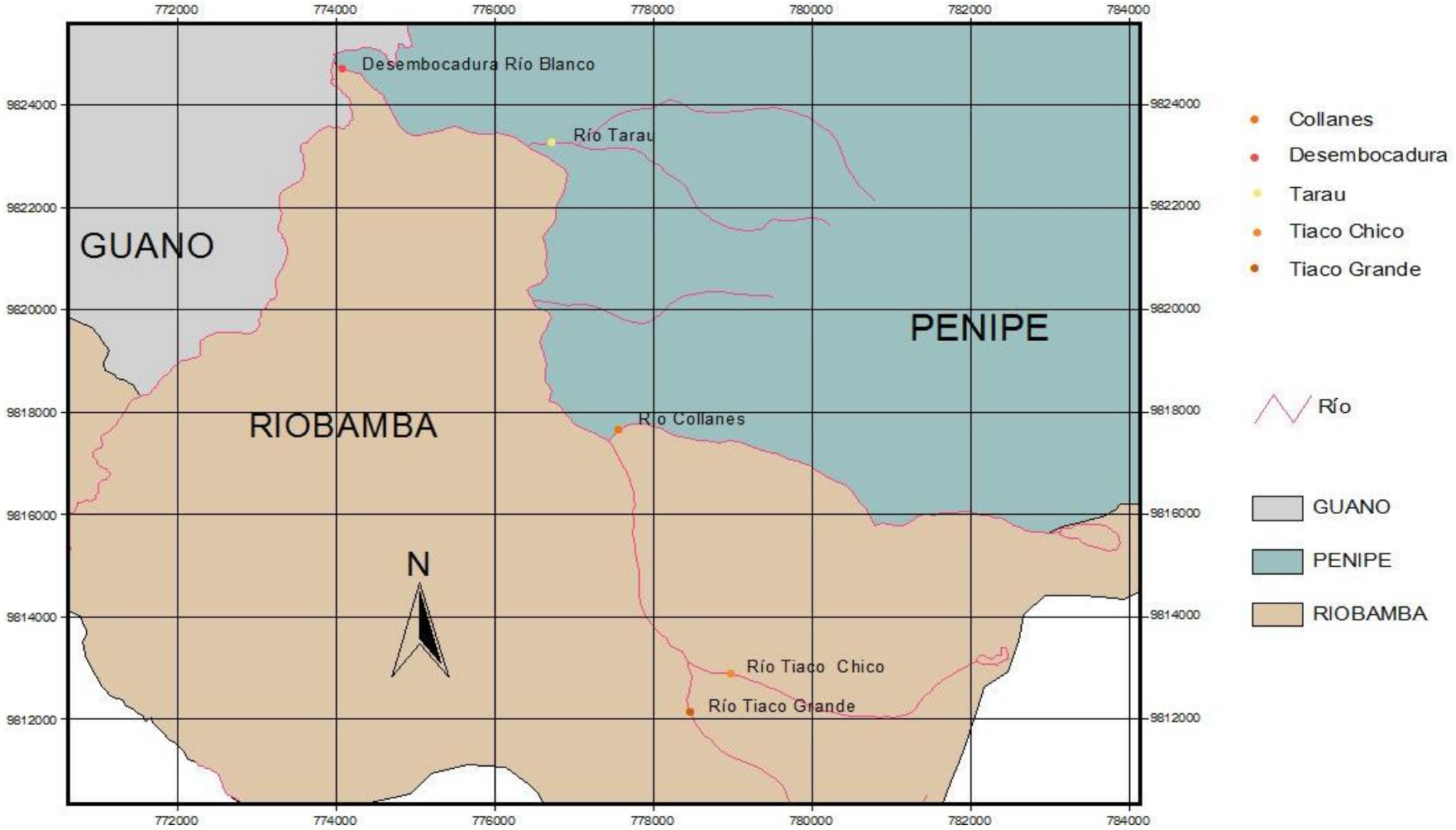
Anexo 19. Macroinvertebrados colectados en el punto de monitoreo de la desembocadura del río Blanco

ORDEN	FAMILIA	No. INDIVIDUOS
MONITOREO 1		
EPHEMENÓPTERA	BAETIDAE	3
TRICHOPTERA	HYDROBIOSIDAE	1
DIPTERA	CHIRONOMIDAE	5
MONITOREO 2		
EPHEMENÓPTERA	BAETIDAE	2
TRICHOPTERA	HYDROBIOSIDAE	1
DIPTERA	CHIRONOMIDAE	4
MONITOREO 3		
EPHEMENÓPTERA	BAETIDAE	3
TRICHOPTERA	HYDROBIOSIDAE	1
DIPTERA	CHIRONOMIDAE	4
DIPTERA	CERATOPOGONIDAE	1

