



**UNIVERSIDAD DEL AZUAY**  
**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**  
**ESCUELA DE BIOLOGÍA DEL MEDIO AMBIENTE**

**INFLUENCIA DE LAS ACTIVIDADES ANTRÓPICAS EN LA  
CALIDAD DEL AGUA EN LA SUBCUENCA DEL RÍO GALA  
MEDIANTE EL ESTUDIO DE BIOINDICADORES Y  
PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EN EL RECINTO  
SHUMIRAL PROVINCIA DEL AZUAY”**

TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE BIÓLOGO

**AUTOR:**  
JAVIER FRANCISCO ARMIJOS GUAICHA

**DIRECTOR:**  
BLGO. EDWIN ZÁRATE

CUENCA, ECUADOR

2009

## **DEDICATORIA**

A mi madre por comprenderme, por tolerarme y por todo su esfuerzo, apoyo, confianza y amor que dio y ha dedicado hacia mí durante todas las etapas de mi vida.

A mi padre por sus consejos, y cariño que siempre me ha dado, por su respaldo y apoyo incondicional que todo el tiempo me ha brindado.

A mis hermanos por su apoyo y cariño.

A mis hijos Xavier y Boris, por ser mi inspiración y el amor de mi vida.

## AGRADECIMIENTO

Primeramente quiero agradecer a mis padres y hermanos por su confianza, apoyo y cariño que siempre me han brindado.

A la Universidad del Azuay, centro que me permitió aprender y donde me he formado como profesional en el campo de la biología.

Al Biólogo Edwin Zarate director del presente proyecto por sus consejos, apoyo incondicional y por su guía y comentarios en la elaboración del trabajo.

Al señor Rubén Erráez alcalde del Cantón Camilo Ponce Enríquez, al Ing. Luis Vasconez jefe de la Unidad de Gestión Ambiental Municipal, al señor Milton Guaycha presidente de la Junta Administradora de Agua Potable de Shumiral y a todo su directorio, y a la Lcda. Janet Ochoa presidenta del comité Cívico de Shumiral, por todo el apoyo logístico y por su colaboración y apoyo en la gestión para el financiamiento de mi tesis.

Al Ing. Gustavo Naspud director del departamento de avalúos y catastros del Municipio de Camilo Ponce Enríquez, por facilitarme la información del cantón y su colaboración en la elaboración de los mapas de mi tesis.

A mis amigos: Alex Gehrig, London Losey, Julio Camacho, Nelson Córdova, Martín Eugenio, Gabriel Peñafiel, Julio Paredes, y el Soldado; y a mis primos: Patricio Armijos, Ronny Pogo, y Joaquín Vásquez por su ayuda en el trabajo de campo.

A mis amigos biólogos Javier Fernández de Córdoba y Xavier Clavijo quienes me ayudaron con sus ideas y comentarios en la elaboración de mi tesis.

Al doctor Piercosimo Tripaldi y al Blgo. Fernando Cárdenas por su colaboración en la determinación de los análisis físicos químicos de las muestras de agua. A los Blgos. Diego Vimos y Edgar Segovia por su ayuda en la identificación y determinación de los macroinvertebrados.

A mi gran amigo Javier Zamora un agradecimiento por sus consejos y apoyo incondicional en la elaboración del trabajo y durante todo el tiempo de mi vida universitaria.

A la doctora Ximena Orellana por facilitarme los laboratorios para la identificación de los macroinvertebrados.

A la doctora Raffaella Ansaloni por orientarme y ayudarme en los análisis estadísticos.

A mi amiga Mily Obando por ayudarme con los programas estadísticos.

## **RESUMEN**

La presente investigación determinó la influencia de las actividades mineras en la calidad del agua en la subcuenca del río Gala; para lo cual se realizó un estudio comparativo en 2 estaciones de la diversidad de macroinvertebrados y parámetros físico químicos de los ríos Gala (sin influencia minera) y Chico (con influencia minera). Los resultados sugieren que existe una diferencia significativa en la diversidad de macroinvertebrados y los parámetros físico químicos entre los dos ríos; también se muestra que existe un mayor número de individuos en verano; la actividad minera afecta negativamente a la calidad del agua del río Chico, mientras que el río Gala sin minería presenta una buena calidad de agua.

## **ABSTRACT**

The present investigation was undertaken to determine the influence of humans activities (mining) on the quality of wáter found in the basin of the watershed of the Gala river. Therefore a comparative study of the macroinvertebrate diversity and chemical characteristics of the Gala river (no mining influence) and the Chico river (with mining influence) was done in both winter and summer. The results suggest that there is a significant difference in both the macroinvertebrate diversity and chemical parameters between the two rivers. Also was shown a bigger individual numbers in the summer. Mining activity negatively affects water quality in the Chico river while the Gala river shows characteristics of good quality water.

**INDICE DE CONTENIDOS**

<b>APARTADO</b>	<b>PAGINAS</b>
<b>DEDICATORIA</b>	<b>ii</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b>	<b>iii</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b>	<b>viiix</b>
<b>ÍNDICE DE MAPAS</b>	<b>ix</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>x</b>
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS</b>	<b>xi</b>
<b>ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS</b>	<b>xiii</b>
<b>INDICE DE ANEXOS</b>	<b>xiv</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO I: METODOLOGIA</b>	<b>10</b>
1.1. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO .....	10
1.1.1 Características Agro-climáticas de la zona de estudio.....	11
1.2 MATERIALES Y METODOS:.....	15
1.3 FASE DE CAMPO .....	16
1.3.1 Muestreos.....	16
1.3.1.1 Biológico.....	17
1.3.1.2 Parámetros Físico-Químicos.....	17
1.4 FASE DE LABORATORIO.....	18
1.5 REVISIÓN Y ORGANIZACIÓN DE INFORMACIÓN EN SIG.....	20
1.6 ANALISIS Y TRATAMIENTO DE DATOS .....	20
1.6.1 Análisis de datos biológicos .....	20
1.6.2 Análisis de datos físico-Químicos .....	22
1.6.3 Dendrograma Clúster:.....	22
1.6.4 Método Cart .....	22

<b>CAPITULO II: RESULTADOS.....</b>	<b>23</b>
2.1. ASPECTOS BIOLOGICOS .....	23
2.1.1. Diversidad de organismos.....	23
2.1.2. Índice ABI.....	29
2.2. ASPECTOS FISICO-QUIMICOS.....	31
2.2.1. Agua.....	31
2.2.2. Sedimentos:.....	35
2.3. ANALISIS ESTADISTICO .....	38
2.3.1. Dendrograma Cluster .....	38
2.3.2. Análisis CART.....	42
2.4. USO ACTUAL DEL AGUA .....	46
2.5. USO ACTUAL DEL SUELO.....	47
2.5.1. Uso actual del suelo en el cantón Camilo Ponce Enríquez.....	47
2.5.2. Uso actual del suelo en la cuenca del Río Gala .....	48
<b>CAPITULO III: DISCUSIONES.....</b>	<b>51</b>
3.1. FISICO-QUIMICAS.....	51
3.1.1. Sedimentos.....	51
3.1.2. Agua.....	52
3.2. Biológicas .....	59
3.3. Análisis Cluster.....	63
3.4. Análisis Cart .....	63
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>64</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>67</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>72</b>

## ÍNDICE DE MAPAS

<b>Mapa 1:</b> UBICACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO GALA EN EL CANTÓN CAMILO PONCE ENRÍQUEZ.....	<b>122</b>
<b>Mapa 2:</b> UBICACIÓN PROVINCIAL DE LA CUENCA DEL RÍO GALA.....	<b>13</b>
<b>Mapa 3:</b> UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO EN LA CUENCA DEL RÍO GALA.....	<b>154</b>
<b>Mapa 4:</b> USO ACTUAL DEL AGUA EN LOS RÍOS GALA Y CHICO DENTRO DE LA CUENCA DEL GALA.....	<b>466</b>
<b>Mapa 5:</b> USO ACTUAL DEL SUELO EN EL CANTÓN CAMILO PONCE ENRÍQUEZ.....	<b>47</b>
<b>Mapa 6:</b> USO ACTUAL DEL SUELO EN LA CUENCA DEL RÍO GALA EN EL CANTÓN CAMILO PONCE ENRÍQUEZ.....	<b>49</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Resumen y ubicación de las 9 estaciones de muestreo en los 2 ríos en la zona del recinto Shumiral.....	<b>155</b>
<b>Tabla 2:</b> Metodologías empleadas para la medición de las variables Físico – químicas....	<b>19</b>
<b>Tabla 3:</b> Significado de los valores del índice biológico ABI y colores a utilizarse en representaciones cartográficas (Ríos, Costa y Prat, 2006).....	<b>21</b>
<b>Tabla 4:</b> Puntuación ABI (Andean Biotic Index) adaptados por Ríos, Acosta y Prat, 2006, de las familias presentes durante todos los muestreos, según el grado de tolerancia a la contaminación.....	<b>22</b>
<b>Tabla 5:</b> Uso de Suelo en Camilo Ponce Enríquez.....	<b>48</b>
<b>Tabla N° 6:</b> total de macroinvertebrados encontrados en los 2 ríos en la época de verano.....	<b>84</b>
<b>Tabla N° 7:</b> total de macroinvertebrados encontrados en los 2 ríos en la época de invierno.....	<b>85</b>
<b>Tabla N° 8:</b> resultados de las muestras de agua en los 2 ríos en la época de invierno.....	<b>86</b>
<b>Tabla N° 9:</b> resultados de las muestras de sedimentos en los 2 ríos en la época de invierno.....	<b>86</b>
<b>Tabla N° 10:</b> resultados de las muestras de agua en los 2 ríos en la época de verano.....	<b>87</b>
<b>Tabla N° 11:</b> resultados de las muestras de sedimentos en los 2 ríos en la época de verano.....	<b>87</b>
<b>Tabla N° 12:</b> uso actual del agua en los ríos Gala y Chico.....	<b>88</b>
<b>Tabla N° 13:</b> Matriz de datos de verano con las muestras de agua.....	<b>89</b>
<b>Tabla N° 14:</b> Matriz de datos de verano con las muestras de sedimentos.....	<b>90</b>
<b>Tabla N° 15:</b> Matriz de datos de invierno con las muestras de agua.....	<b>91</b>
<b>Tabla N° 16:</b> Matriz de datos de invierno con las muestras de sedimento.....	<b>91</b>
<b>Tabla N° 17:</b> valores del TULAS utilizados.....	<b>92</b>

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1:</b> Abundancia de individuos por familia durante todos los muestreos.....	<b>24</b>
<b>Gráfico 2:</b> Abundancia de individuos por familia durante todos los muestreos de la época de invierno.....	<b>25</b>
<b>Gráfico 3:</b> Abundancia de individuos por familia durante todos los muestreos de la época de verano.....	<b>26</b>
<b>Gráfico 4:</b> Riqueza de familias por sitio de muestreo.....	<b>27</b>
<b>Gráfico 5:</b> Abundancia relativa de individuos por estación en la época de invierno .....	<b>28</b>
<b>Gráfico 6:</b> Abundancia relativa de individuos por estación en la época de verano.....	<b>29</b>
<b>Gráfico 7:</b> Índice ABI, evaluado en 9 estaciones pertenecientes a los ríos Gala y Chico, época de invierno.....	<b>30</b>
<b>Gráfico 8:</b> Índice ABI, evaluado en 9 estaciones pertenecientes a los ríos Gala y Chico, época de verano.....	<b>31</b>
<b>Gráfico 9:</b> Concentraciones de cadmio en sedimentos.....	<b>35</b>
<b>Gráfico 10:</b> Concentraciones de zinc en sedimentos.....	<b>36</b>
<b>Gráfico 11:</b> Concentraciones de cobre en sedimentos.....	<b>37</b>
<b>Gráfico 12:</b> Concentraciones de mercurio en sedimentos.....	<b>37</b>
<b>Gráfico 13:</b> Porcentaje de similitud entre las estaciones muestreadas de acuerdo a la estructura y composición de las comunidades de macroinvertebrados y los parámetros Físico-Químicos con respecto a las muestras de agua en la época de invierno.....	<b>38</b>
<b>Gráfico 14:</b> Porcentaje de similitud entre las estaciones muestreadas de acuerdo a la estructura y composición de las comunidades de macroinvertebrados y los parámetros Físico-Químicos con respecto a las muestras de agua en la época de verano.....	<b>39</b>
<b>Gráfico 15:</b> Porcentaje de similitud entre las estaciones muestreadas de acuerdo a la estructura y composición de las comunidades de macroinvertebrados y los parámetros Físico-Químicos con respecto a las muestras de sedimento en la época de invierno.....	<b>40</b>
<b>Gráfico 16:</b> Porcentaje de similitud entre las estaciones muestreadas de acuerdo a la estructura y composición de las comunidades de macroinvertebrados y los parámetros Físico-Químicos con respecto a las muestras de sedimento en la época de verano.....	<b>41</b>
<b>Gráfico 17:</b> muestra la representación gráfica de la clasificación en dos grupos en invierno.....	<b>42</b>
<b>Gráfico 18:</b> Los dos grupos obtenidos en la clasificación en función de las variables analizadas en todos los muestreos en invierno.....	<b>43</b>
<b>Gráfico 19:</b> muestra la representación gráfica de la clasificación en dos grupos en verano.....	<b>44</b>

**Gráfico 20:** Los dos grupos obtenidos en la clasificación en función de las variables analizadas en todos los muestreos en verano.....45

## ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS

<b>Foto 1:</b> Estación N° 1 Río Chico.....	<b>72</b>
<b>Foto 2:</b> Estación N° 2 Río Chico.....	<b>72</b>
<b>Foto 3:</b> Estación N° 3 Río Chico.....	<b>72</b>
<b>Foto 4:</b> Estación N° 4 Río Chico.....	<b>72</b>
<b>Foto 5:</b> Estación N° 1 Río Gala.....	<b>73</b>
<b>Foto 6:</b> Estación N° 2 Río Gala.....	<b>73</b>
<b>Foto 7:</b> Estación N° 3 Río Gala.....	<b>72</b>
<b>Foto 8:</b> Estación N° 4 Río Gala.....	<b>72</b>
<b>Fotos 9 y 10:</b> Estación N° 5 unión de los ríos Gala y Chico.....	<b>74</b>
<b>Foto 11:</b> captura de macroinvertebrados .....	<b>74</b>
<b>Foto 12:</b> etiquetado de las muestras.....	<b>75</b>
<b>Foto 13:</b> toma de muestra de agua en el río Chico.....	<b>75</b>
<b>Foto 14:</b> georeferenciación de la estación de muestreo.....	<b>75</b>
<b>Fotos 15:</b> individuos adultos de la familia Elmidae.....	<b>76</b>
<b>Fotos 16:</b> individuos en estado larvario de la familia Elmidae.....	<b>76</b>
<b>Fotos 17:</b> individuos en estado larvario de la familia Psephenidae.....	<b>77</b>
<b>Foto 18:</b> representante de la familia Ptilodactylidae.....	<b>77</b>
<b>Fotos 19:</b> individuos adultos de la familia Naucoridae.....	<b>78</b>
<b>Foto 20:</b> individuo en estado larvario de la familia Tabanidae.....	<b>79</b>
<b>Foto 21:</b> individuo en estado larvario de la familia Tipulidae.....	<b>79</b>
<b>Foto 22:</b> individuo en estado larvario de la familia Corydalidae.. ..	<b>80</b>
<b>Fotos 23:</b> individuos en estado larvario de la familia Perlidae.....	<b>80</b>
<b>Fotos 24:</b> individuos en estado larvario de la familia Gomphidae.....	<b>81</b>
<b>Fotos 25:</b> individuos en estado larvario de la familia Polythoridae.....	<b>81</b>
<b>Foto 26:</b> individuo en estado larvario de la familia Hydropsychidae.....	<b>82</b>
<b>Fotos 27:</b> casas de individuos de la familia Leptoceridae.....	<b>82</b>
<b>Fotos 28:</b> individuos en estado larvario de la familia Oligoneuridae.....	<b>83</b>

**INDICE DE ANEXOS**

<b>Anexo 1:</b> Fotografías de las estaciones de muestreo del río Chico.....	<b>72</b>
<b>Anexo 2:</b> Fotografías de las estaciones de muestreo del río Gala.....	<b>73</b>
<b>Anexo 3:</b> Fotografías de la estación de muestreo ubicada en la unión de los ríos Gala y Chico.....	<b>74</b>
<b>Anexo 4:</b> Fotografías de los muestreos de agua y macroinvertebrados.....	<b>74</b>
<b>Anexo 5:</b> Fotografías de algunos Macroinvertebrados presentes en los muestreos.....	<b>76</b>
<b>Anexo 6:</b> Tablas de macroinvertebrados encontrados en los ríos Gala y Chico.....	<b>84</b>
<b>Anexo 7:</b> Tablas de los parametros físico-químicos encontrados en los ríos Gala y Chico.....	<b>86</b>
<b>Anexo 8:</b> tabla de la georeferenciación y el uso actual del agua en los ríos Gala y Chico.....	<b>88</b>
<b>Anexo 9:</b> matrices de datos de las muestras de agua y sedimentos en invierno y verano.....	<b>89</b>
<b>Anexo 10:</b> valores del TULAS utilizados para la comparación.....	<b>92</b>

Armijos Guaicha Javier Francisco  
Trabajo de Graduación  
Blgo. Edwin Zárate Hugo  
Diciembre, 2009

## **INFLUENCIA DE LAS ACTIVIDADES ANTROPICAS EN LA CALIDAD DEL AGUA EN LA SUBCUENCA DEL RIO GALA MEDIANTE EL ESTUDIO DE BIOINDICADORES Y PARAMETROS FISICO-QUIMICOS EN EL RECINTO SHUMIRAL PROVINCIA DEL AZUAY**

### **INTRODUCCIÓN**

La explotación irracional de los recursos naturales en la provincia del Azuay, ha sido influenciada gravemente debido a las actividades agrícola, pecuaria, especialmente la minera que existe.