Fuente: José Luis Yungán. 2008

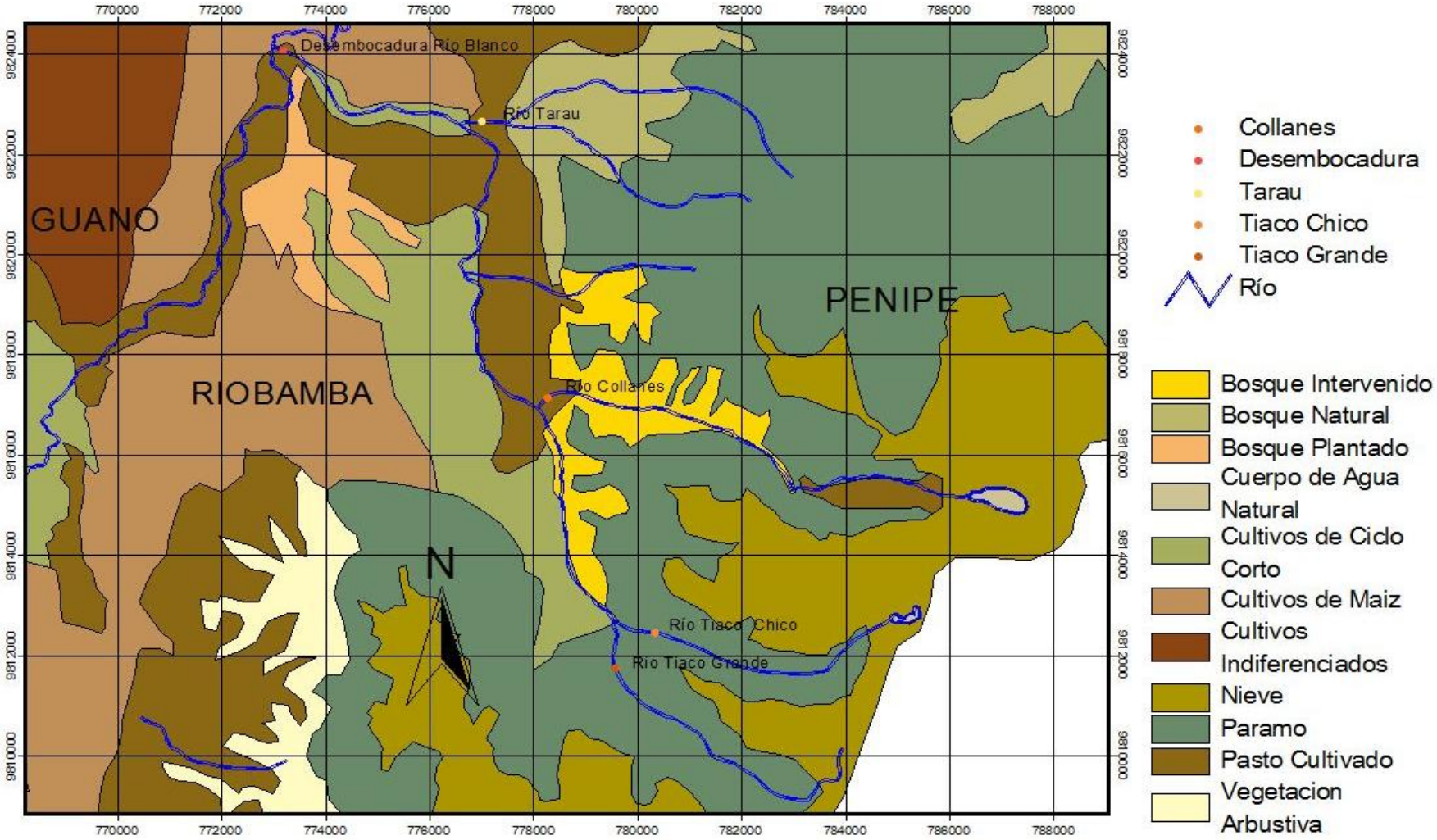
Anexo 20.

UBICACIÓN DE LA MICROCUENCA DEL RÍO BLANCO Y PUNTOS DE MONITOREO



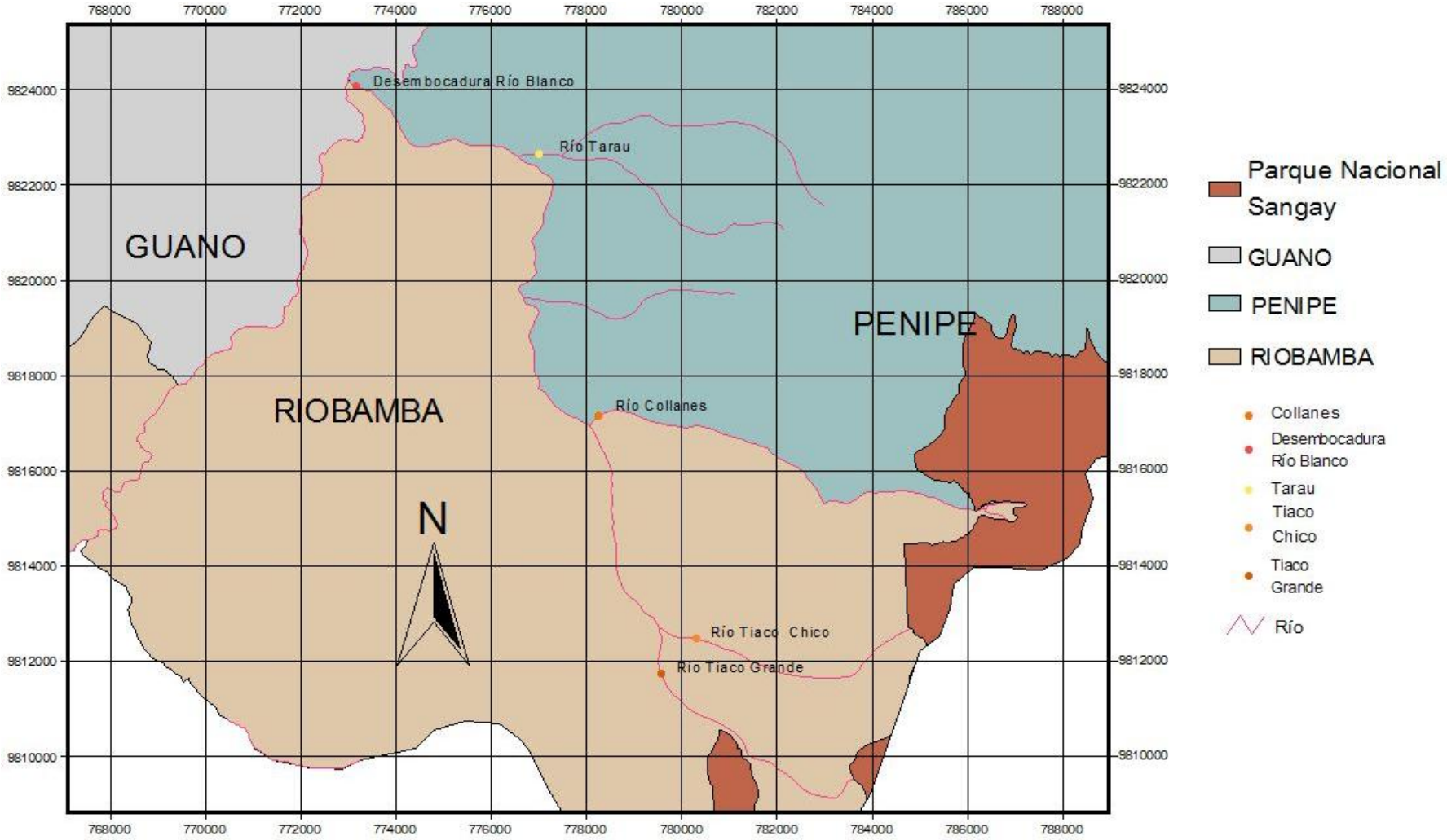
Anexo 21.