El cantón Camilo Ponce Enríquez se encuentra ubicado en el sector oeste, en la zona costanera de la provincia del Azuay. Su población se dedica a la explotación de las minas de oro que es la base productiva y la principal actividad económica de este cantón, también es común ver cultivos de cacao y banano. Donde todas estas actividades están causando serios problemas ambientales (Guía turística y cultural del Azuay, 2008).

El mal aprovechamiento de las cuencas especialmente de aquellas áreas que están sometidas a la permanente explotación de los bosques, han hecho que estas sean vulnerables a la erosión, impidiendo así una recarga natural de los manantiales que alimentan los ríos, la mala regulación de las fases del ciclo hídrico, favoreciendo las inundaciones, el deterioro de la fauna existente y la mala calidad del agua para beneficio de los usuarios, entre otros. (FUNGEOMINE, 2002).

El ecosistema acuático es el resultado de la interacción de los organismos que allí viven con la calidad físico-química del agua, la atmosfera y el medio terrestre que lo rodea. El agua es el compuesto más abundante sobre la tierra, posee unas características físicas y químicas que la hacen fundamental y única para el desarrollo de la vida. Por tanto cualquier alteración que el hombre cause en ella, repercute en las comunidades que la habitan. El agua tiene, además, la capacidad de transporte rápido de todo tipo de sustancias, incomparable con ningún otro compuesto (Roldán, 2003).

Para el ecólogo, un ecosistema acuático es un sistema funcional en el cual hay un intercambio cíclico de materia y energía entre los organismos vivos y el ambiente abiótico. Por tanto, la biología y la química están estrechamente relacionadas y en la evaluación de las aguas naturales y contaminadas, juegan papeles complementarios (Roldán, 2003).

El estudio de la fauna de las aguas brinda información acerca de las características fisicoquímicas del agua y de las condiciones de integridad ecológica. Mediante este tipo de estudio se puede conocer el estado de eutrofización o contaminación de un cuerpo de agua, sus posibilidades para consumo humano y animal y su grado de aceptabilidad para irrigación, para usos industriales, para piscicultura y demás actividades humanas relacionadas con el campo hídrico (Roldán, 1996).

Los ecosistemas acuáticos continentales (loticos y lenticos), más que ningún otro ecosistema, son los que han sufrido más los impactos causados por la actividad humana en las últimas décadas. Los desechos industriales y domésticos de una población cada vez creciente, tienen como destino final los ríos, y en último término, el mar. La fauna de muchos ríos del mundo ha desaparecido o se ha visto sustancialmente reducida por estos motivos (Roldán, 1996).

### **Los macroinvertebrados acuáticos como organismos bioindicadores.**

La evaluación de la calidad del agua se ha realizado tradicionalmente con base en los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos. Sin embargo, en los últimos años, muchos países han aceptado la inclusión de las comunidades acuáticas como un hecho fundamental para evaluar la calidad de los ecosistemas acuáticos (Roldán, 2003).

En la vigilancia y control de la contaminación de las aguas, en base a organismos como “bioindicadores”, existen multitud de metodologías que utilizan una amplia variedad de organismos: bacterias, protozoos, algas, micrófitos, macroinvertebrados, peces, etc. (Hellowell, 1986, en Alba J, 1996).

De todas las metodologías utilizadas, aquellas basadas en el estudio de macroinvertebrados acuáticos son las mayoritarias. Las razones fundamentales de esta preferencia por parte de los investigadores radica en: su tamaño relativamente grande, que su muestreo no es difícil y que existen técnicas de muestreo muy estandarizadas que no requieren equipos costosos, además presentan ciclos de desarrollo lo suficientemente largos que les hace permanecer en los cursos de agua el tiempo suficiente para detectar cualquier alteración, y la diversidad que presentan es tal que hay una casi infinita gama de tolerancia frente a diferentes parámetros de contaminación (Hellowell, 1986, en Alba J, 1996).

La estructura de la comunidad de macroinvertebrados bénticos es a menudo usada como un indicador de los efectos de las actividades humanas en sistemas acuáticos y nos proveen de gran información acerca de la calidad del agua y hábitat (Woodcock and Huryn, 2007).

Los organismos bénticos son el centro de muchos procesos en los ecosistemas acuáticos por sus roles en el procesamiento del flujo de energía y nutrientes (Webster & Benfield, 1986; Fore, Karr & Wisseman, 1996; Wallace, Grubaugh & Whiles, 1996, en Woodcock and Huryn, 2007)). La variedad de taxones con diversos ciclos de vida y tiempos de generación representan algunos niveles tróficos y comportamiento y funcionamiento en el agua, que pueden demostrar un amplio espectro de respuestas estructurales a varias permutaciones de estrés (Rosenberg & Resh, 1993, en Woodcock and Huryn, 2007).

Ghetti y Bonazzi (1981) consideran los macroinvertebrados acuáticos como los mejores bioindicadores de la calidad del agua. Les siguen en su orden, las algas, los protozoos, las bacterias y en menor grado, los peces, las macrofitas, los hongos y los virus (Roldan, 2003).

Las razones por las cuales se consideran los macroinvertebrados como los mejores bioindicadores de calidad de agua son las siguientes:

- Son abundantes de amplia distribución y fáciles de coleccionar.
- Son sedentarios en su mayoría y, por tanto, reflejan las condiciones locales.
- Relativamente fáciles de identificar, si se compara con otros grupos, como las bacterias, virus entre otros.
- Presentan los efectos de las variaciones ambientales de corto tiempo.
- Proporcionan información para integrar efectos acumulativos.
- Poseen ciclos de vida largo.
- Son apreciables a simple vista.
- Se pueden cultivar en laboratorio.
- Responden rápidamente a los cambios ambientales.
- Varían poco genéticamente.

Es un hecho que la composición de las comunidades de macroinvertebrados refleja la calidad de los ecosistemas acuáticos. Por ello, los métodos de evaluación basados en estos organismos han sido ampliamente utilizados desde hace varias décadas como una parte integral del monitoreo de la calidad del agua. Los países de la Unión Europea han sido los líderes en este proceso. Los estudios basados en esta metodología han permitido un conocimiento del estado ecológico de sus ríos y lagos, lo cual les sirvió de base para elaborar planes para una sorprendente recuperación en los últimos veinte años. (Roldan, 2003).

Por otra parte, los análisis físicos y químicos de muestras discretas reflejan apenas las condiciones del agua en el momento de la recolección y no son capaces de detectar alteraciones causadas por descargas accidentales de contaminantes o por descargas discontinuas (Sánchez, 1995).

### **Los parámetros Físico-Químicos**

**Físicos.** Se refieren al estudio de caudales en épocas de crecidas y de estiaje. Así como a la medición de parámetros como oxígeno, temperatura.

**Químicos.** Son los que generalmente se hacen en laboratorio como: pH, conductividad, dureza, turbiedad, sólidos, fósforo, nitrógeno, flúor, cloruros, sulfatos, hierro, cianuros, etc. De ser necesario se debe hacer determinación de pesticidas y metales pesados como: mercurio, cobre, cadmio, zinc, plomo. Cabe mencionar, que el analizar estos parámetros tiene un alto costo. A partir de estos resultados se tendrá una idea de las características del curso de agua. En los próximos años no serán necesarios tomar tantas muestras, a menos que se presenten anomalías denunciadas por los usuarios o detectadas en el monitoreo de la estructura de la comunidad de macroinvertebrados. Los resultados obtenidos se deben confrontar con los valores máximos permisibles presentados en el Texto Unificado de la Legislación Ambiental (TULAS) y para englobar resultados, para

una mejor interpretación, se pueden aplicar índices de calidad como el WQI, de la Fundación Norteamericana de Sanidad o el índice de calidad de agua (ICA), estipulada en la Legislación Española.

### **Contaminación del agua**

Contaminantes de las aguas son cualesquiera formas de materia o energía cuya presencia, evacuación o liberación pueda causar daños a la biota. De este modo, la evacuación de efluentes con temperatura elevada o con alto grado de salinidad puede ser tanto o más perjudicial a las comunidades acuáticas como la evacuación de sustancias tóxicas. Residuos sólidos dispuestos en forma inadecuada sobre el suelo son también una fuente de contaminación de las aguas superficiales o subterráneas, mientras que contaminantes del aire como el dióxido de azufre puede también constituirse en contaminantes del agua, en este caso a través de su precipitación en forma de lluvia ácida (Sánchez, 1995).

De esta manera, un cuerpo de agua estará contaminado si presenta concentraciones de sustancias químicas o partículas sólidas y características físicas suficientemente diferentes de las naturales para provocar una modificación de las condiciones del hábitat, haciéndolo dañino para los seres vivos o perjudiciales para la salud del hombre (Sánchez, 1995).

### **Balance de agua a nivel mundial**

El balance global del agua refleja que en el nivel del mar es más el agua que se evapora que la que se precipita; en cambio, a nivel continental ocurre lo contrario. La evaporación de los océano es, por lo tanto, la fuente fundamental del agua en los continentes (Roldán, 1992).

Sin embargo, las modificaciones que el hombre está haciendo en el ambiente, especialmente con la destrucción de la selva amazónica, pueden traer alteraciones en el balance del agua y en el clima de magnitudes aún no suficientemente evaluadas por él (Roldán, 1992).

### **La industria minera**

Considerando que la minería es una actividad comercial tan antigua como el hombre en base de la cual 5 mil millones de habitantes del planeta pueden vivir gracias a la utilización de los productos o derivados de esta industria, estimándose por ejemplo que cada persona consume durante su vida 500 Kg. de plomo y zinc, 800 Kg. de cobre, 2000 Kg. de aluminio, 41000 Kg. de hierro y acero, 160000 Kg. de carbón y más de 41000 Kg. de arcilla, arena, ripio y cemento (Pillajo, 1997).

El oro por su nobleza y por ser el más hermoso de los metales ha jugado un papel importante y algunas veces dominante en el progreso y la experiencia humana, primero como un metal para ornamentación, luego como moneda siendo el único medio internacional de intercambio, y ahora como un elemento indispensable en una amplia gama de industrias (Pillajo, 1997).

En el Ecuador tenemos explotaciones artesanales de oro en roca y en placeres (de forma aluvial) en muchos lugares, cubriendo un 70% del Ecuador, estos se encuentran ubicados en la costa, sierra y oriente (Pillajo, 1997).

### **Problemática de la zona**

El recinto Shumiral por ser un territorio donde una de las principales actividades económicas es la minera, la población se encuentra expuesta permanentemente a la contaminación del medio ambiente con los químicos que se utilizan en dicho trabajo, que se agravan si se suma los frecuentes accidentes, tala de bosques y enfermedades propias de la actividad minera.

Los asentamientos humanos en la parte alta especialmente en el área minera carecen de una infraestructura adecuada, al no contar con los servicios básicos en donde existe contaminación biológica debido a los desechos orgánicos, basura, etc. que son evacuados a la intemperie siendo estos arrastrados hacia las corrientes de agua (Schreckinger, et.al. 1990).

Prácticamente toda actividad de minería tiene el potencial de contaminar las aguas. Las minas y sus instalaciones auxiliares ocupan grandes áreas expuestas a las lluvias, propiciando el contacto de las aguas con el mineral, con los estériles y con el suelo expuesto, potencializando una serie de procesos del medio físico, como la erosión, o procesos químicos como la oxidación de los sulfuros, causantes de drenaje ácido (Sánchez, 1995).

Una conclusión general a la que llegan los estudios de Monitoreo Ambiental en el Sur del Ecuador manifiesta lo siguiente:

“La explotación de oro en el sur del Ecuador ha causado considerables impactos ambientales, siendo los más severos los de las áreas Portovelo, Zaruma y Ponce Enríquez. Los principales contaminantes son cianuro, metales pesados y mercurio. Las fuentes más significativas de estos contaminantes son las colas descargadas directa o indirectamente en los ríos, por los sistemas de disposición inadecuados”. La descarga de

estos contaminantes ha provocado la extinción de toda forma de vida superior en ciertos tramos de ríos (Prodeminca, 1999).

También los resultados publicados por el Departamento Ambiental del Municipio de Guayaquil, del análisis de muestras de los ríos Gala, Chico, Tenguel y Siete, en la parroquia Tenguel, en Guayas, donde llegan cantidades alarmantes de sustancias tóxicas producidas por la minería de oro en el cantón Camilo Ponce Enríquez, en Azuay. El mercurio y arsénico, por ejemplo, están presentes en el río Gala en niveles 24,14 y 12,5 veces, respectivamente, sobre los límites permitidos, mientras sus concentraciones en río Siete son 50 y 14,58 veces las permitidas (Ellen, M. 2008).

La actividad agrícola y ganadera sigue aumentando su frontera y de esta manera ayuda al deterioro y la alteración de los pocos bosques que aun existen en la zona.

### **Justificación del proyecto**

En Ecuador, los macroinvertebrados acuáticos no son empleados oficialmente para la evaluación y monitoreo de la condición de los ríos y arroyos. Algunos estudios han sido realizados localmente en este ámbito, en su mayoría realizados en regiones altas, siendo pocos los realizados en tierras bajas. El presente estudio busca determinar la calidad del agua de la sub cuenca del río Gala, caracterizando la red hidrográfica en base a sus variables físico-químicas y biológicas.

De igual forma la importancia de este estudio se da por el uso y mal manejo de los recursos naturales en la zona de Shumiral debido a las actividades como son: minería, agricultura y ganadería, las mismas que están alterando los bosques, cambiando la dinámica y la composición del agua y por ende un desequilibrio ecológico en la zona.

## **CAPITULO I**

### **METODOLOGIA**

#### **1.1 DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO**

El presente estudio se lo realizó en la cuenca del río Gala, en la zona del recinto Shumiral del Cantón Camilo Ponce Enríquez, en la provincia del Azuay. En las estribaciones sur occidentales del Ecuador.

La cuenca del río Gala tiene un total de 21772 hectáreas y está conformada por dos afluentes principales: Gala y Chico.

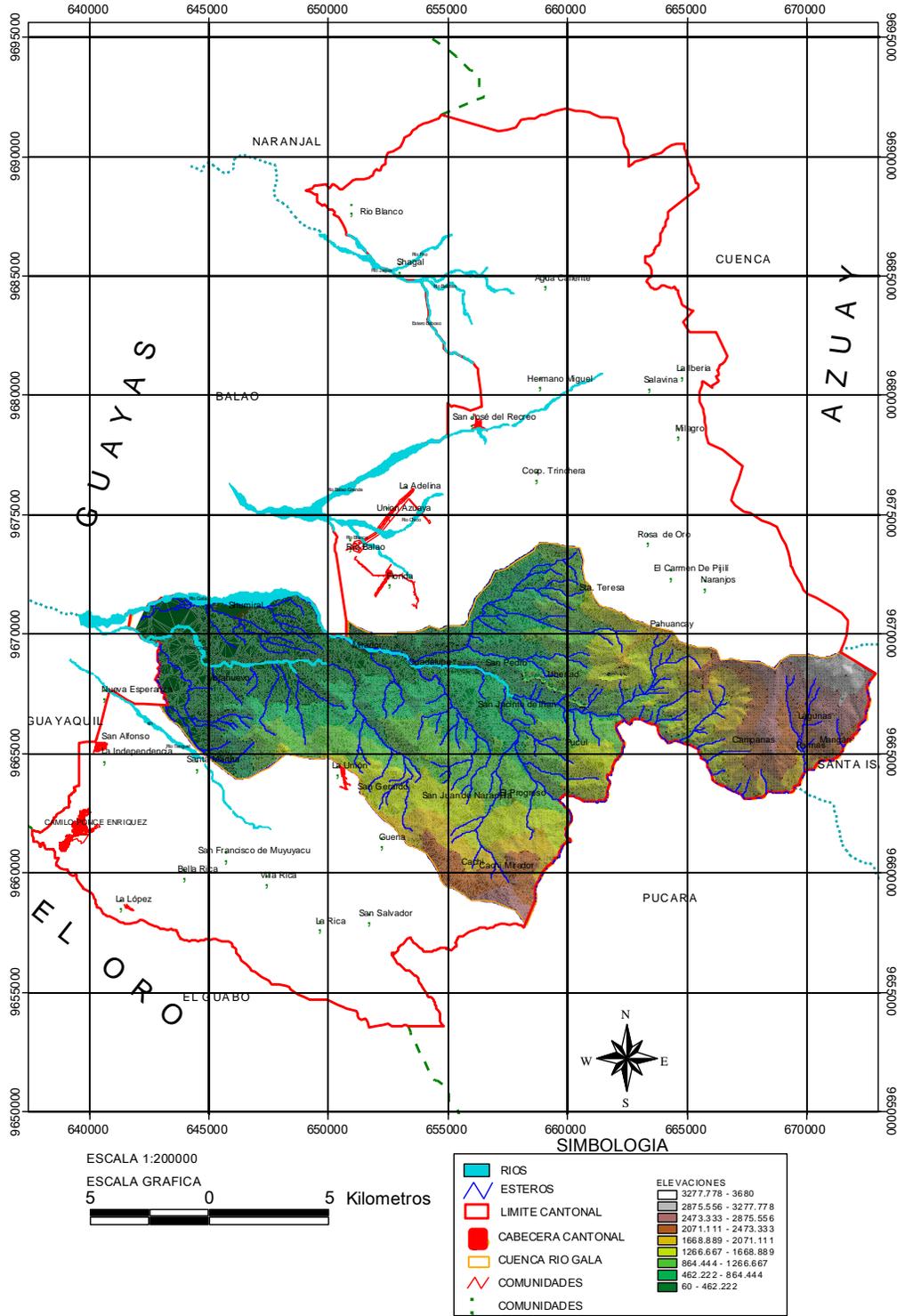
Los ríos Gala y Chico tienen sus orígenes en la Cordillera Occidental, con curso en dirección Este-Oeste, en las coordenadas 679600 E – 9663850 N el río Gala y 653750 E - 9661525 N el río Chico. El nacimiento de estos se da a una altitud de 3880 y 2000msnm respectivamente. Las aguas del río Gala son relativamente limpias, mientras que el río Chico recibe en su parte superior una considerable contaminación por las actividades mineras en el sitio la Fortuna y San Gerardo.

El principal confluente del Río Gala es el Río Chico, quien se une a su tributario, desde el sudeste, cuyo caudal es aproximadamente la décima parte del Río Gala y su confluencia está ubicada al oeste de la carretera Panamericana Machala-Guayaquil a una altitud aproximada de 42msnm.

### 1.1.1 **Características Agro-climáticas de la zona de estudio**

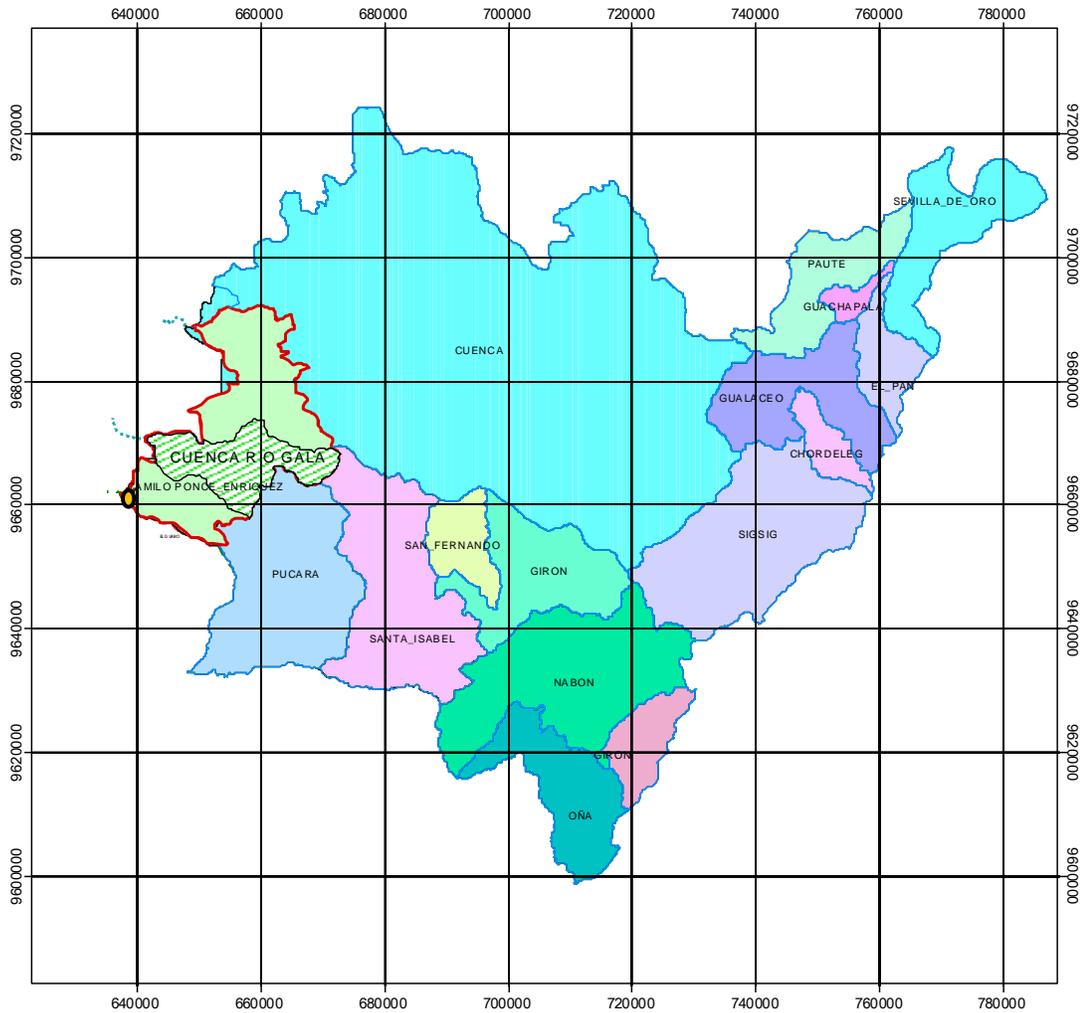
Altura va desde los 2000 a 30 m.s.n.m., temperatura 23°C promedio, precipitación promedio 1455,3 mm y humedad relativa 90% promedio.

## UBICACION DE LA CUENCA DEL RIO GALA CAMILO PONCE ENRIQUEZ



**MAPA 1:** Ubicación de la cuenca del Río Gala en el cantón Camilo Ponce Enríquez (fuente y elaboración Ing. Gustavo Naspud Director del departamento de avalúos y catastros del Municipio de Camilo Ponce Enríquez).

### UBICACION PROVINCIAL DE LA CUENCA DEL RIO GALA CAMILO PONCE ENRIQUEZ



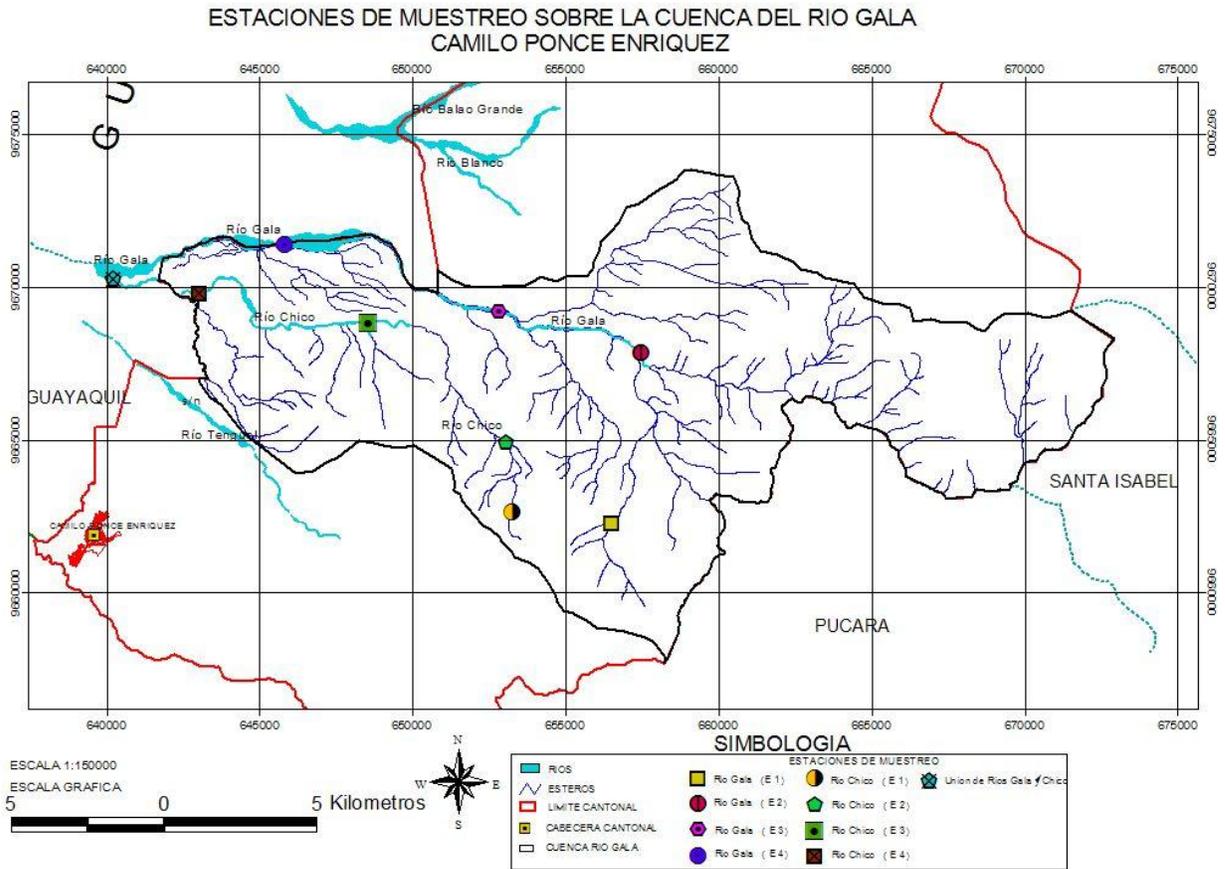
ESCALA 1:900000



#### SIMBOLOGIA

	Cuenca Río Gala
	Cabecera cantonal
	Cantones
	Límite Cantonal
Cantones de la Provincia del Azuay	
	CHORDELEG
	CUENCA
	EL_PAN
	GIRON
	GUACHAPALA
	GUALACEO
	NABON
	SIGSIG
	OÑA
	PARTE_GIRON
	PAUTE
	CAMILO PONCE_ENRIQUEZ
	PUCARA
	SAN_FERNANDO
	SANTA_ISABEL
	SEVILLA_DE_ORO

**MAPA 2: Ubicación provincial de la cuenca del Río Gala (fuente y elaboración Ing. Gustavo Naspud Director del departamento de avalúos y catastros del Municipio de Camilo Ponce Enríquez).**



**MAPA 3: Ubicación de las estaciones de muestreo en la cuenca del Río Gala (fuente y elaboración Ing. Gustavo Naspud Director del departamento de avalúos y catastros del Municipio de Ponce Enríquez).**

PARROQUIA	LOCALIDAD	LONGITUD (UTM)	LATITUD (UTM)	ALTITUD (msnm)	NOMBRE DEL RIO O QUEBRADA	CODIGO	CARACTERISTICAS
Shumiral	San Gerardo	653254	9662644	1578	Río Pinglio (río Chico)	RCH - E1 (estación Nro. 1)	Presenta una vegetación mayormente formada por pastos, cultivos y pocos matorrales; con pocos arbustos en las orillas. Presenta un sendero al margen derecho. El tipo de sustrato está formado por arena, piedrecillas y gran cantidad de hojarasca.
Shumiral	La Fortuna	653046	9664956	919	Río Chico	RCH – E2 (estación Nro. 2)	Vegetación nativa destruida casi en su totalidad, formada mayormente por pastizales. Existen varios senderos a su alrededor construidos para los trabajos mineros. El tipo de sustrato está formado en su mayoría por arena compacta y residuos de desechos producto de la actividad minera.
Shumiral	Sector Río Chico	648547	9668841	159	Río Chico	RCH – E3 (estación Nro. 3)	Presenta una vegetación mayormente formada por cultivos de cacao y pocos matorrales y arbustos. Existe la vía a las minas al margen derecho. El tipo de sustrato está formado de arena, piedrecillas y residuos de los desechos de la minería.
Shumiral	Sector Vía Panamericana	643054	9669773	43	Río Chico	RCH – E4 (estación Nro. 4)	En esta zona existe una vegetación mayormente formada por pastizales con gran número de ganado, seguido por cultivos de cacao y muy pocos arbustos. Sustrato formado por arena y piedrecillas.
Shumiral	Naranjillas	656492	9662264	1288	Quebrada Cachi (río Gala)	RGA - E1 (estación Nro. 1)	Existe una vegetación formada por pastizales, cultivos y todavía se aprecian algunos remanentes de árboles y arbustos nativos. Presenta una vía de segundo orden que atraviesa la quebrada en la parte de abajo. El tipo de sustrato está formado por piedrecillas, rocas grandes y poca arena.
Shumiral	San Pedro	657441	9667859	504	Río Gala	RGA – E2 (estación Nro. 2)	Existe una vegetación formada por pastizales, cultivos y unos pocos remanentes de árboles y arbustos nativos. El tipo de sustrato está formado piedrecillas y arena
Shumiral	Mirador	652803	9669208	262	Río Gala	RGA – E3 (estación Nro. 3)	Vegetación formada por pastizales, cultivos de cacao y muy pocos remanentes de árboles y arbustos nativos. El tipo de sustrato está formado gravilla y arena
Shumiral	Shumiral	645818	9671398	78	Río Gala	RGA – E4 (estación Nro. 4)	En esta zona presenta en su mayoría cultivos de cacao, seguido de pastizal y matorrales; no existe vegetación nativa. El tipo de sustrato está formado por grava, arena y piedrecillas.
Shumiral	San Rafael	640214	9670254	29	Unión de ríos Gala y Chico	RGYC – E5 (estación Nro. 5)	Presenta una vegetación formada en su mayoría por pastizales con ganadería seguido de cultivos de banano y cacao, con pocos matorrales y arbustos. El tipo de sustrato está formado por gravilla, piedrecillas y arena.

**TABLA 1.- RESUMEN Y UBICACIÓN DE LAS 9 ESTACIONES DE MUESTREO EN LOS 2 RÍOS EN LA ZONA DEL RECINTO SHUMIRAL.**

## **1.2 MATERIALES Y METODOS**

El presente estudio está dividido en fase de campo y fase de laboratorio; y en este se utilizo lo siguiente:

En la fase de campo: cartas topográficas, GPS, alfiler, cámara digital, red de patada, recipientes, botellas plásticas, frascos, alcohol al 75%, cinta maskin, bolígrafos, marcadores y libreta de apuntes.

En la fase de laboratorio: pinzas, cajas petri, lámparas, estereoscopio y libros de claves taxonómicas para la identificación de los macroinvertebrados.

## **1.3 FASE DE CAMPO**

Mediante análisis cartográfico y de campo se determinaron las estaciones de muestreo en los dos ríos, en donde se trabajó con: alfiler, cartas topográficas y GPS para de esta manera determinar los puntos exactos con coordenadas y altitud de cada estación (Ver Tabla 1).

Mediante entrevistas y recorridos se localizaron las captaciones y se describieron los sistemas de los diferentes usos que se da al agua en esta región. Las captaciones fueron geoposicionadas en un mapa utilizando un SIG (Ver mapa 4). Además se generaron archivos de puntos con su respectiva base de datos (Ver Tabla 12 en anexo 8).

### **1.3.1 Muestreos**

Para el estudio de macroinvertebrados y parámetros físico-químicos se tomaron las muestras en el mismo sitio; esto se efectuó en las dos épocas del año: invierno (Abril y Mayo) y verano (Agosto y Septiembre); además se establecieron 4 estaciones de

muestreo en cada uno de los ríos respectivamente y una quinta estación ubicada en la unión de estos, en un rango que va desde los 2000 y 30 msnm.

#### **1.3.1.1 Biológico**

Para el muestreo de macroinvertebrados se aplicó el método de la red de patada (1 x 1 m y ojo de malla de 250um), puesto que este método de recolección es el más adecuado para las aguas corrientes poco profundas (Roldan, 1996) como en el caso de los ríos de la cuenca del Río Gala. Además, es un método cualitativo, ideal para evaluar la calidad biótica de los ríos a través de la comunidad béntica que actúa como un sensor ambiental.

Se muestreo un área de 2 metros cuadrados y se colectaron 2 réplicas por estación, y estas fueron almacenadas en envases plásticos, etiquetadas y fijadas en alcohol al 75%.

#### **1.3.1.2 Parámetros Físico-Químicos**

Para determinar estos parámetros se tomaron muestras de agua y de sedimentos sin repetición. Estas se colocaron en un cooler a baja temperatura para que no sufran alteración y se llevaron de forma inmediata hasta el laboratorio, excepto caudal que se midió en el mismo sitio de muestreo. En el laboratorio las muestras se estabilizaron y se conservaron en refrigeración y se analizaron máximo 72 horas luego de su llegada al mismo.

Los parámetros que se determinaron son los siguientes: sólidos disueltos, sólidos totales, DBO, DQO, turbiedad, caudal, OD, pH, dureza, cianuro, mercurio, cobre, cadmio, zinc, cloruros, sulfatos, nitratos totales y fósforo total.

Para medir el caudal, en primer lugar, se buscó un transecto de río con la sección lo más homogénea posible y por el que pasó todo el caudal, en donde se tomo datos para aplicar la siguiente fórmula:

$$C = \frac{d.a.p.k}{t}, \text{ donde}$$

d = distancia (3 o 5 m depende del ancho del cauce)

a = ancho,

p = profundidad

k = constante 0.8 canales rugosos, 0.9 canales lisos.

t = tiempo

El tiempo se obtuvo con el recorrido de un flotador en una distancia conocida, con un promedio de 5 a 8 repeticiones.

Unidad de medida: m<sup>3</sup>/seg

Todas las unidades de medidas para la aplicación de la formula deberán estar en metros.

#### **1.4 FASE DE LABORATORIO**

Los macroinvertebrados acuáticos (especies bioindicadoras de la calidad del agua) colectados se identificaron y determinaron hasta el nivel taxonómico de familia en los laboratorios de la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad del Azuay, mediante la utilización de claves taxonómicas de Roldán (1996) y Roldán (2003).

Las muestras de agua y sedimento para los parámetros físico-químicos se llevaron hasta los laboratorios de análisis ambientales de la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad del Azuay para su respectiva determinación. Estos parámetros excepto caudal y la metodología aplicada están recogidos en la Tabla 2.

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Método</b>	<b>Norma</b>
Sólidos Disueltos	mg/L	Gravimétrico	Standard Methods
Sólidos Totales	mg/L	Gravimétrico	Standard Methods
DBO	mg/L	Electrométrico	Standard Methods
DQO	mg/L	Espectrofotométrico	Standard Methods
Turbiedad	U.T.N	Espectrofotométrico	Standard Methods
Oxígeno Disuelto	O <sub>2</sub> /L	Electrométrico	Standard Methods
pH		Potenciométrico	Standard Methods
Dureza	mEq/L	Absorción Atómica	Standard Methods
Cianuros	mg/L	Destilación + Tit. Potenciométrica	Standard Methods
Mercurio en Agua y Sedimentos	mg/L	Vapor Frio – Absorción Atómica	Standard Methods
Cobre en Agua y Sedimentos	mg/L	Absorción Atómica	Standard Methods
Cadmio en Agua y Sedimentos	mg/L	Absorción Atómica	Standard Methods
Zinc en Agua y Sedimentos	mg/L	Absorción Atómica	Standard Methods
Cloruros	mg/L Cl	Electrodo Específico	Standard Methods
Sulfatos	mg/L	Turbidimétrico	Standard Methods
Fosforo Total	mg/L	Espectrofotométrico	Standard Methods
Nitratos totales	mg/L	Espectrofotométrico	Standard Methods

**TABLA 2: METODOLOGÍAS EMPLEADAS PARA LA MEDICIÓN DE LAS VARIABLES FÍSICO – QUÍMICAS**

## **1.5 REVISIÓN Y ORGANIZACIÓN DE INFORMACIÓN EN SIG**

Se recogió la información existente y la que se levantó se organizó en un sistema de información geográfica (Arcview).