USO DEL SUELO EN LA MICROCUENCA DEL RÍO BLANCO



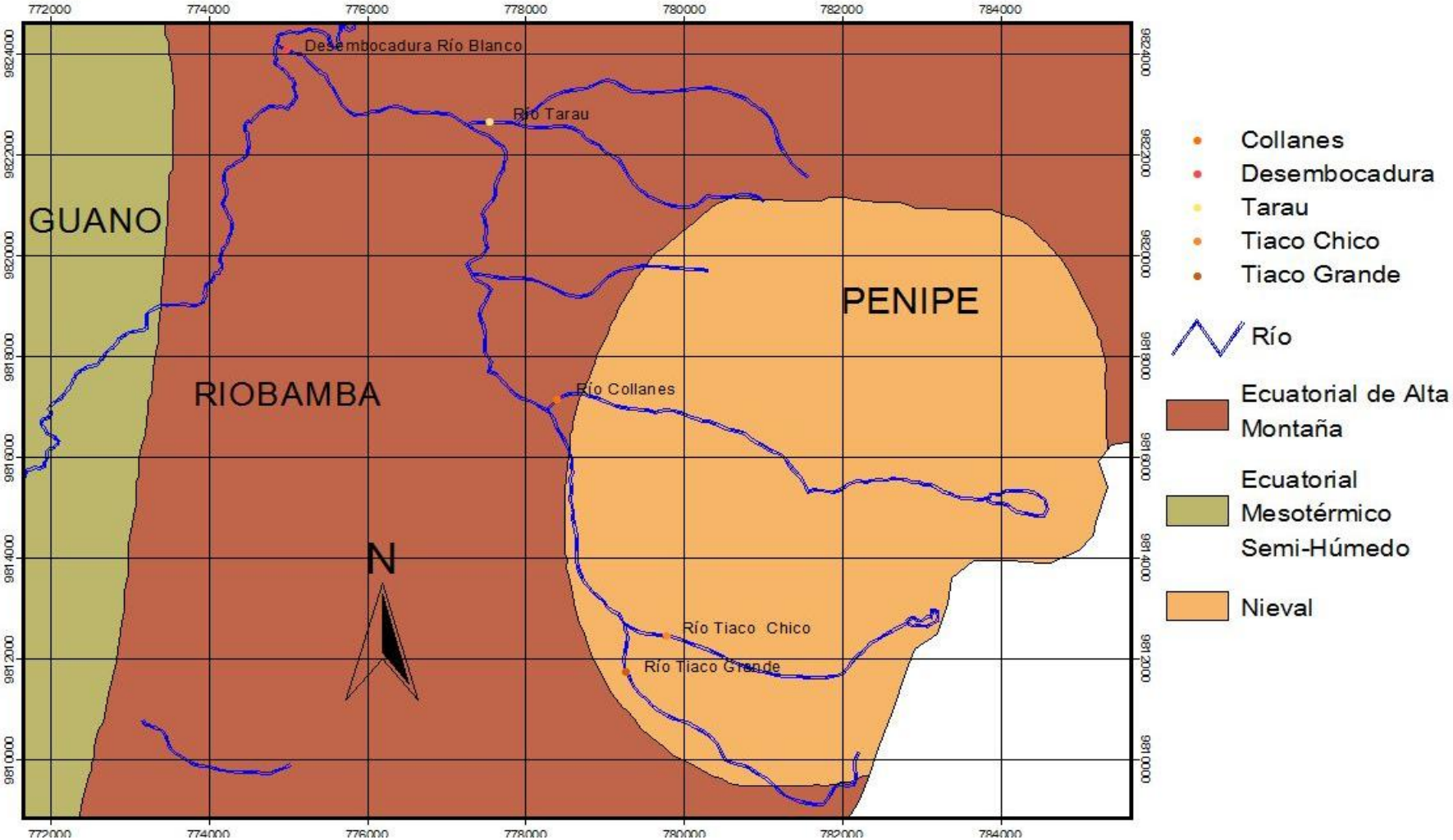
Anexo 22.