Con la base de datos del departamento de avalúos y catastros del cantón Camilo Ponce Enríquez se realizó los análisis de imágenes satelitales para determinar el uso del agua y suelo y pasar al sistema ArcView.

## **1.6 ANALISIS Y TRATAMIENTO DE DATOS**

La información procedente de la recolección de los macroinvertebrados acuáticos y de los análisis físico-químicos fue ingresada a una base de datos de Microsoft Excel 2003 para su tabulación.

### **1.6.1 Análisis de datos biológicos**

Las réplicas de los muestreos de los macroinvertebrados de cada estación se las sumo y promedio obteniendo una sola muestra, debido a que el muestreo se lo realizó el mismo día.

El índice biótico utilizado en la evaluación de la calidad del agua por la composición y estructura de las comunidades bentónicas encontradas fue: Andean Biotic Index (ABI) (Ríos, Costa y Prat, 2006).

Este índice relaciona la presencia o ausencia de grupos de organismos identificados hasta el nivel taxonómico de familia y su nivel de tolerancia a la contaminación hídrica. Permite determinar una escala de valores para la comunidad en estudio y resume los

puntajes en categorías de calidad ambiental basadas en información regional de tipo fisicoquímica. Este índice ABI a diferencia del índice Biological Monitoring Working Party (BMWP) incluye mas familias de macroinvertebrados acuáticos.

El puntaje final se obtiene sumando los valores de todos los componentes de cada muestra determinando así la calidad del agua (Mandaville, S.M. 2002)

<b>Clase</b>	<b>Valor</b>	<b>Significado</b>	<b>Color</b>
I	>120 101 – 120	Aguas muy limpias Aguas no contaminadas o no alteradas de modo sensible	Azul
II	61 – 100	Son evidentes algunos efectos de contaminación	Verde
III	36 – 60	Aguas contaminadas	Amarillo
IV	16 – 35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	< 15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

**TABLA 3. SIGNIFICADO DE LOS VALORES DEL ÍNDICE BIOLÓGICO ABI Y COLORES A UTILIZARSE EN REPRESENTACIONES CARTOGRÁFICAS (RÍOS, COSTA Y PRAT, 2006)**

<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Valor de Tolerancia para el índice ABI</b>	
Haptotaxida F y G	Tubificidae	1	
	Enchytraeidae	1	
Tricladia	Planariidae	5	
Acari	Hydrachnidae	4	
Amphipoda	Gammaridae	6	
Collembola	Collembola	No Considerada	
Coleoptera	Dytiscidae	3	
	Haliplidae	No Considerada	
	Elmidae	5	
	Lampiridae	5	
	Gyridae	3	
	Psephenidae	5	
	Ptilodactylidae	5	
	Scirtidae	5	
	Staphylidae	3	
Diptera	Blepharoceridae	10	
	Ceratopogonidae	4	
	Sciomyzidae	No Considerada	
	Chironomidae	2	
	Psychodidae	3	
	Dixidae	4	
	Empididae	4	
	Muscidae	2	
	Simuliidae	5	
	Tabanidae	4	
	Dolichopodidae	4	
	Canaceidae	No Considerada	
		Tipulidae	5
	Ephemeroptera	Baetidae	4
Leptohyphidae		7	
Leptophlebiidae		10	
Caenidae		No Considerada	
	Oligoneuriidae	10	
Hemiptera	Geridae	10	
	Cicadellidae	No Considerada	
	Naucoridae	5	
Megaloptera	Corydalidae	No Considerada	
Neuroptera	Sialidae	No Considerada	
Odonata	Polythoridae	6	
	Calopterygidae	6	
	Coenagrionidae	8	
	Gomphidae	8	
	Libellulidae	6	
Plecoptera	Perlidae	10	
Trichoptera	Calamoceratidae	10	
	Helicopsychidae	10	
	Hydrobiosidae	8	
	Hydropsychidae	5	
	Hydroptilidae	6	
	Leptoceridae	8	
	Philopotamidae	8	
	Polycentropodidae	10	

**TABLA 4: PUNTUACIÓN ABI (ANDEAN BIOTIC INDEX) ADAPTADOS POR RÍOS, ACOSTA Y PRAT, 2006, DE LAS FAMILIAS PRESENTES DURANTE TODOS LOS MUESTREOS, SEGÚN EL GRADO DE TOLERANCIA A LA CONTAMINACIÓN.**

### **1.6.2 Análisis de datos físico-Químicos**

Los resultados de los análisis de agua y sedimento guardados en la base de datos se los comparó con los estándares establecidos de acuerdo a lo que expresa el Texto Unificado de la Legislación Ambiental (TULAS) para determinar que parámetros están fuera de los límites permisibles y por ende afectando la calidad del agua e influenciando en las comunidades de macroinvertebrados.

### **1.6.3 Dendrograma Clúster:**

Se utilizó el programa Scan Chemometric Analisis para Windows para determinar el porcentaje de similitud entre la composición de las comunidades bentónicas y los parámetros Físico-Químicos de cada estación en los 2 ríos de acuerdo a las distancias euclidianas; para la agrupación de datos se utilizó el método completo debido a que este me agrupó de una forma más real.

### **1.6.4 Método Cart**

Se trabajó con el programa Scan Chemometric Analisis y para el tratamiento de los datos se utilizó el método CART (SCAN.EXE) que es un método robusto no paramétrico que utiliza el concepto de la analogía, y no necesita hipótesis previas sobre la distribución de las variables, razones por las cuales fue elegido para este estudio. El método se basa sobre la selección de la variable discriminante y sobre la selección del valor de la variable mediante el cual se extiende la evaluación de las clases propias para clasificar y agrupar el objeto.

## CAPITULO II

### RESULTADOS

#### 2.1. ASPECTOS BIOLOGICOS

##### 2.1.1. Diversidad de organismos

En este estudio, en todos los muestreos de invierno y verano se capturaron un total de 3592 individuos pertenecientes a 52 familias agrupadas en 14 órdenes, en donde los cinco taxones más representativos fueron: Baetidae 31,84%, Leptophlebiidae 12,52%, (Ephemeroptera), Hydropsychidae 12,30% (Trichoptera), Elmidae 10,91% (Coleóptera) y Leptohiphidae 9,35% (Ephemeroptera) siendo el orden Ephemeroptera el más importante ya que constituyó el 53,73% de individuos; además la familia de los Baetidae fue la más representativa con 1144 individuos (Gráfico 1).

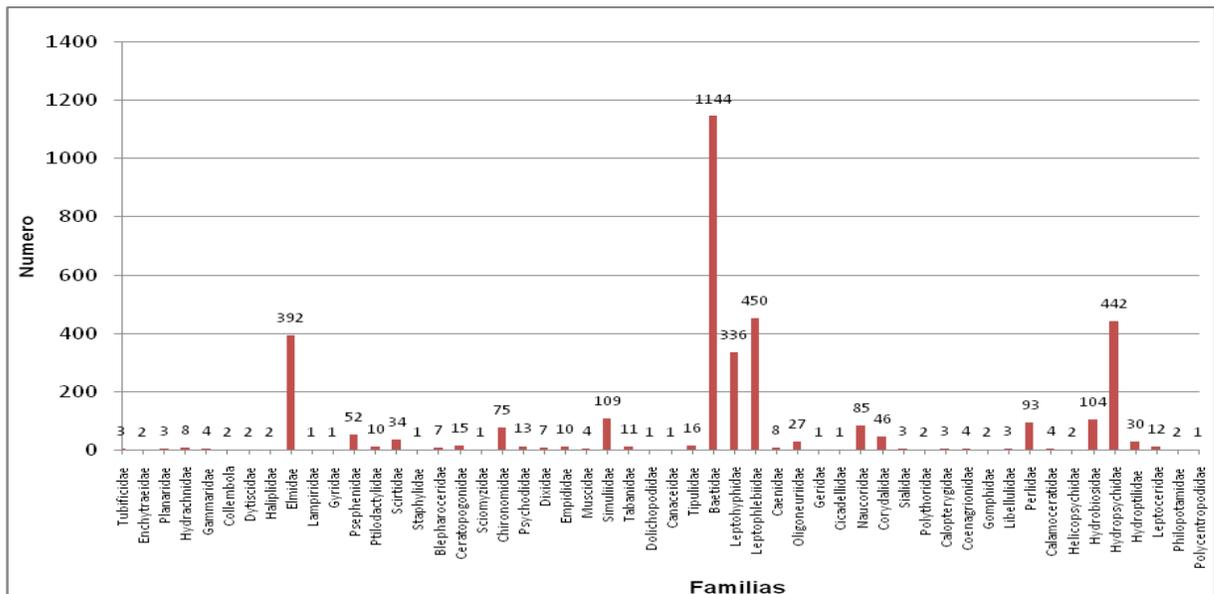
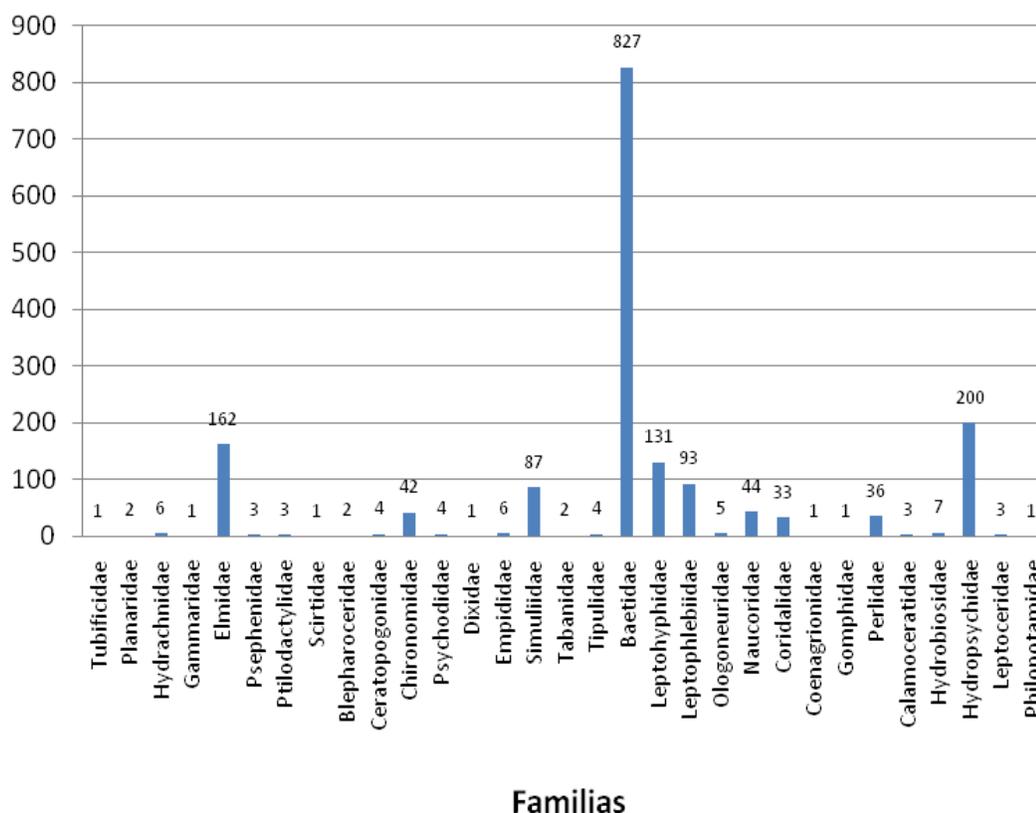


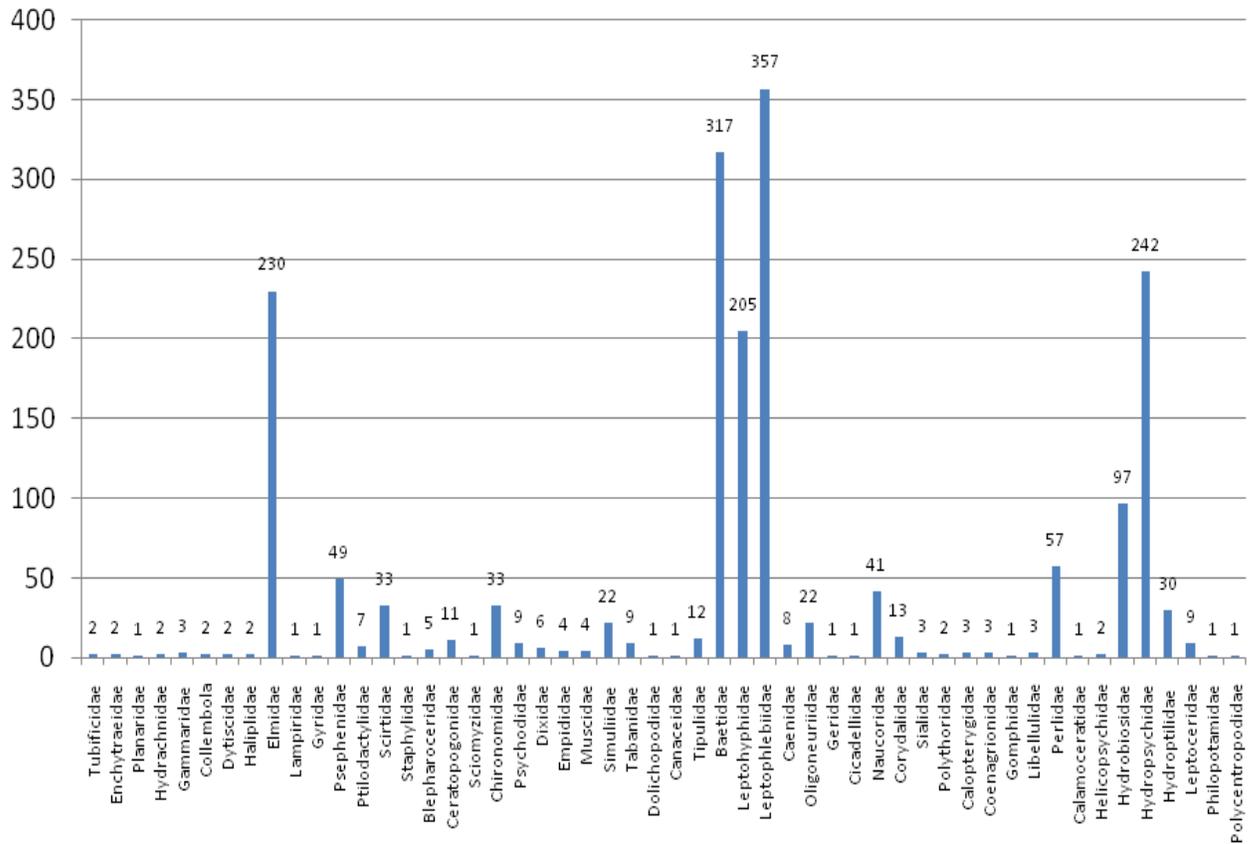
GRÁFICO 1: ABUNDANCIA DE INDIVIDUOS POR FAMILIA DURANTE TODOS LOS MUESTREOS.

En este estudio, en todos los muestreos en la época de invierno se capturaron un total de 1716 individuos pertenecientes a 31 familias agrupadas en 12 órdenes, en donde los cuatro taxones más representativos fueron: Baetidae 48.19% (Ephemeroptera), Hydropsychidae 11.65% (Trichoptera), Elmidae 9.44% (Coleóptera) y Leptohiphidae 7.63% (Ephemeroptera); siendo el orden Ephemeroptera el más importante ya que constituyó el 61.52% de individuos. (Gráfico 2).



**GRÁFICO 2: ABUNDANCIA DE INDIVIDUOS POR FAMILIA DURANTE TODOS LOS MUESTREOS DE LA ÉPOCA DE INVIERNO.**

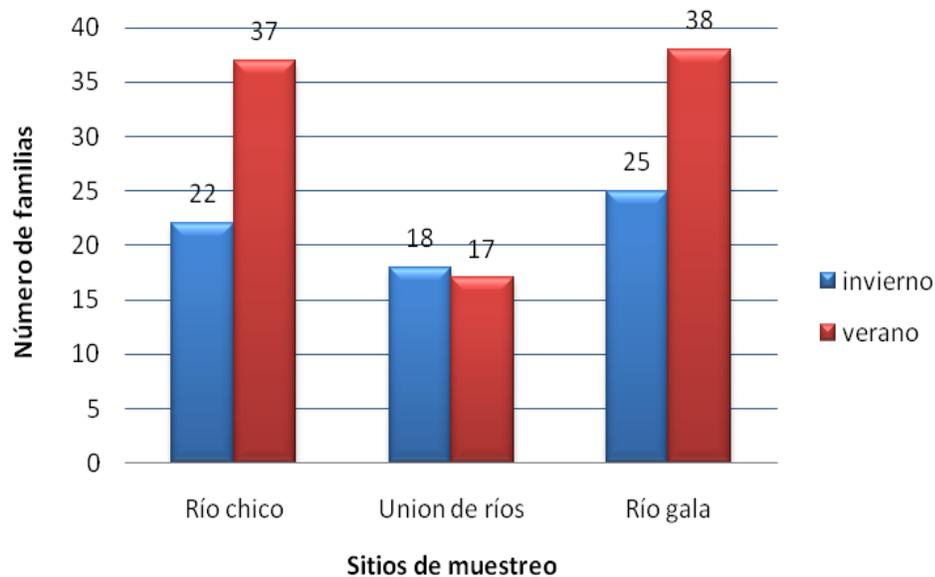
En todos los muestreos en la época de verano se capturaron un total de 1876 individuos pertenecientes a 52 familias agrupadas en 14 órdenes, en donde los cinco taxones más representativos fueron: Leptophlebiidae 19.02% (Ephemeroptera), Baetidae 16.89% (Ephemeroptera), Hydropsychidae 12.89% (Trichoptera), Elmidae 12.26% (Coleóptera), Leptohiphidae 10.92%, (Ephemeroptera); siendo el orden Ephemeroptera el más importante ya que constituyó el 48.42% de individuos. (Gráfico 3).



**Familias**

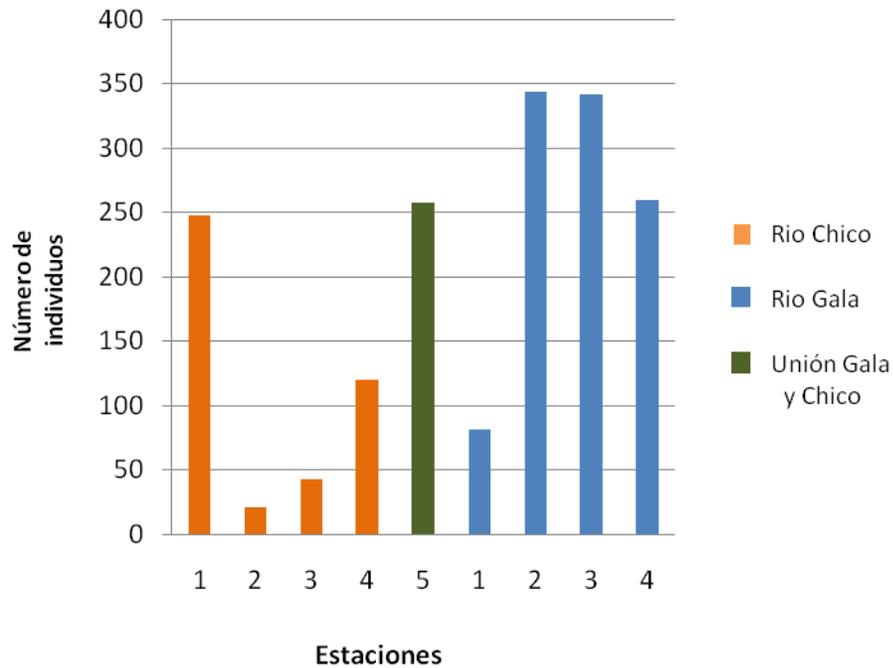
**GRÁFICO 3: ABUNDANCIA DE INDIVIDUOS POR FAMILIA DURANTE TODOS LOS MUESTREOS DE LA ÉPOCA DE VERANO.**

En las nueve estaciones de muestreo se registraron 22 familias en el río Chico y 25 en el río Gala en la época de invierno y 37 familias en el río Chico y 38 en el río Gala en la época de verano. Y en la estación número cinco ubicada bajo la unión de los 2 ríos se registraron 18 y 17 familias en las épocas de invierno y verano respectivamente (Gráfico 4).



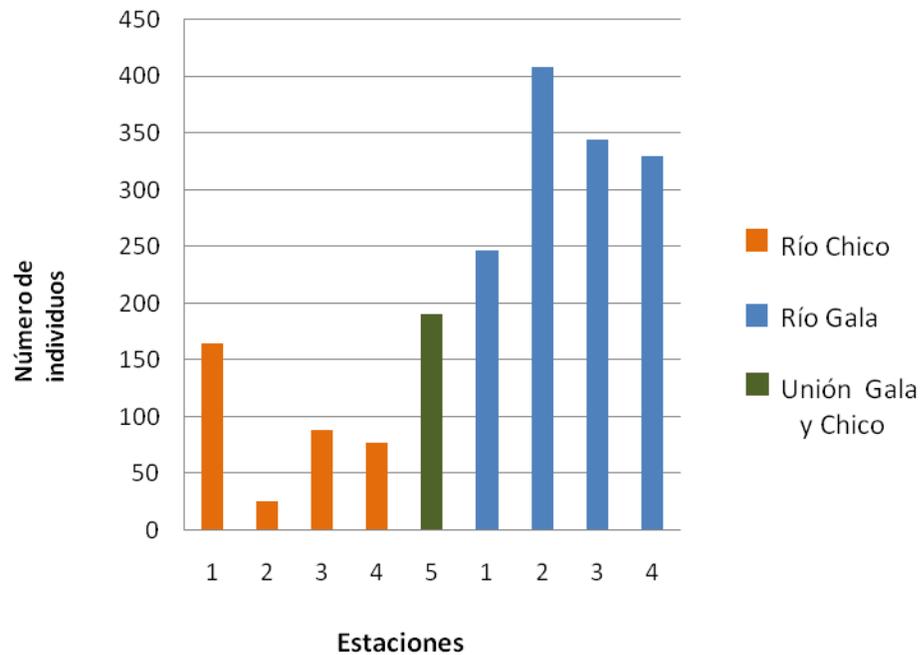
**GRÁFICO 4: RIQUEZA DE FAMILIAS POR SITIO DE MUESTREO.**

En la época de invierno en el río Chico la estación que presentó mayor abundancia fue la número 1 (libre de minería), con 248 individuos; seguida de la estación número 4 con 120 individuos; y las estaciones que presentaron menor abundancia fueron: la número 2 con 21 individuos y la número 3 con 43 individuos. En el río Gala las estaciones que presentaron mayor abundancia fueron: la número 2 con 344 individuos, seguida de la número 3 con 342 individuos y la número 4 con 259 individuos y la que presentó menor abundancia fue la estación número 1 con 81 individuos. La estación número 5 presentó 258 individuos (Gráfico 5).



**GRÁFICO 5: ABUNDANCIA RELATIVA DE INDIVIDUOS POR ESTACIÓN EN LA ÉPOCA DE INVIERNO**

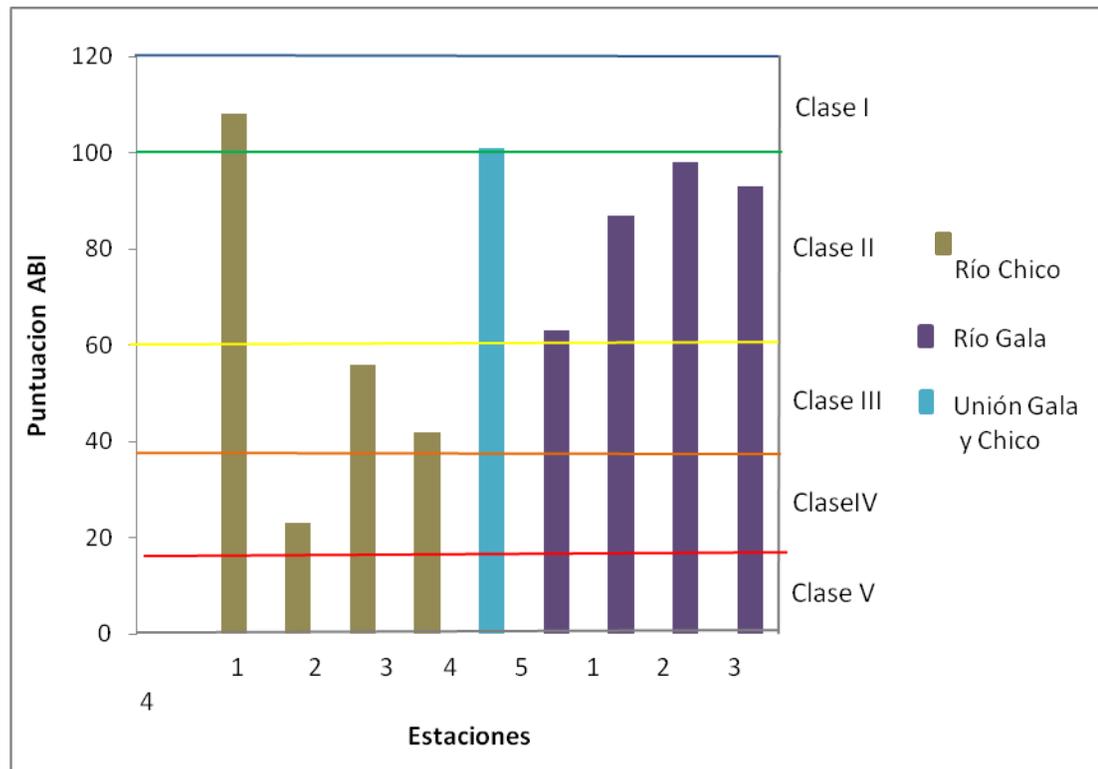
En la época de verano en el río Chico la estación que presentó mayor abundancia fue la número 1 (libre de actividad minera), con 165 individuos; y las estaciones que presentaron menor abundancia fueron: la número 2 con 26 individuos, seguida de la número 4 con 77 individuos y la número 3 con 88 individuos. En el río Gala las estaciones que presentaron mayor abundancia fueron: la número 2 con 409 individuos; seguida de la número 3 con 344 individuos y la número 4 con 330 individuos y la que presentó menor abundancia fue la estación número 1 con 247 individuos. La estación número 5 presentó 190 individuos (Gráfico 6).



**GRÁFICO 6: ABUNDANCIA RELATIVA DE INDIVIDUOS POR ESTACIÓN EN LA ÉPOCA DE VERANO**

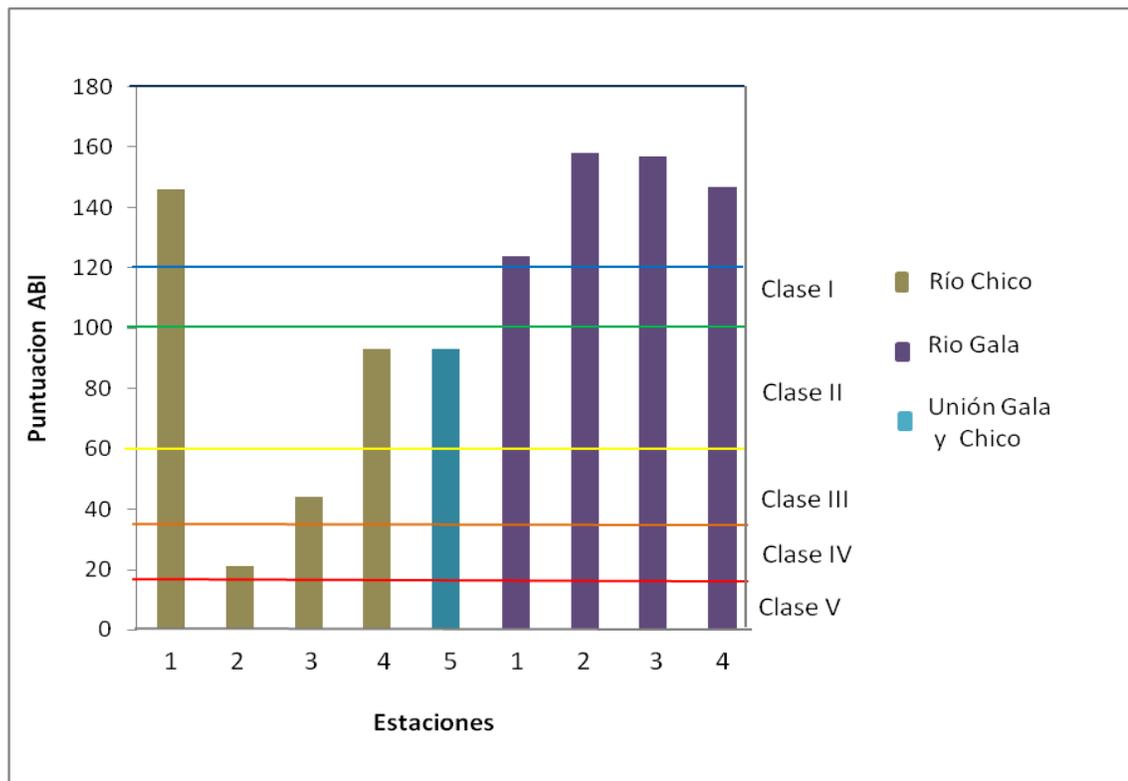
### 2.1.2. Índice ABI

Con el índice ABI adaptado (Ríos, Costa y Prat, 2006) propuesto para la evaluación en este estudio, en la época de invierno, se obtuvo que solamente la estación 1 del río Chico pertenece a la clase I categorizadas como aguas no contaminadas. De clase II llamadas aguas con algunos efectos de contaminación, se presentaron en todas las estaciones del río Gala y La estación 5 donde se unen los ríos Gala y Chico. Se obtuvieron valores de clase III categorizadas como contaminadas en las estaciones 3 y 4 del río Chico y de clase IV llamadas aguas muy contaminadas se obtuvo en la estación 2 del río Chico. No se obtuvo agua de clase V categorizada como aguas fuertemente contaminadas en ninguna de las estaciones de los 2 ríos (Gráfico 7).



**GRÁFICO 7: ÍNDICE ABI, EVALUADO EN 9 ESTACIONES PERTENECIENTES A LOS RÍOS GALA Y CHICO, ÉPOCA DE INVIERNO.**

Con el índice ABI adaptado (Ríos, Costa y Prat, 2006) propuesto para la evaluación en este estudio, en la época de verano se obtuvo que las estaciones 1 del río Chico y 1, 2, 3 y 4 del río Gala pertenecen a la clase I categorizadas como aguas muy limpias. Valores pertenecientes a la clase II llamadas aguas con algunos efectos de contaminación se encontró en las estaciones 4 del río Chico y 5 donde se unen los río Gala y Chico. La estación 3 del río Chico presentó valores de clase III llamadas aguas contaminadas y la que presentó valores de clase IV categorizadas como aguas muy contaminadas fue la estación 2 del río Chico. No se obtuvo agua de clase V categorizada como aguas fuertemente contaminadas en ninguna de las estaciones de los 2 ríos (Gráfico 8).



**GRÁFICO 8: ÍNDICE ABI, EVALUADO EN 9 ESTACIONES PERTENECIENTES A LOS RÍOS GALA Y CHICO, ÉPOCA DE VERANO.**

## 2.2. ASPECTOS FÍSICO-QUÍMICOS

### 2.2.1. Agua

Los resultados obtenidos de los parámetros Físico-Químicos se los comparó con el Texto Unificado de la Legislación Ambiental (TULAS) para determinar que parámetros están fuera de los límites permisibles y poder determinar cuales están influyendo en la calidad del agua.

El río Chico presento datos que afectan a la calidad del agua debido a que este tiene influencia de la actividad minera que existe en la zona, a diferencia del río Gala que al no estar influenciado por la minería presentó datos que dan características de buena calidad de agua.

A continuación se describen los parámetros analizados en las muestras de agua:

**Sólidos totales:** Los 2 ríos están dentro de los límites permisibles en la época de invierno, aunque la estación 2 del río Chico esta cerca de sobrepasar estos límites. Pero en el verano las estaciones 2 y 3 del río Chico están fuera de los límites permisibles de aguas para uso doméstico. Además presentan niveles totalmente elevados de este parámetro producto de la minería, en relación a las demás estaciones.

**Sólidos disueltos:** Este parámetro aunque no está considerado en el TULAS presentó en la época de verano donde los ríos permanecen estables con poco caudal y sin arrastre de sólidos concentraciones muy elevadas de este en las estaciones 2, 3 y 4 del río Chico, especialmente la estación 2 que tiene concentraciones totalmente altas producto de la actividad minera que existe en este río en relación a las demás estaciones que no tienen actividad minera.

**pH:** En invierno el río Gala y la estación 5 donde se unen los dos ríos presentaron valores de pH básico y fuera de los límites permisibles. Mientras que en verano las estaciones 2 del río Chico y 3 y 4 del río Gala de igual forma presentaron un pH básico y fuera de los límites permisibles.

**Turbiedad:** Las estaciones 2 y 3 del río Chico y 1 del río Gala en el invierno están fuera de los límites permisibles de aguas para uso doméstico que solo necesita desinfección. En el verano las estaciones 2 y 3 del río Chico están fuera de los límites permisibles para aguas de uso doméstico.

**Oxígeno disuelto:** Este parámetro que es muy importante para la vida acuática y la calidad del agua en la época de invierno y verano presentó niveles que están fuera de los

límites permisibles en las estaciones 2, 3 y 4 del río Chico y estación 5 donde se unen los ríos. Estas estaciones tienen influencia de la minería.

**Cloruros:** No se encontró en invierno; pero en verano se encontró en la estación 2 del río Chico que es la que tiene incidencia directa de la minería, aunque está dentro de los límites permisibles.

**Dureza:** Los dos ríos están dentro de los límites permisibles en las dos épocas, aunque en verano la estación 2 del río Chico presentó niveles que están cerca de los límites.

**Nitratos:** Las estaciones 2, 3 y 4 del río Chico que son las que tienen influencia por la minería presentan en la época de invierno niveles que están dentro de los límites permisibles, aunque en el verano estos tienden a aumentar. En las demás estaciones que no tienen actividad minera se encontró cero concentraciones de este.

**Sulfatos:** Este parámetro se detectó en invierno y verano solo en el río Chico y en la estación 5 donde se unen los ríos también se encontró en verano; pero en el verano tienden a aumentar las concentraciones de estos aunque están dentro de los límites permisibles.

**Fósforo total:** Los dos ríos tienen concentraciones que están fuera de los límites permisibles en las dos épocas del año, pero las estaciones del río Chico que presentan actividad minera aumentan sus concentración en el verano, en relación a las demás estaciones que no tienen esta actividad.

**DBO:** Este parámetro en invierno en el río Gala y en la estación 5 donde se unen los dos ríos presentaron valores altos que están fuera de los límites permisibles, en verano

igualmente el río Gala presentó iguales características, sumándose la estación 2 del río Chico aunque con baja demanda pero fuera de los límites permisibles.

**DQO:** Este parámetro aunque no está considerado en el TULAS, en el invierno las estaciones 1, 3 y 4 del río Chico presentaron una baja demanda y las demás estaciones una demanda más alta, mientras que en el verano las estaciones 2 y 3 del río Chico que tienen influencia de las minas presentaron una alta demanda en relación al resto de estaciones que tienen baja demanda de este.