ZONA PROTEGIDA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO BLANCO



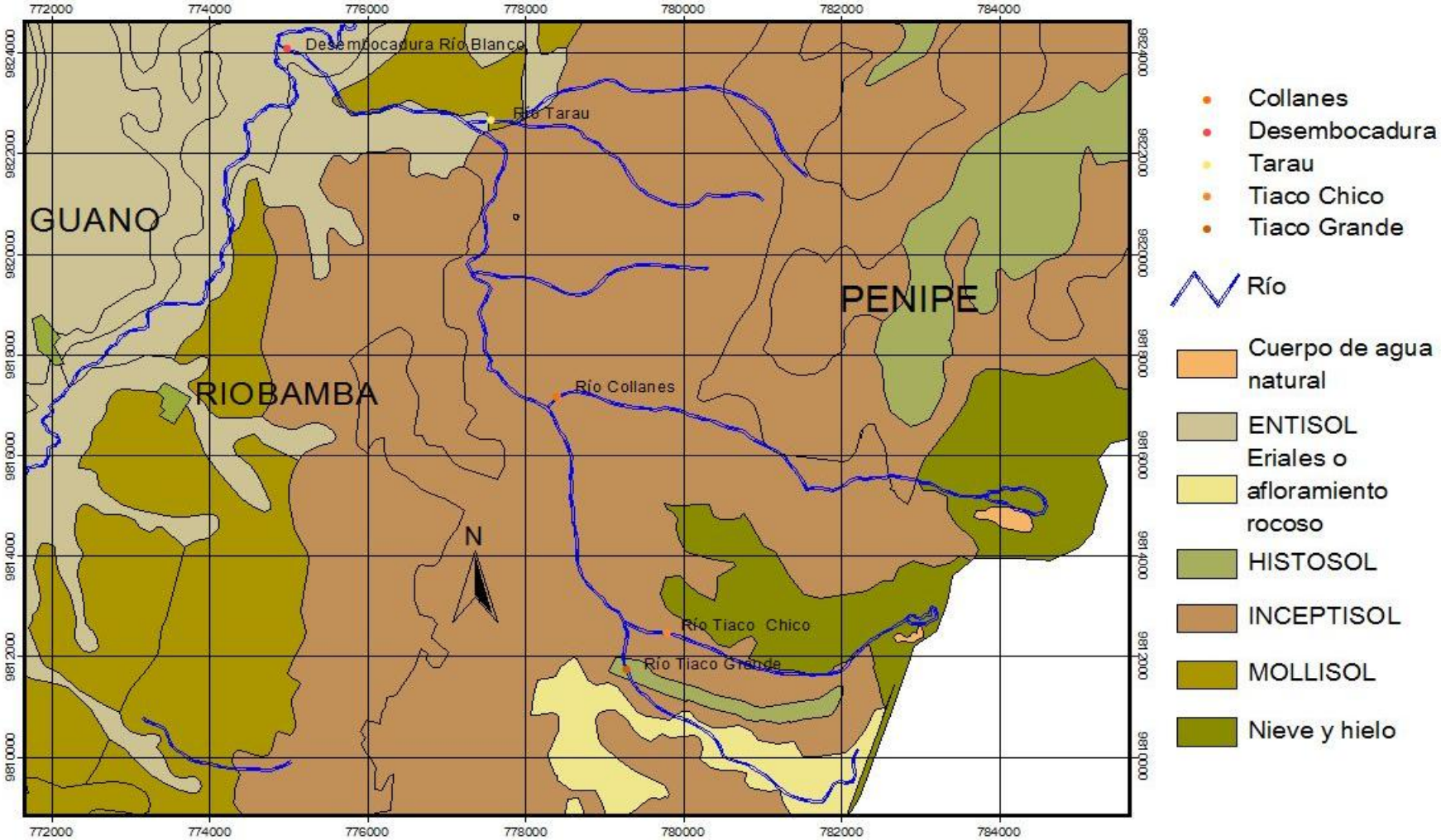
Anexo 23.

CLIMAS EN LA MICROCUENCA DEL RÍO BLANCO



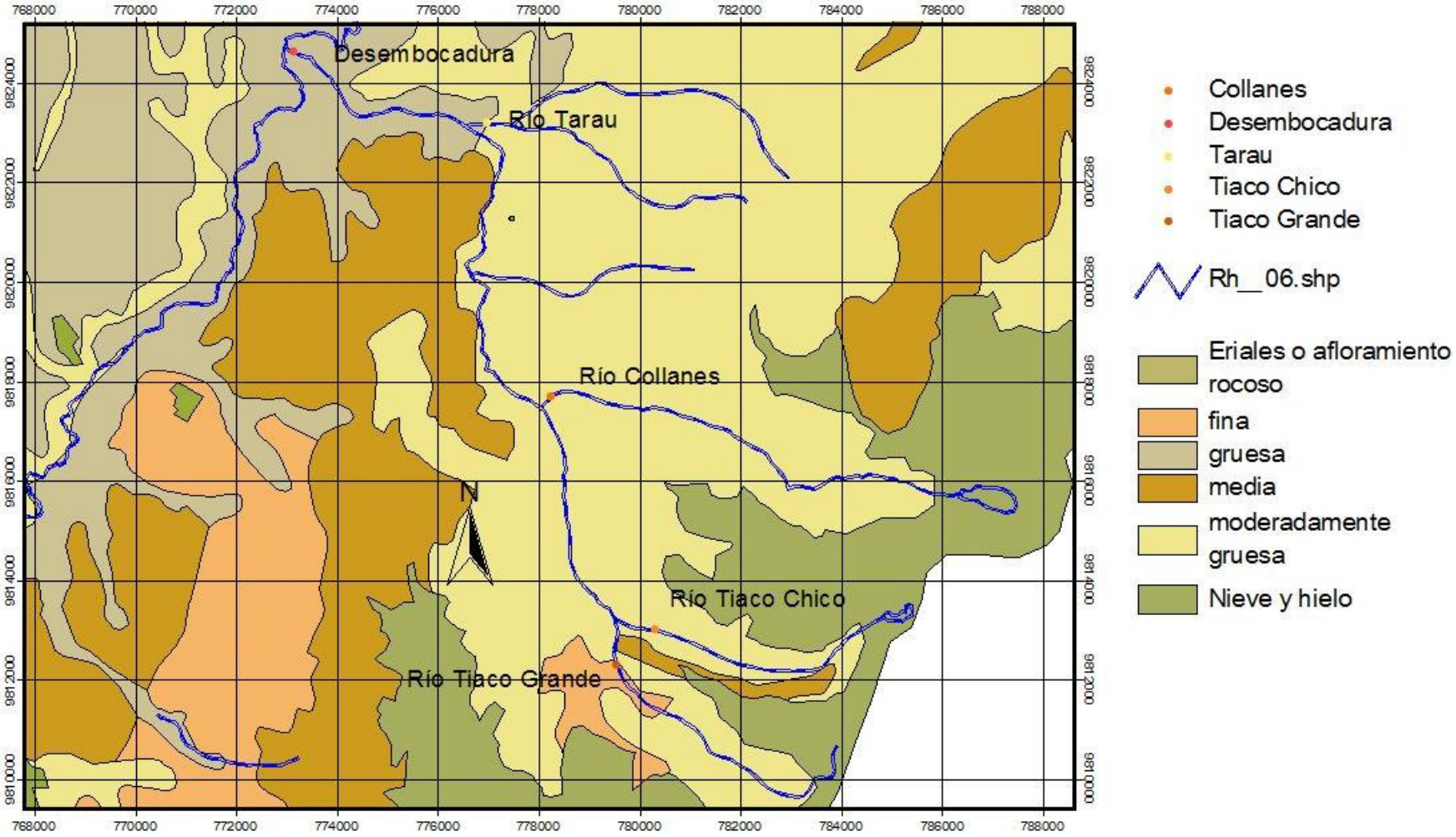
Anexo 24.

TAXONOMÍA DE SUELOS EN LA MICROCUENCA DEL RÍO BLANCO



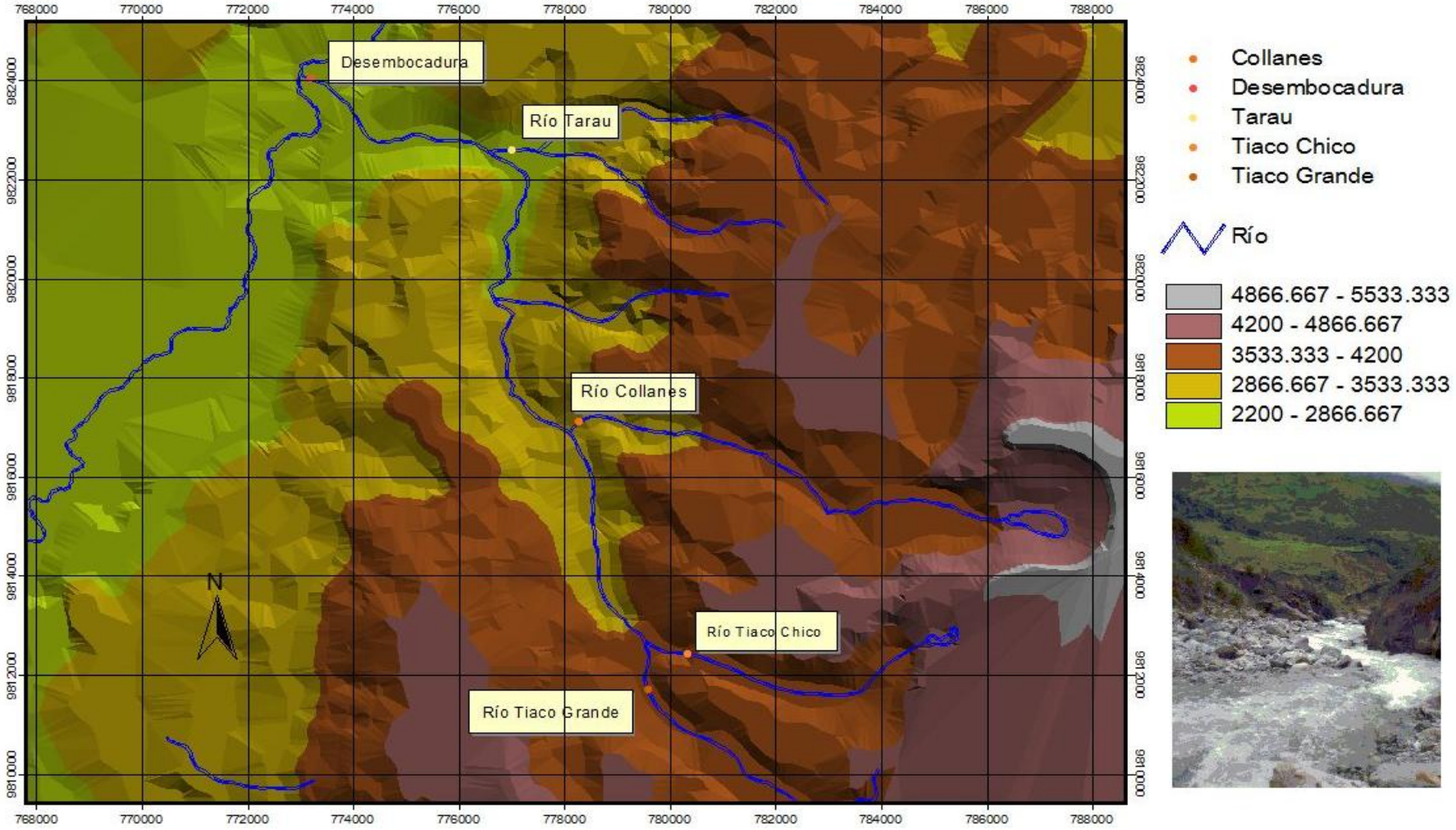
ANEXO 25.