**Cianuro:** Estos parámetros no se encontraron en este estudio, a pesar de que el cianuro es utilizado en las plantas cianuradoras de procesamiento y recuperación de oro por las actividades mineras en el área del río Chico; tal vez por la falta de estabilización de la muestra.

**Cadmio:** No se encontró en el agua en invierno ni verano en ninguna estación de los ríos.

**Zinc y Cobre:** No se encontraron en invierno en ninguno de los ríos, pero se determinaron en verano en la estación 2 del río Chico ubicada directamente en el área de las actividades mineras, con valores de 0,4 mg/L. el zinc encontrándose dentro de los límites permisibles y el cobre con 1 mg/L. se encuentra justo en el límite permisible.

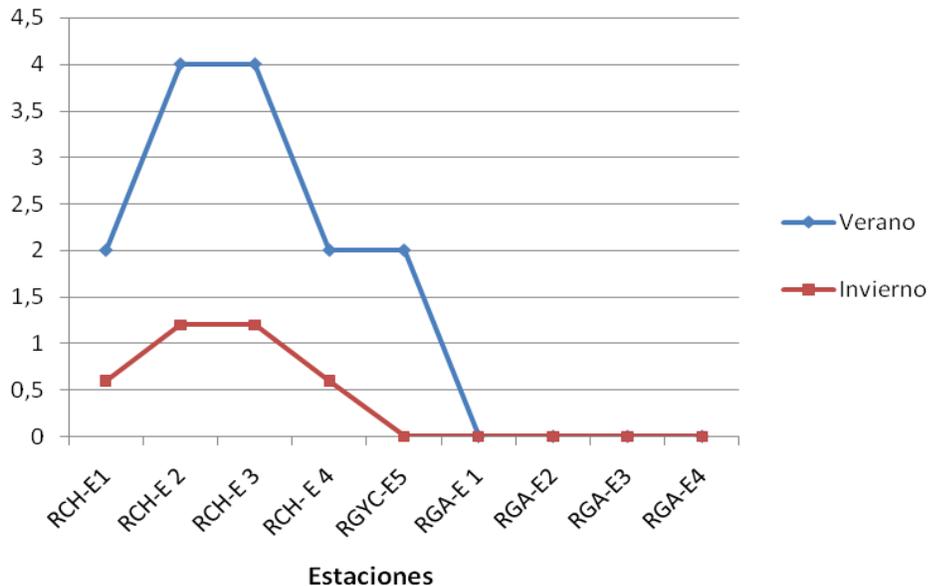
**Mercurio:** Se determinó este parámetro en verano en las estaciones 2 y 3 del río Chico con valores de 0,1 y 0,2 mg/L. respectivamente y en invierno en la estación 2 del mismo río con un valor de 0,2 mg/L., en donde todos los valores determinados están fuera de los límites permisibles de agua para uso doméstico, agrícola y riego.

**Caudal:** En el invierno aumentó en los dos ríos debido al temporal, donde las permanentes y fuertes lluvias incrementan el caudal en cambio en verano este permaneció bajo y estable. Además según se bajaba en altitud incrementaba el caudal en los ríos debido a los otros afluentes que se incorporan al caudal. También el río Gala presentó un caudal más grande que el río Chico.

**2.2.2. Sedimentos**

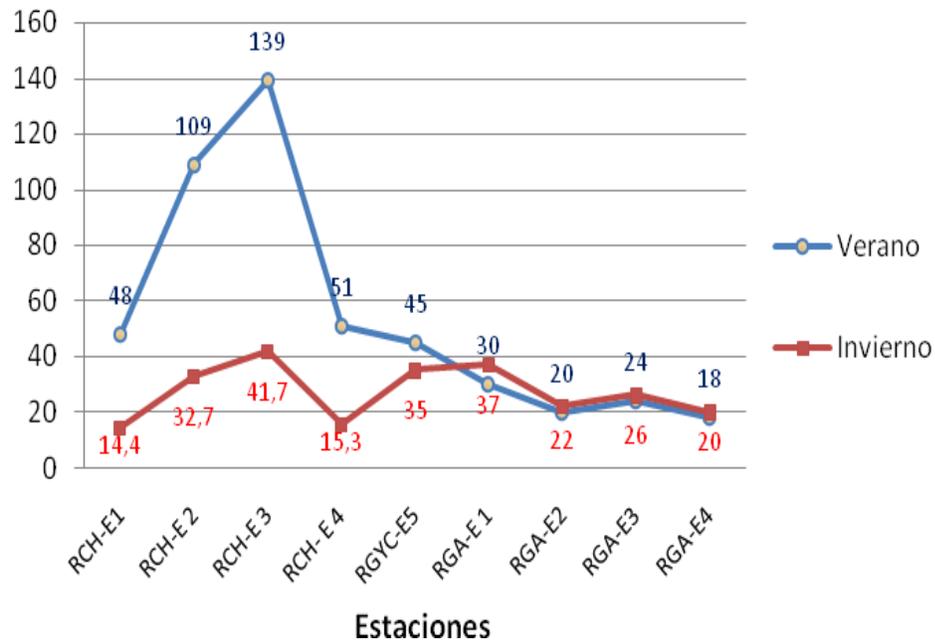
Con las muestras de sedimentos en el análisis físico – químicos se determinó los metales de: cadmio, zinc, cobre y mercurio que se describen a continuación. Para cada gráfico los códigos de las estaciones se explican así: **RCH** = Río Chico, **RGA** = Río Gala, **RGYC** = Unión de los ríos y **E** = Número de estación de muestreo.

**Cadmio:** Se presentó en las estaciones del río Chico, principalmente en las 2 y 3 que tienen influencia directa de las minas con niveles más elevados respectivamente en las 2 épocas del año; especialmente en verano los valores fueron más altos que el invierno, incluyéndose también la estación 5 donde se unen los dos ríos en esta época (Gráfico 9).



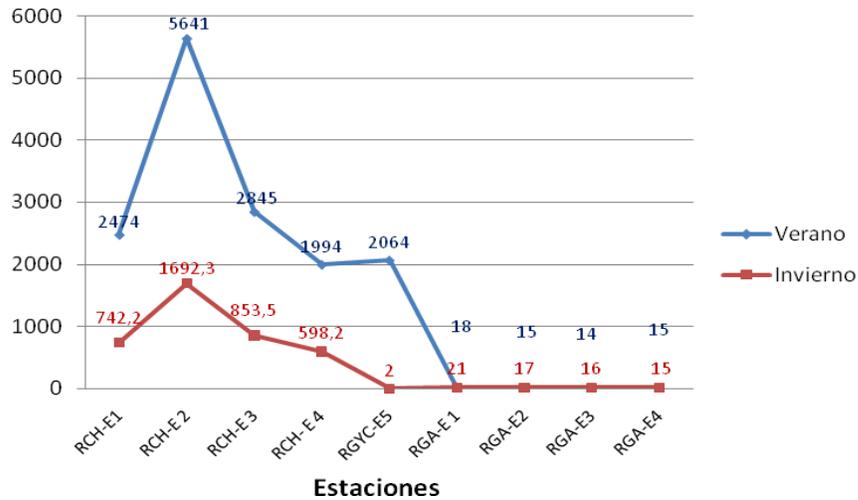
**GRÁFICO 9: CONCENTRACIONES DE CADMIO EN SEDIMENTOS. RÍOS CHICO Y GALA**

**Zinc:** En los sedimentos se halló este elemento en los dos ríos en las 2 épocas del año, pero en las estaciones 2 y 3 del río Chico que tienen incidencia directa de los trabajos mineros presentó niveles considerablemente altos en relación a las demás estaciones (Gráfico 10).



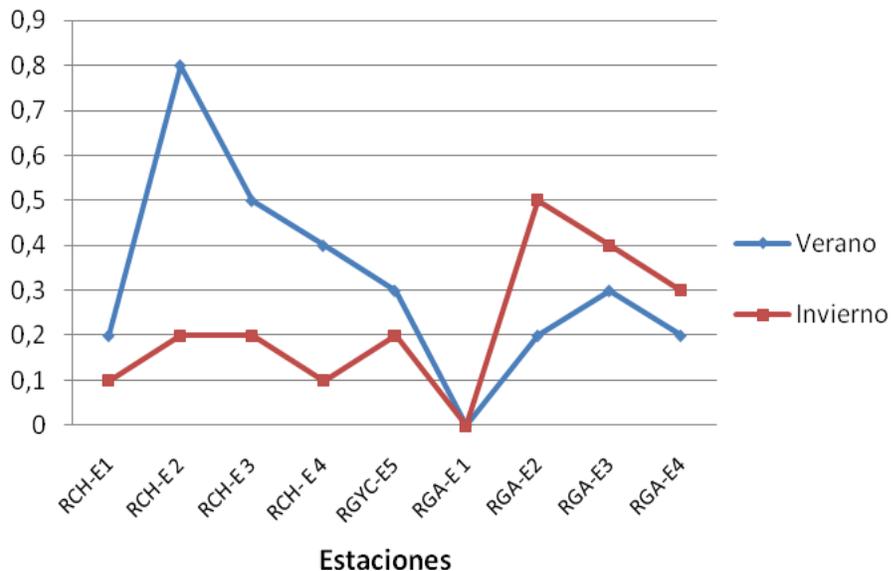
**GRÁFICO 10: CONCENTRACIONES DE ZINC EN SEDIMENTOS.  
RÍOS CHICO Y GALA**

**Cobre:** Se determinó en todas las estaciones de muestreo en los ríos Gala y Chico en las 2 épocas del año, excepto la estación 2 del río Chico que por estar influenciada directamente por la minería tuvo niveles considerablemente elevados en invierno y verano, a diferencia de las demás estaciones, principalmente en la época de verano donde fue más alta (Gráfico 11).



**GRÁFICO 11: CONCENTRACIONES DE COBRE EN SEDIMENTOS RÍOS CHICO Y GALA**

**Mercurio:** En sedimentos se encontró este metal en todas las estaciones de estudio en los 2 ríos en las dos épocas del año, excepto la estación 1 del río Gala; pero la estación 2 del río Chico que por estar ubicada e influenciada directamente por las actividades mineras presentó niveles muy elevados en relación a las demás estaciones en la época de verano. (Gráfico 12)

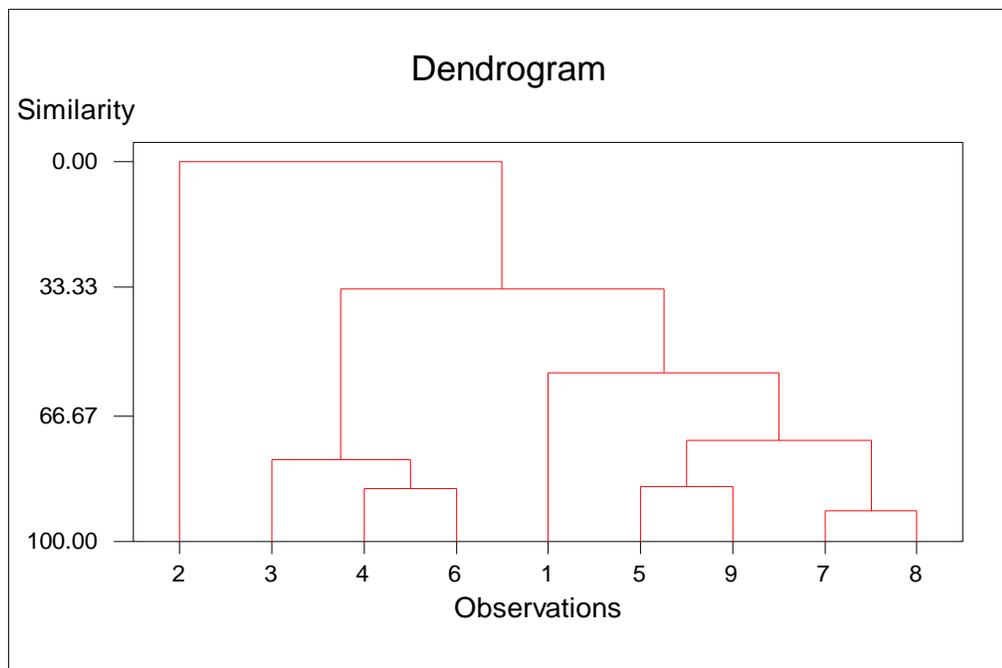


**GRÁFICO 12: CONCENTRACIONES DE MERCURIO EN SEDIMENTOS. RÍOS CHICO Y GALA**

## 2.3. ANALISIS ESTADISTICO

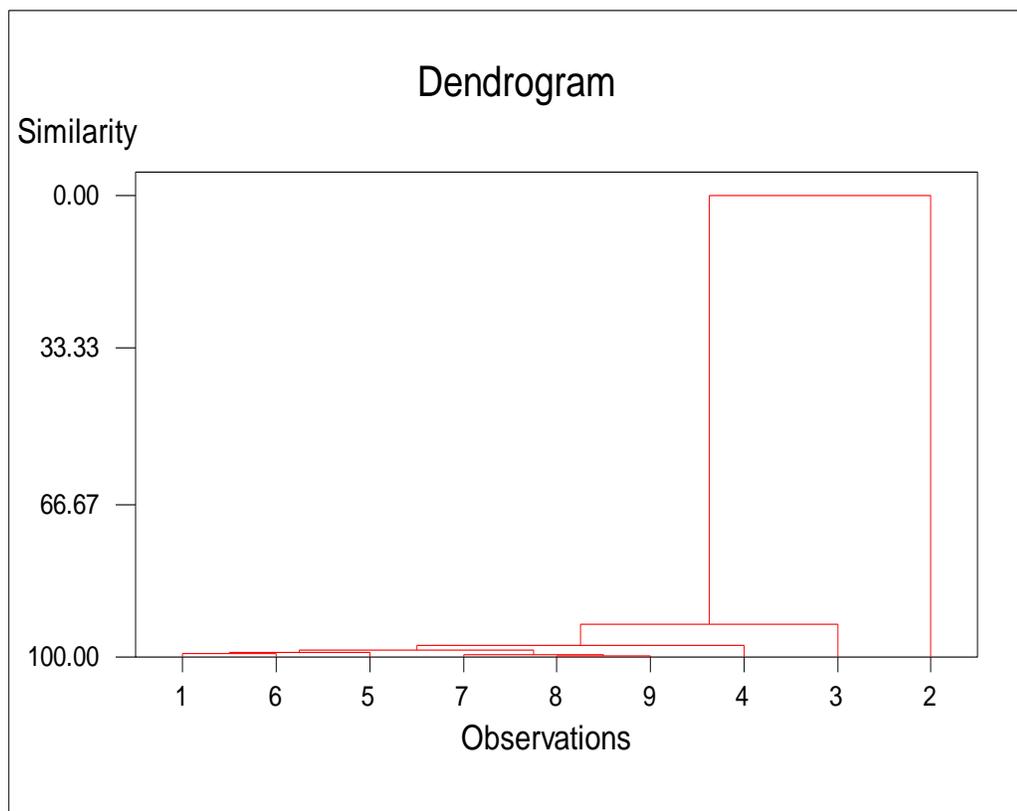
### 2.3.1. Dendrograma Cluster

Todas las estaciones de muestreo de los ríos Gala y Chico analizadas en invierno y sus variables de resultados, biológicos y físico-químicos en lo que corresponde a las muestras de agua, fueron sometidas a un Cluster de exploración y clasificación determinando si existen o no asociaciones entre las mismas. La clasificación de las estaciones mediante el análisis en base a las distancias euclidianas y similitud, permitió reconocer cuatro grupos fuertes de puntos de muestreo claramente diferenciados. Siendo estos los siguientes: un grupo formado por la estación 2 del río Chico, otro formado por las estaciones 3 y 4 del río Chico y 6 del río Gala, la estación 1 del río Chico forma otro grupo y un último grupo formado por las estaciones 5 perteneciente a la unión de los ríos y 9, 7 y 8 del río Gala. Las estaciones 1, 2, 3 y 4 pertenecen al río Chico; las estaciones 6, 7, 8 y 9 pertenecen al río Gala y la estación 5 pertenece a la unión de los 2 ríos (Gráfico 13).