CLASES TEXTURALES DE LA MICROCUENCA DEL RÍO BLANCO



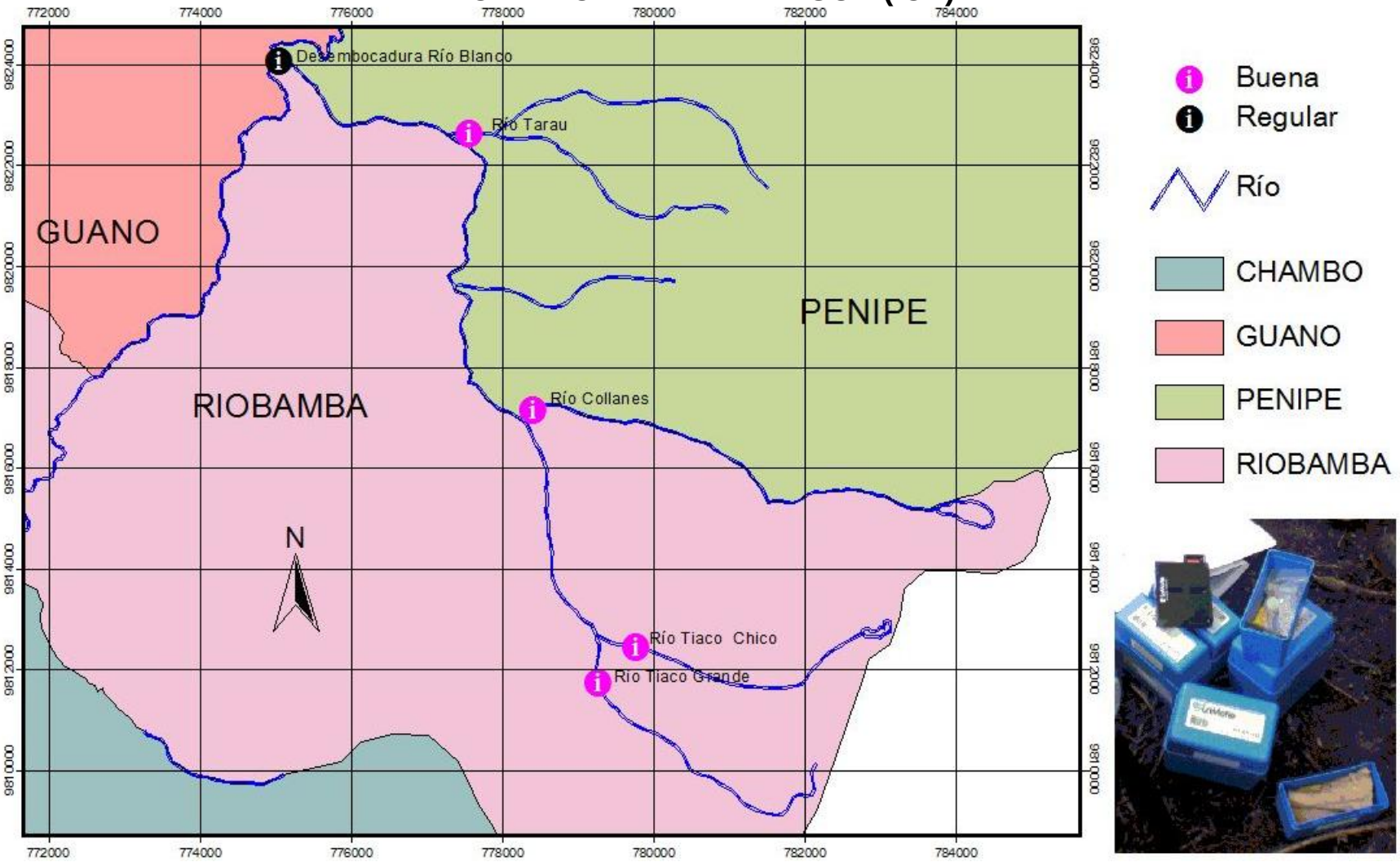
ANEXO 26.

ALTIMETRÍA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO BLANCO



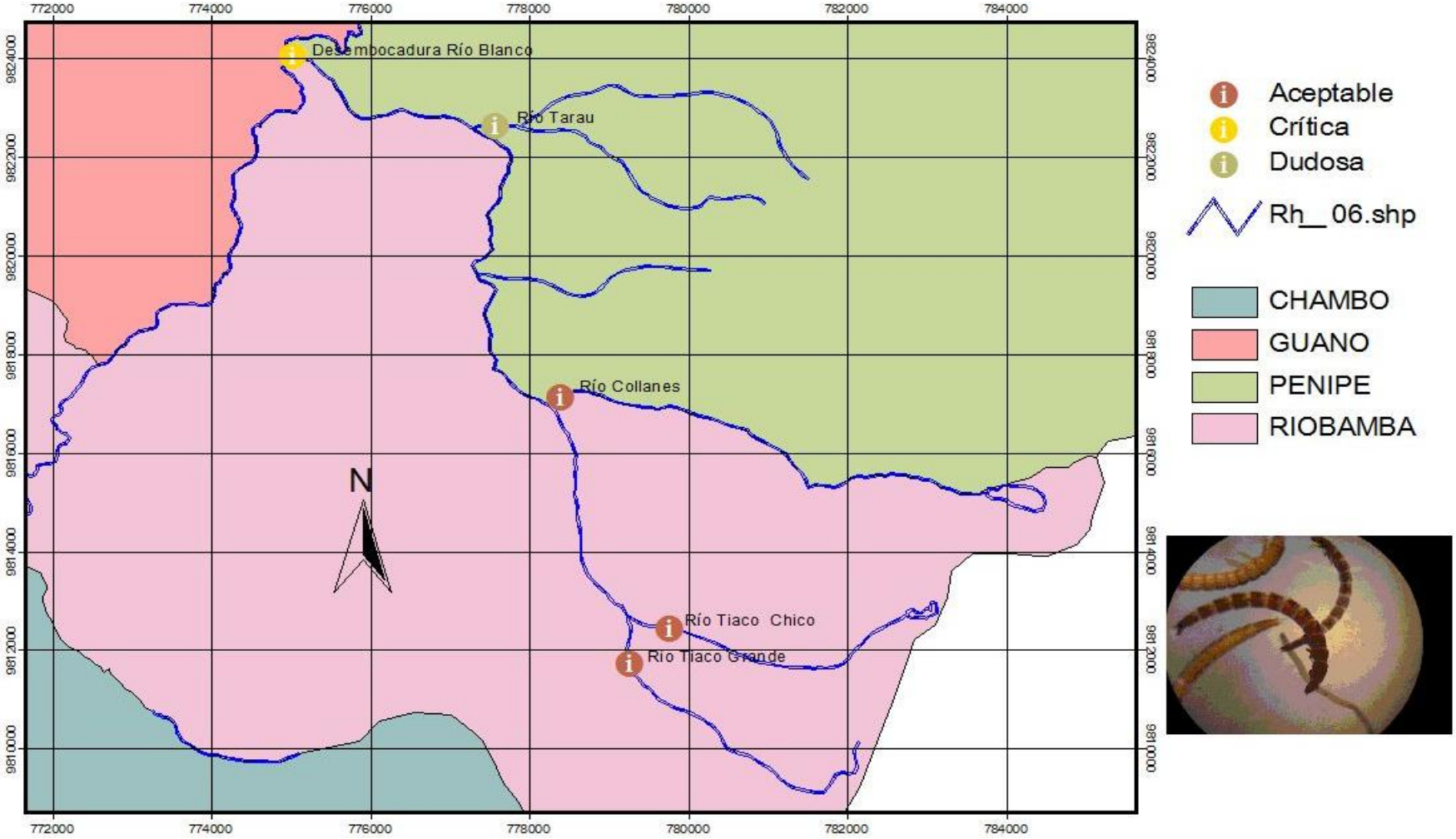
Anexo 27.

INDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA)



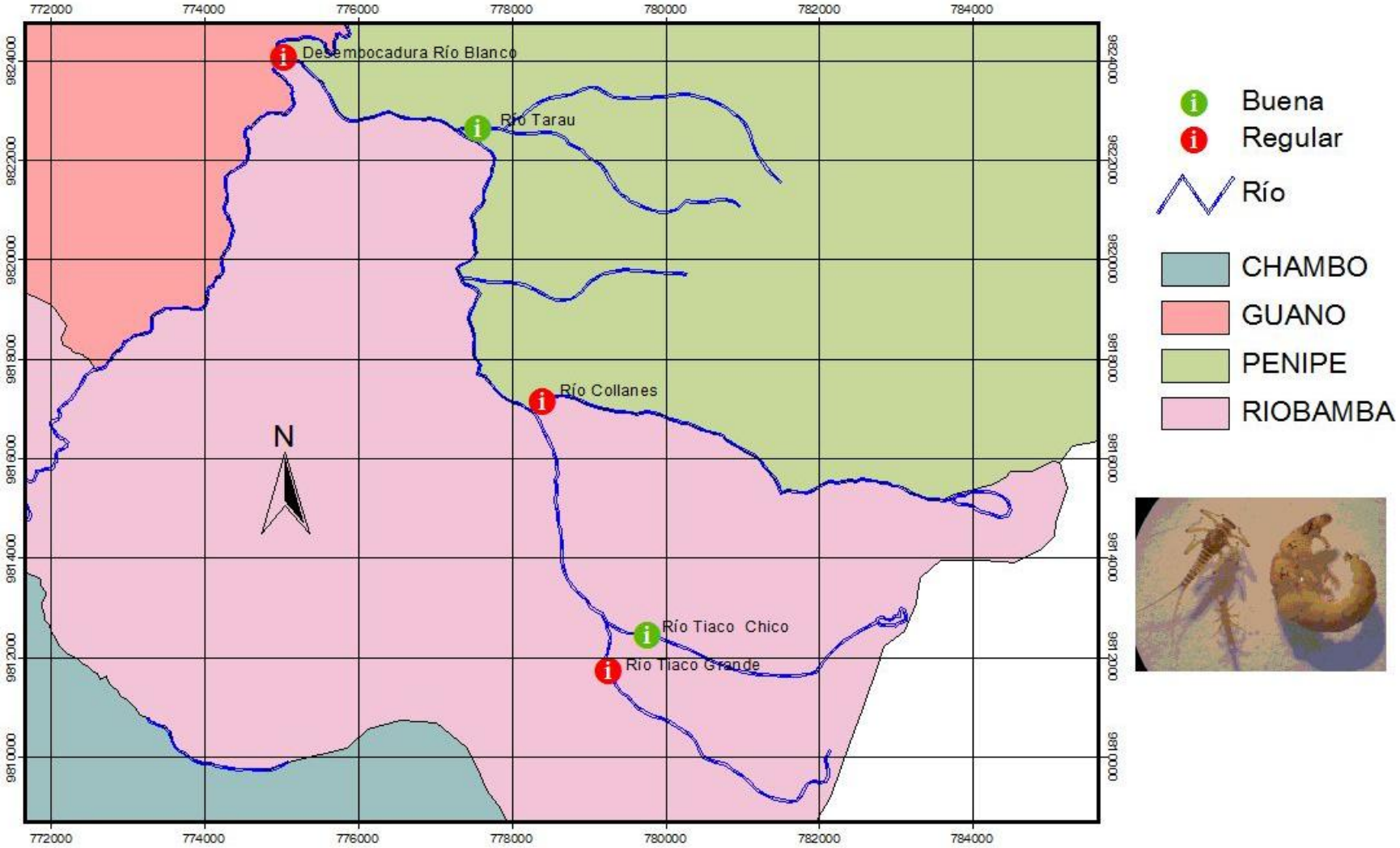
Anexo 28.

INDICE DE CALIDAD DEL AGUA BMWP/COL



Anexo 29.