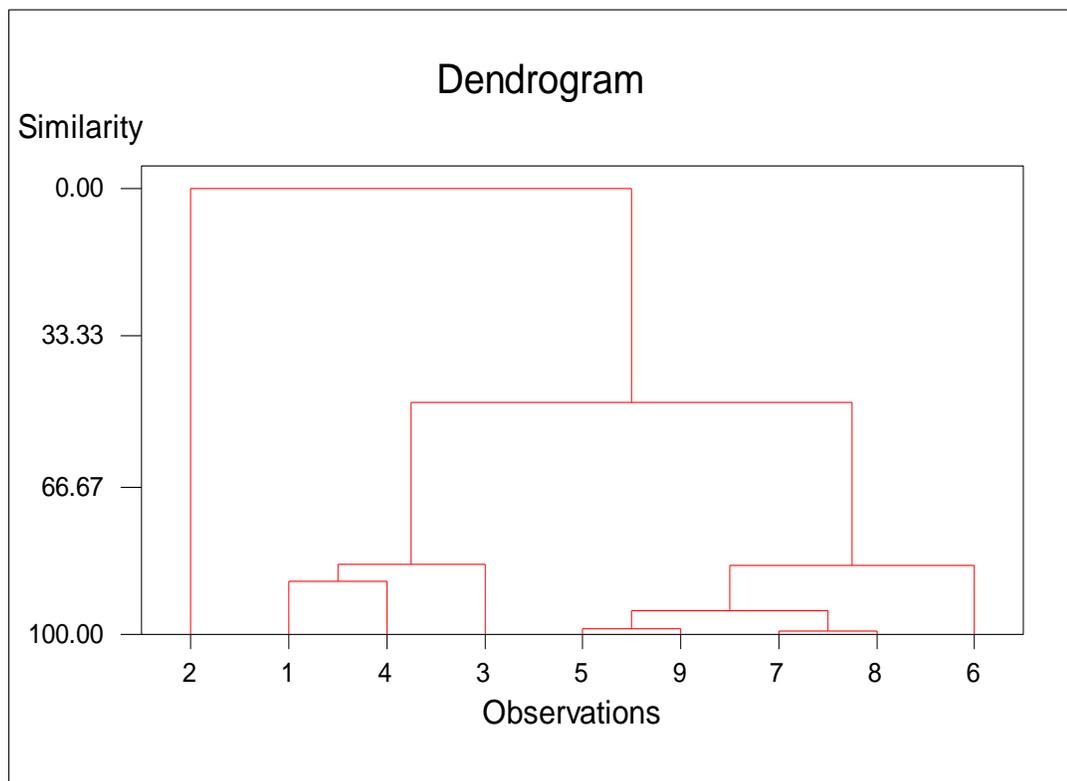
**GRÁFICO 13: PORCENTAJE DE SIMILITUD ENTRE LAS ESTACIONES MUESTREADAS DE ACUERDO A LA ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LAS COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS Y LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS CON RESPECTO A LAS MUESTRAS DE AGUA EN LA ÉPOCA DE INVIERNO.**

Las estaciones de muestreo de los 2 ríos analizadas en verano y sus variables de resultados, biológicos y físico-químicos en lo que corresponde a las muestras de agua, de igual forma fueron sometidas a un Cluster de exploración y clasificación. La clasificación de las estaciones mediante el análisis en base a las distancias euclidianas y similitud, permitió reconocer dos grupos fuertes de puntos de muestreo claramente diferenciados. Siendo estos los siguientes: un grupo formado por la estación 2 del río Chico y otro formado por las demás estaciones de los ríos. Pero si aumentamos el porcentaje de similitud al 85% tendremos 3 grupos que los formarían la estación 2 del río Chico, otro la estación 3 del río Chico y un tercero el resto de estaciones de los dos ríos. Las estaciones 1, 2, 3 y 4 pertenecen al río Chico; las estaciones 6, 7, 8 y 9 pertenecen al río Gala y la estación 5 pertenece a la unión de los 2 ríos (Gráfico 14).



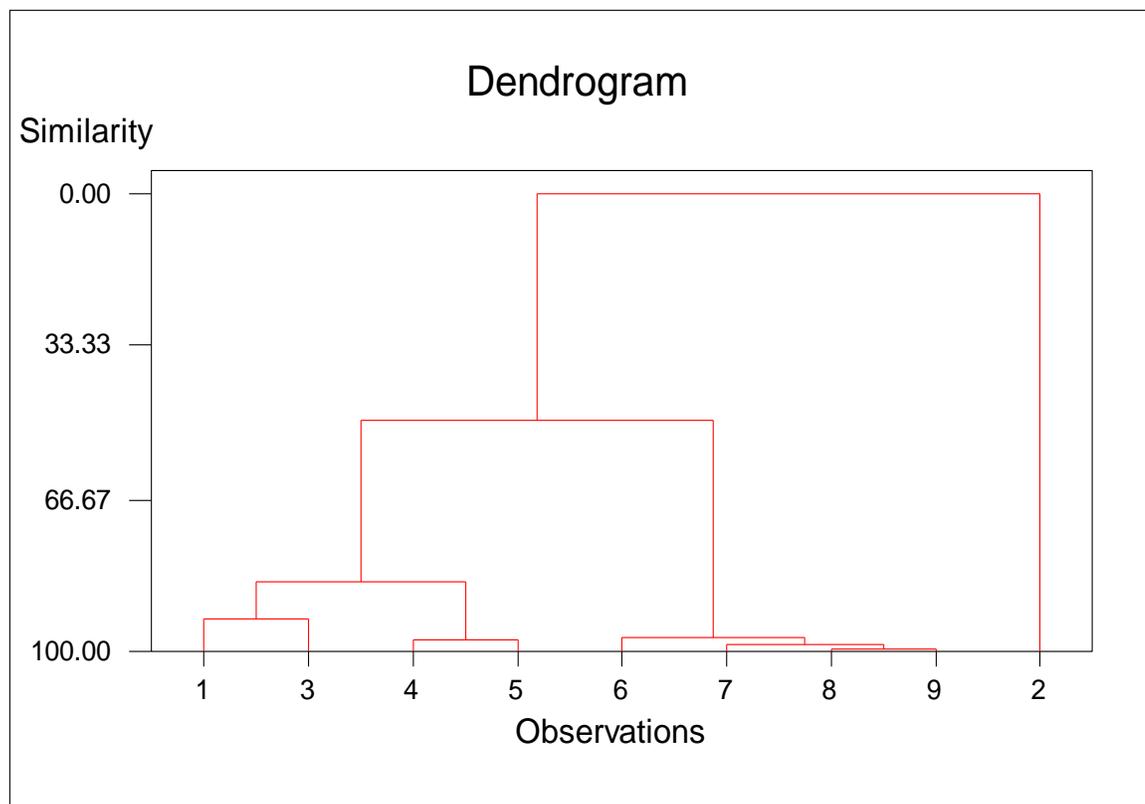
**GRÁFICO 14: PORCENTAJE DE SIMILITUD ENTRE LAS ESTACIONES MUESTREADAS DE ACUERDO A LA ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LAS COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS Y LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS CON RESPECTO A LAS MUESTRAS DE AGUA EN LA ÉPOCA DE VERANO.**

Todas las estaciones de muestreo de los ríos Gala y Chico analizadas en invierno y sus variables de resultados, biológicos y físico-químicos en lo que corresponde a las muestras de sedimentos, fueron sometidas a un Cluster de exploración y clasificación determinando si existen o no asociaciones entre las mismas. La clasificación de las estaciones mediante análisis en base a las distancias euclidianas y similitud, permitió reconocer tres grupos fuertes de puntos de muestreo claramente diferenciados. Siendo estos los siguientes: un grupo formado por la estación 2 del río Chico, otro formado por las estaciones 1, 4 y 3 del río Chico y una tercera formada por las estaciones 5 perteneciente a la unión de los ríos y las del río Gala. Las estaciones 1, 2, 3 y 4 pertenecen al río Chico; las estaciones 6, 7, 8 y 9 pertenecen al río Gala y la estación 5 pertenece a la unión de los 2 ríos. (Gráfico 15).



**GRÁFICO 15: PORCENTAJE DE SIMILITUD ENTRE LAS ESTACIONES MUESTREADAS DE ACUERDO A LA ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LAS COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS Y LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS CON RESPECTO A LAS MUESTRAS DE SEDIMENTO EN LA ÉPOCA DE INVIERNO.**

En la época de verano las estaciones de muestreo de los ríos Gala y Chico analizadas y sus variables de resultados, biológicos y físico-químicos en lo que corresponde a las muestras de sedimentos, fueron sometidas a un Cluster de exploración y clasificación determinando si existen o no asociaciones entre las mismas. La clasificación de las estaciones mediante análisis en base a las distancias euclidianas y similitud, permitió reconocer tres grupos fuertes de puntos de muestreo claramente diferenciados. Siendo un grupo formado por las estaciones 1, 3 y 4 del río Chico y la 5 donde se unen los ríos, otro grupo formado por las estaciones del río Gala y un tercero formado por la estación 2 del río Chico. Las estaciones 1, 2, 3 y 4 pertenecen al río Chico; las estaciones 6, 7, 8 y 9 pertenecen al río Gala y la estación 5 pertenece a la unión de los 2 ríos. (Gráfico 16).



**GRÁFICO 16: PORCENTAJE DE SIMILITUD ENTRE LAS ESTACIONES MUESTREADAS DE ACUERDO A LA ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LAS COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS Y LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS CON RESPECTO A LAS MUESTRAS DE SEDIMENTO EN LA ÉPOCA DE VERANO.**

### 2.3.2. Análisis CART

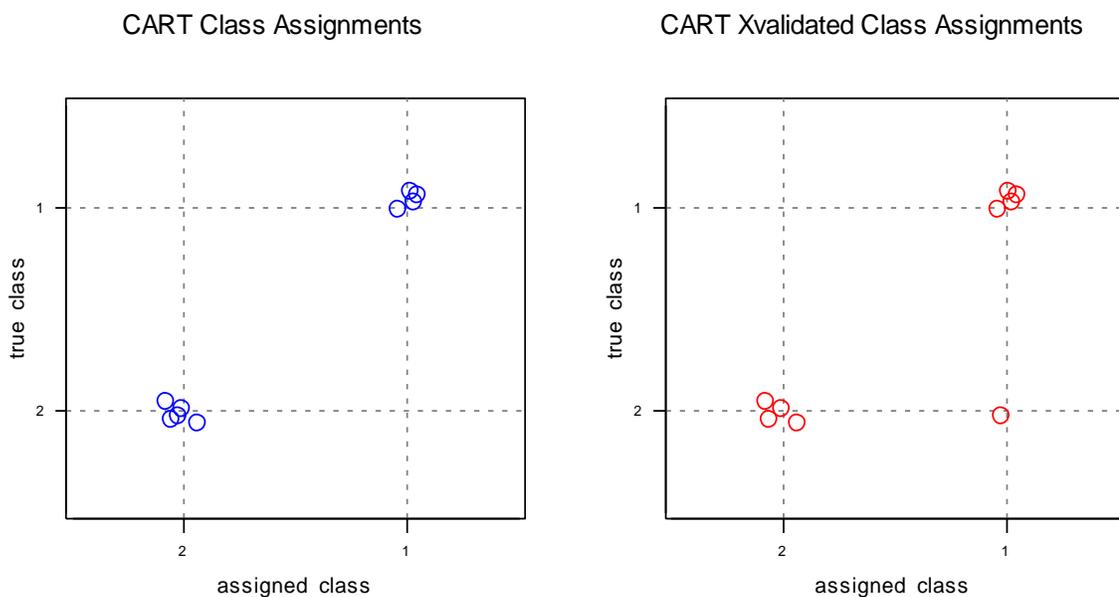
Para el análisis estadístico CART que es un test no paramétrico de clasificación en base a clases asignadas, se eligió las siguientes variables: **Clase 1 con minería** y **Clase 2 sin minería**

En la época de invierno con el análisis CART se detalla la representación gráfica de la clasificación realizada, nótese en el cuadro del CART X validated (que es la clase validada del test) del **Gráfico 17** se puede decir que están bien clasificados, incluso el rango de error que nos da el test es 0.1111, es decir que es mínimo, reforzándonos esta aserción, aunque en las clases 1 existen estaciones de muestreo aisladas del conglomerado o grupo determinado, esto se debe a que estos datos están fuera de la diagonal principal y mal clasificados pues no son considerados de gran similitud para pertenecer al grupo.

Así tenemos que el rango de error es el siguiente:

Cross-validated Error Rate: 0.1111

Cross-validated Risk: 0.1111



**GRÁFICO 17: MUESTRA LA REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA CLASIFICACIÓN EN DOS GRUPOS EN INVIERNO.**

En el Gráfico 18 procedente del análisis CART de todas las variables estudiadas se indica que las clases 1 y 2 son los grupos que se han establecido en nuestro manejo estadístico de datos. Dichos grupos o clases se conforman por las actividades mineras presentes o no en los ríos muestreados en invierno, y están determinados por la afinidad que existen entre las mismas; de este modo agrupa asociaciones de puntos de muestreo basándose en similitud de características entre las mismas; así tenemos que:

**Clase 1 con minería (color verde):** se conforma por las estaciones 2, 3 y 4 del río Chico y estación 5 en la unión de los ríos.

**Clase 2 sin minería (color rojo):** se conforma por las estaciones 1, 2, 3 y 4 del río Gala y la estación 1 del río Chico.

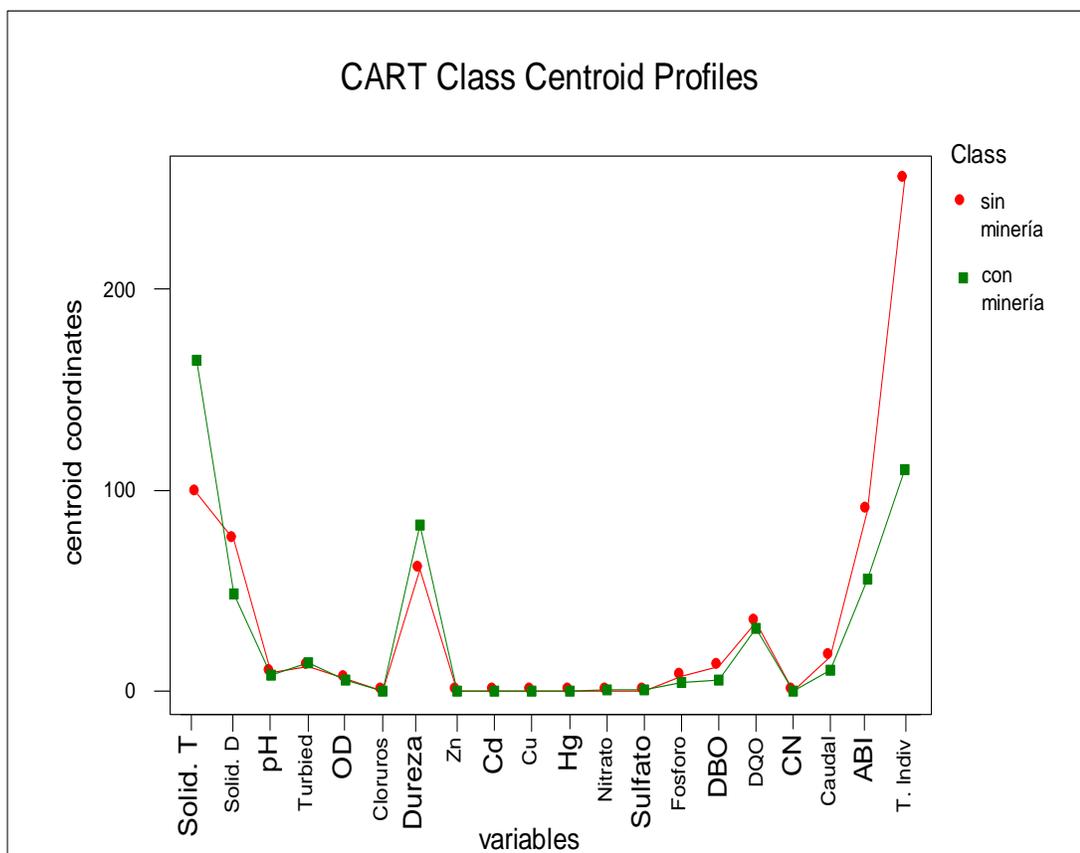


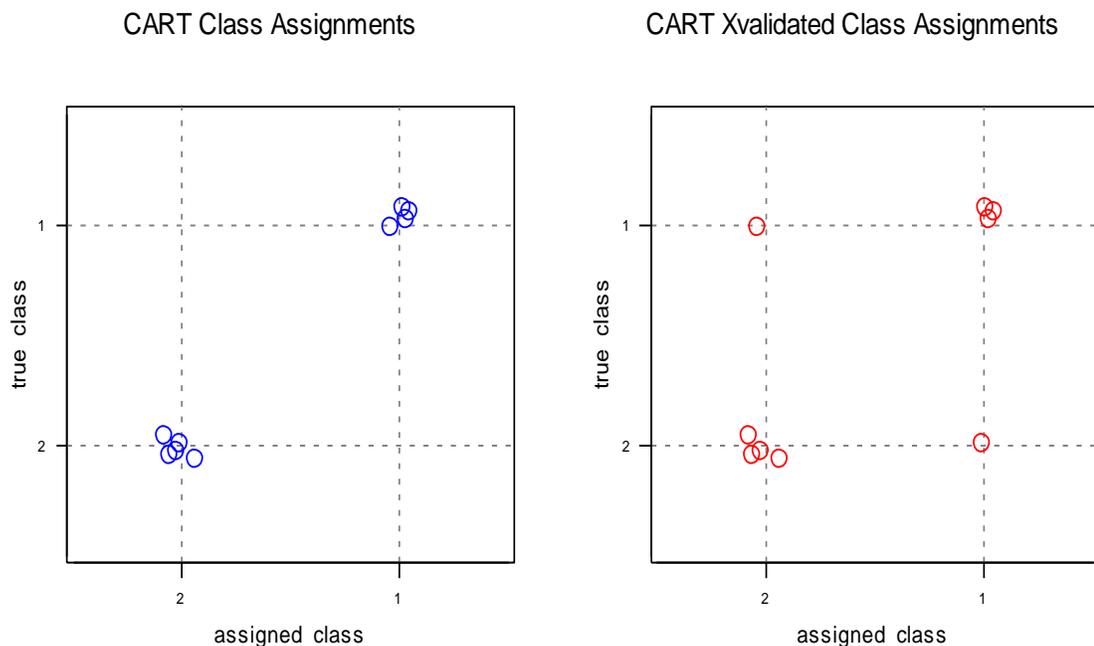
GRÁFICO 18: LOS DOS GRUPOS OBTENIDOS EN LA CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE LAS VARIABLES ANALIZADAS EN TODOS LOS MUESTREOS EN INVIERNO.

En la época de verano con el análisis CART se detalla la representación gráfica de la clasificación realizada, nótese en el cuadro del CART X validated (que es la clase validada del test) del **Gráfico 19** se puede decir que están bien clasificados, incluso el rango de error que nos da el test es 0.1111 es decir que es mínimo, reforzándonos esta aseercción, aunque en las clases 1 y 2 existen estaciones de muestreo aisladas del conglomerado o grupo determinado, esto se debe a que estos datos están fuera de la diagonal principal y mal clasificados pues no son considerados de gran similitud para pertenecer al grupo.