INDICE DE CALIDAD DEL AGUA EPT



Anexo 30. Fotografías macroinvertebrados acuáticos

Foto 1: Coleoptero, Elmidae
Fuente: José Luis Yungán (2009)

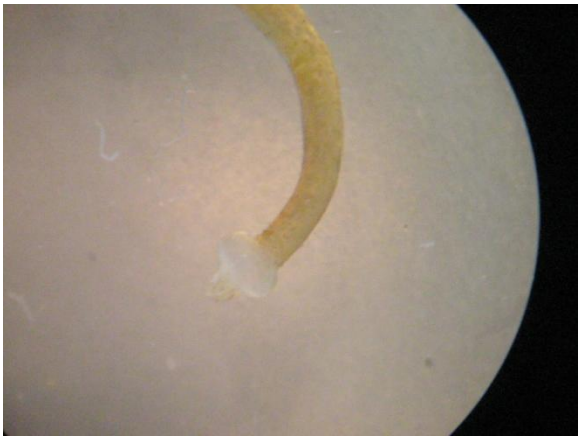


Foto 2: Díptera, Tipulidae
Fuente: José Luis Yungán (2009)

Foto 3: Trichoptera, Hydrobiosidae
Fuente: José Luis Yungán (2009)

Foto 4: Díptera, Chironomidae
Fuente: José Luis Yungán (2009)

Foto 5: Ephemenoptera, Baetidae
Fuente: José Luis Yungán (2009)

Foto 6: Coleóptero, Elmidae
Fuente: José Luis Yungán (2009)

Foto 7: Díptera, Muscidae
Fuente: José Luis Yungán (2009)

Foto 8: Plecóptera, Grypophterigidae
Fuente: José Luis Yungán (2009)

Foto 9: Ephemenoptera, Trichoptera y Plecóptera
Fuente: José Luis Yungán (2009)

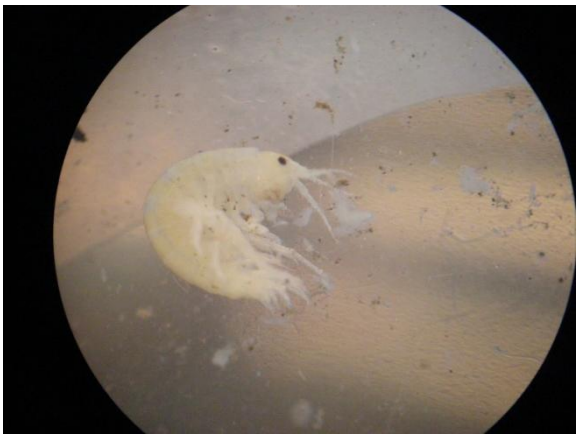


Foto 10: Crustáceo
Fuente: José Luis Yungán (2009)

Foto 11: Díptera, Simulidae
Fuente: José Luis Yungán (2009)

Foto 12: Díptera, Blepharoceridae
Fuente: José Luis Yungán (2009)

Foto 13: Trichoptera, Leptoceridae
Fuente: José Luis Yungán (2009)

Anexo 31. Fotografías de la microcuenca del río Blanco

Foto 14: Río Collanes aguas abajo
Fuente: José Luis Yungán (2009)

Foto 15: Río Collanes aguas arriba
Fuente: José Luis Yungán (2009)

Foto 16: Zona de influencia del río Tiaco Chico
Fuente: José Luis Yungán (2009)

Foto 17: Vegetación junto al cauce del río Tiaco Chico
Fuente: José Luis Yungán (2009)

Foto 18: Pajonal en la zona de influencia del río Tiaco Grande
Fuente: José Luis Yungán (2009)

Foto 19: Pajonal junto al cauce del río Tiaco Grande
Fuente: José Luis Yungán (2009)

Foto 20: Punto de formación del río Tarau
Fuente: José Luis Yungán (2009)

Foto 21: Cauce del río Collanes y deshielos del Altar
Fuente: José Luis Yungán (2009)

Anexo 32. Fotografías de las actividades antrópicas de la microcuenca

Foto 22: Deslaves en las parte baja de la microcuenca.
Fuente: José Luis Yungán (2009)

Foto 23: Agricultura en la Asociacion Zoila Martínez
Fuente: José Luis Yungán (2009)

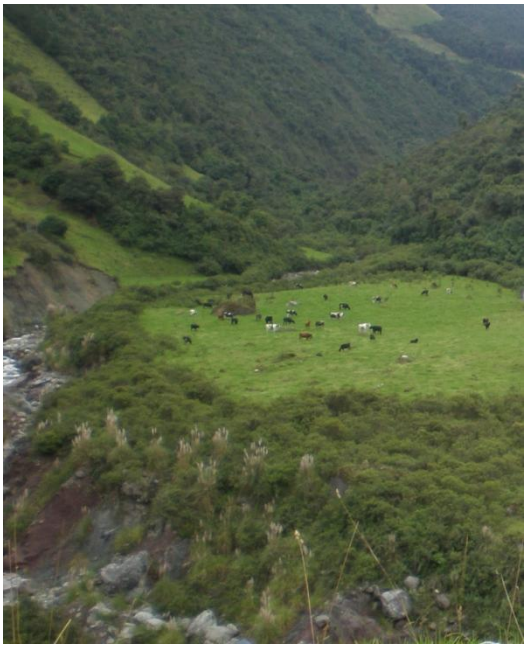


Foto 24: Ganadería en la zona de confluencia del río Collanes
Fuente: José Luis Yungán (2009)

Foto 25 y 26: Vehículo del Ministerio de Salud Pública arrojando basura en una quebrada de la microcuenca del río blanco
Fuente: José Luis Yungán (2009)

Foto 27: Bosque de pino en la confluencia de los ríos T. Chico y T. Grande
Fuente: José Luis Yungán (2009)

Foto 28: Cerca junto al R. Chambo a 200 metros de la desembocadura
Fuente: José Luis Yungán (2009)

Foto 29: Asentamientos humanos en la margen izquierda de la microcuenca

Fuente: José Luis Yungán (2009)

Anexo 33. Fotografías de las actividades durante el monitoreo

Foto 30: Recolección de una muestra de agua para determinar el oxígeno disuelto
Fuente: José Luis Yungán (2009)

Foto 31: Determinación de parámetros químicos utilizando el kit de monitoreo
Fuente: José Luis Yungán (2009)

Foto 32: Obtención de parámetros físicos con el conductímetro
Fuente: José Luis Yungán (2009)

Foto 33: Recolección de macroinvertebrados acuáticos
Fuente: José Luis Yungán (2009)

Foto 34: Referenciación geográfica en los puntos de muestreo
Fuente: José Luis Yungán (2009)