Así tenemos que el rango de error es el siguiente:

Cross-validated Error Rate: 0.1111

Cross-validated Risk: 0.1111

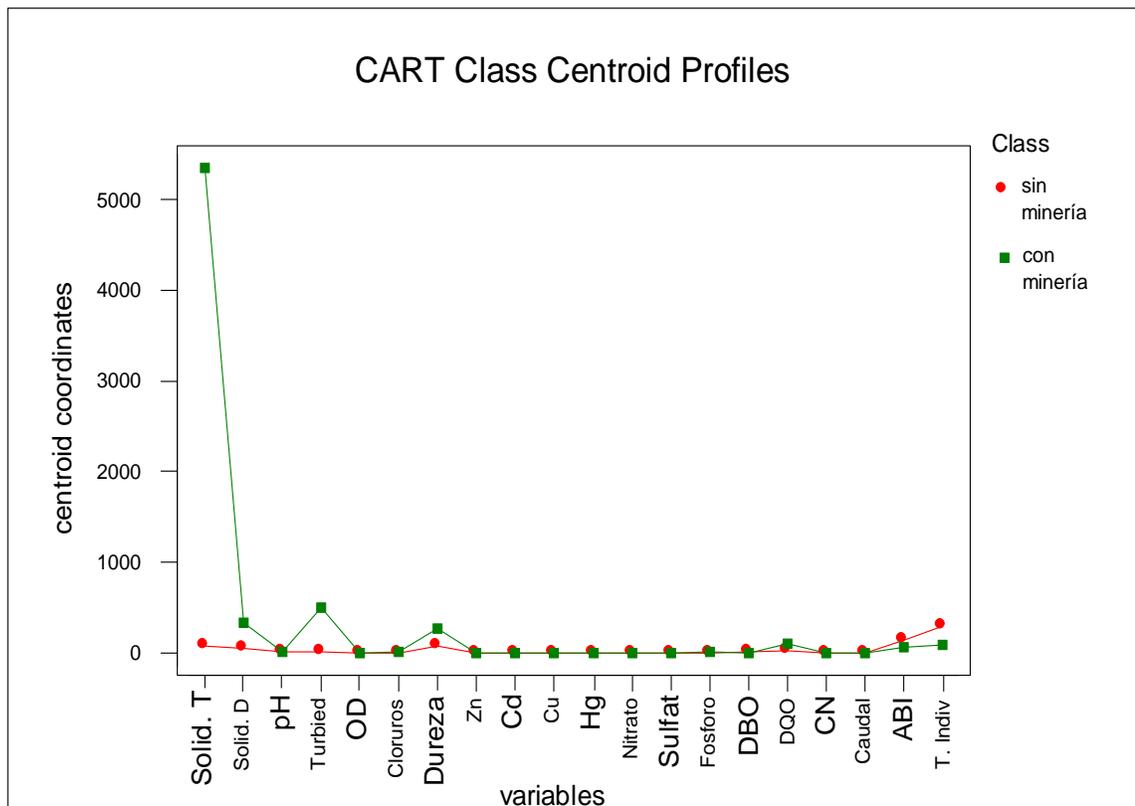


**GRÁFICO 19: MUESTRA LA REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA CLASIFICACIÓN EN DOS GRUPOS EN VERANO.**

**En el Gráfico 20** procedente del análisis CART de todas las variables estudiadas se indica que las clases 1 y 2 son los grupos que se han establecido en nuestro manejo estadístico de datos. Dichos grupos o clases se conforman por las actividades mineras presentes o no en los ríos muestreados en verano, y están determinados por la afinidad que existen entre las mismas; de este modo agrupa asociaciones de puntos de muestreo basándose en similitud de características entre las mismas; así tenemos que:

**Clase 1 con minería (color verde):** se conforma por las estaciones 2, 3 y 4 del río Chico y estación 5 en la unión de los ríos.

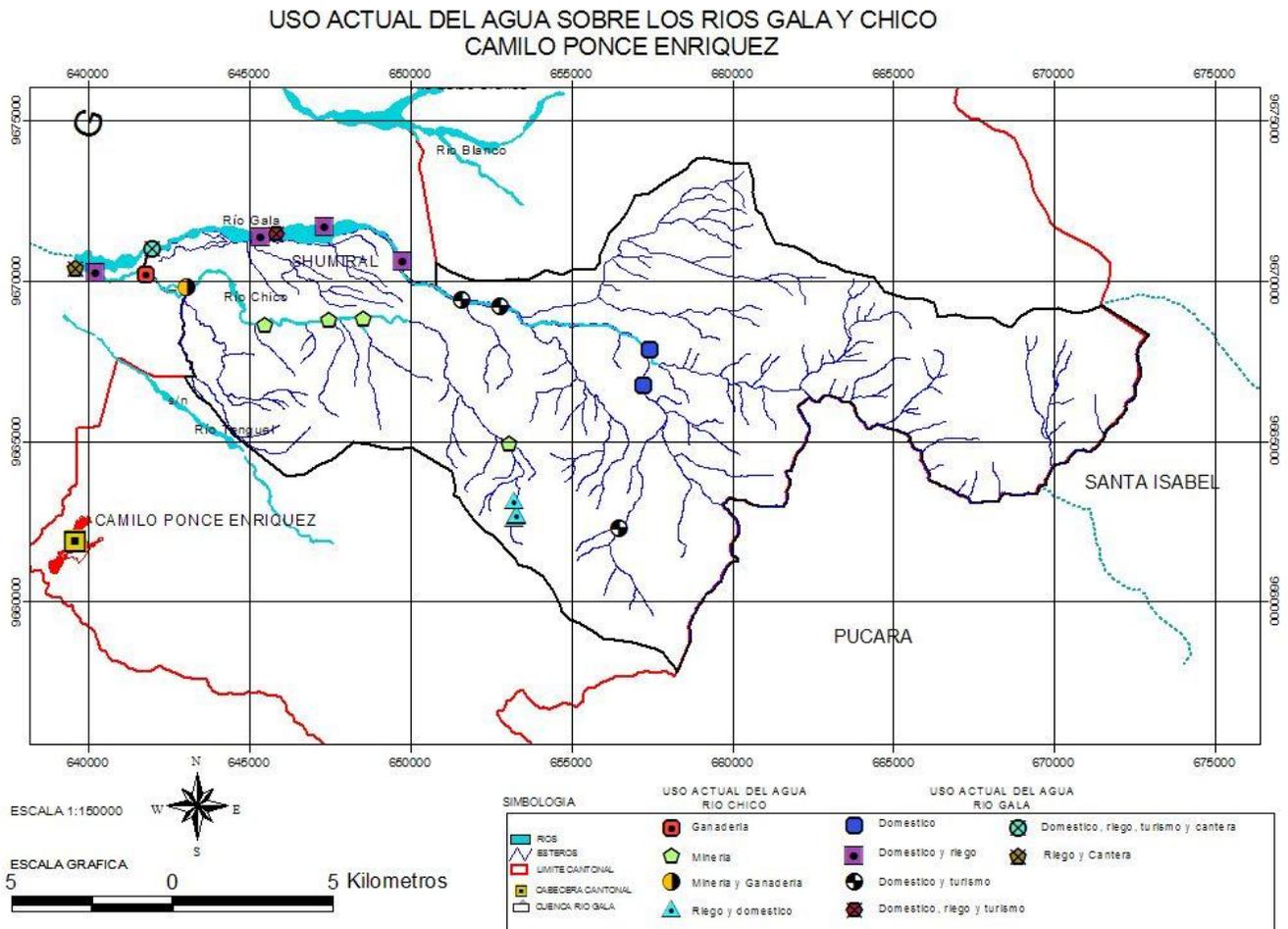
**Clase 2 sin minería (color rojo):** se conforma por las estaciones 1, 2, 3 y 4 del río Gala y la estación 1 del río Chico.



**GRÁFICO 20: LOS DOS GRUPOS OBTENIDOS EN LA CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE LAS VARIABLES ANALIZADAS EN TODOS LOS MUESTREOS EN VERANO.**

## 2.4. USO ACTUAL DEL AGUA

El río Chico no presenta uso del agua para agricultura, riego, ganadería, doméstico ni turismo; la gente de la zona solamente se dedica a extraer el oro de forma aluvial usando el agua para esta actividad; a pesar de que se ha visto al ganado bebiendo agua de este río a la altura de la estación 4 y también se ha visto canales de riego en bananeras y cacaoteras a la altura de la estación 5. Mientras que al río Gala la gente si lo utiliza para agricultura, riego, domestico y turismo.



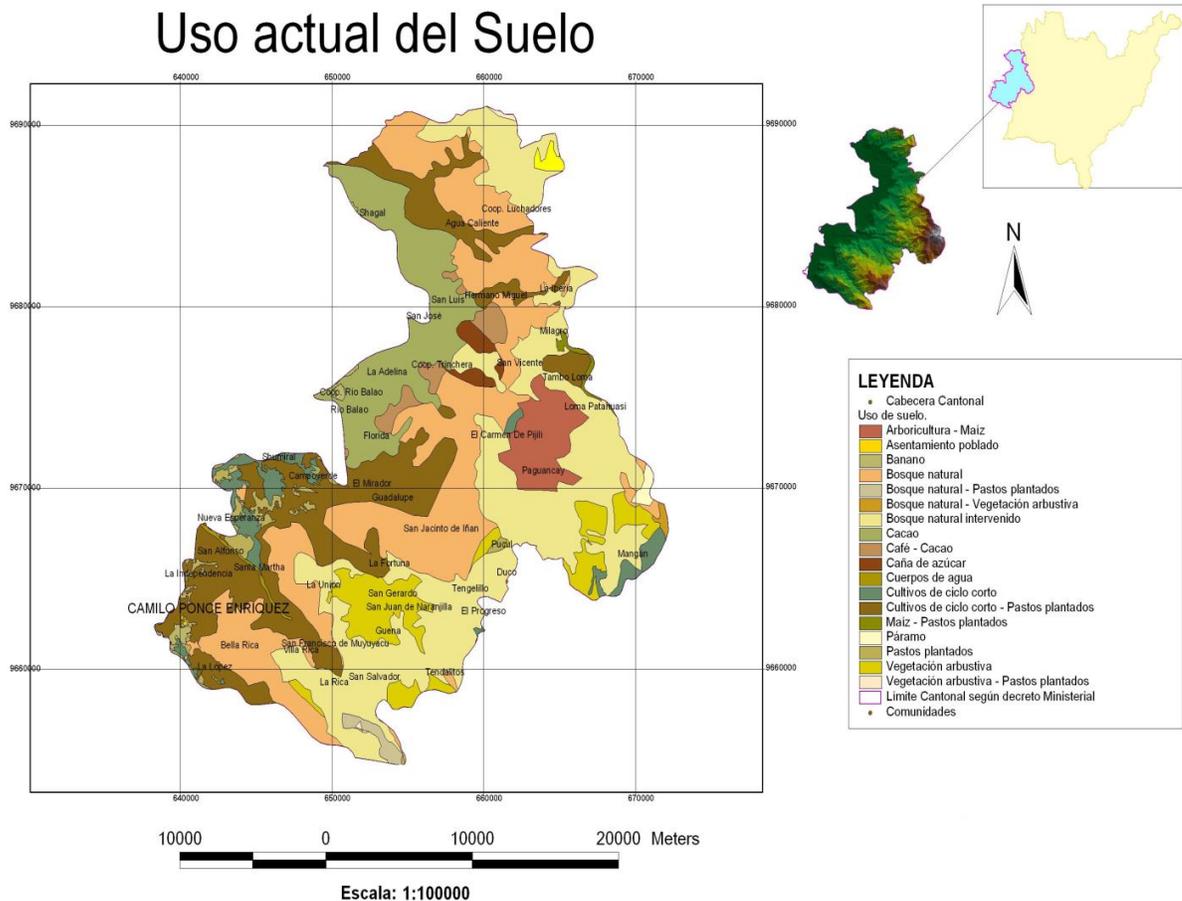
**MAPA 4: Uso actual del agua en los Ríos Gala y Chico dentro de la cuenca del Gala (fuente y elaboración Ing. Gustavo Naspud Director del departamento de avalúos y catastros del Municipio de Camilo Ponce Enríquez).**

## 2.5. USO ACTUAL DEL SUELO

### 2.5.1. Uso actual del suelo en el cantón Camilo Ponce Enríquez

El uso actual del suelo es muy variado; existen 18 tipos diferentes de uso del suelo; el pasto natural intervenido es el que ocupa la mayor extensión, seguido del bosque natural sin intervención antrópica.

El cantón todavía mantiene una riqueza de flora propia del sector, siendo, por su extensión, el cantón con mayor cobertura vegetal de la provincia (PDL, 2004). Pero un punto muy importante es que la tala de los bosques con fines comerciales y sin medidas de conservación está causando un grave impacto visual y ecológico en la zona, cada vez se puede apreciar cómo se incrementa la los claros de bosque.



**MAPA 5: Uso actual del suelo en el cantón Camilo Ponce Enríquez (fuente departamento de avalúos y catastrós del Municipio de Camilo Ponce Enríquez).**

En el cantón Camilo Ponce Enríquez existe un predominio de cultivos de ciclo corto más pastos seguidos del cultivo de cacao lo cual lo hace un cantón netamente agrícola:

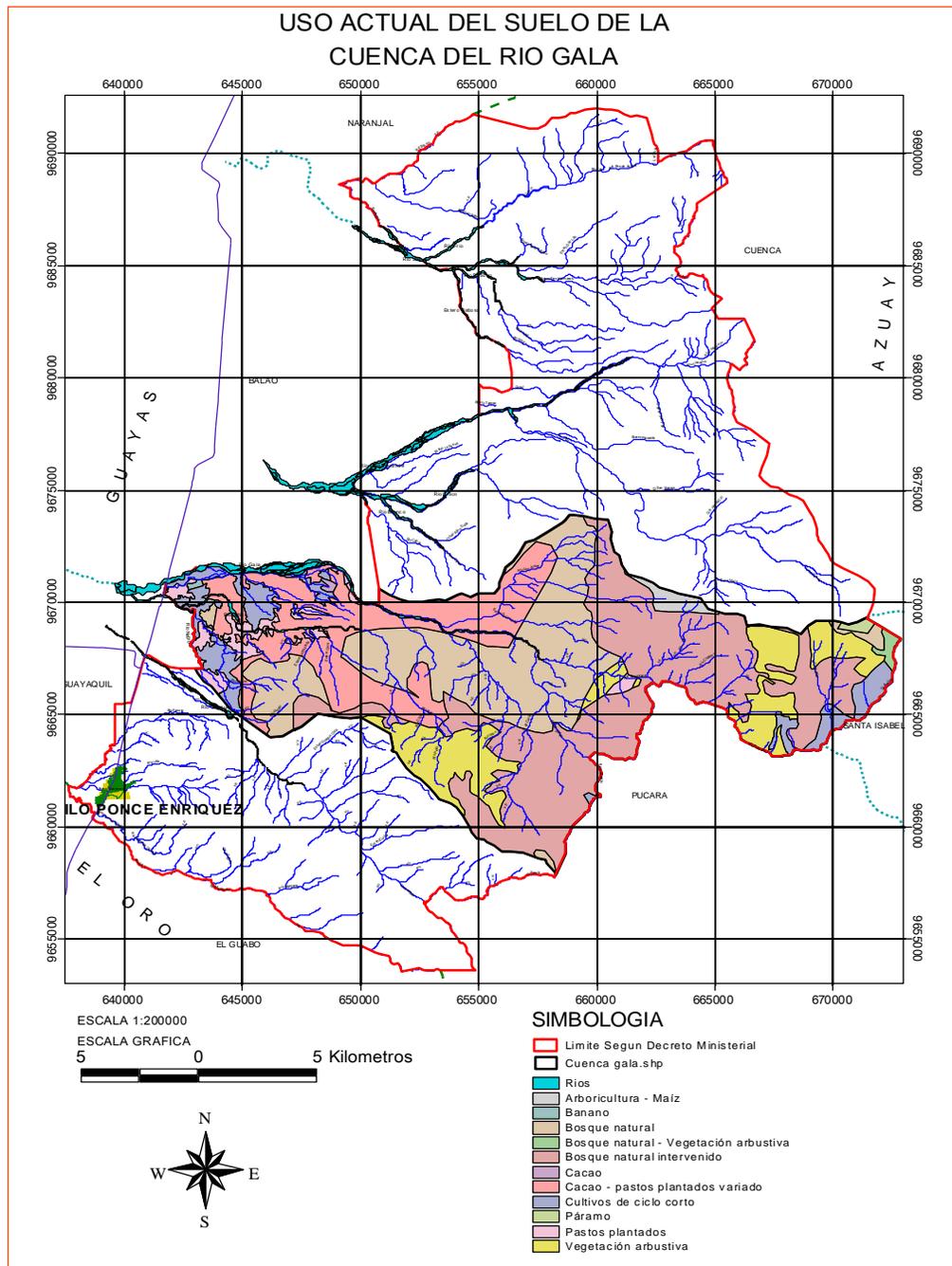
Uso de Suelo	Hectáreas	%
Arboricultura_maíz	3331,5	5,09
Asentamiento poblado	16,93	0,03
Banano	232,5	0,36
Bosque Natural	16086,07	24,59
bosque Natural_Pasto plantado	354,78	0,54
Bosque Natural_Vegetación Arbu	97,78	0,15
Bosque Natural_Intervenida	18362,67	28,07
Cacao	6655,21	10,17
Cacao_café	1001	1,53
Caña de Azucar	531,3	0,81
Cuerpos de Agua	145,58	0,22
Culivos de ciclo corto	1781,92	2,72
Culivos de ciclo corto_Pastos	11333,9	17,32
Maíz_Pastos plantados	157,29	0,24
Páramo	184,2	0,28
Pastos Plantados	1013,93	1,55
Vegetación Arbustiva	3882,22	5,93
Vegetación Arbustiva_Pastos	259,46	0,40
<b>Total</b>	<b>65428,24</b>	<b>100,00</b>

**TABLA 5. USO DE SUELO EN CAMILO PONCE ENRÍQUEZ.**

Los suelos de la parte baja están ocupados por cultivos de cacao del tipo nacional o también del clonal, como cultivos puros en pequeñas parcelas y como cacao ecológico en combinación con cultivos transitorios, el cacao es de mucha importancia en el desarrollo de la población ya que la mayoría de sus pobladores se dedican a cultivarlo en sus propiedades.

### **2.5.2. Uso actual del suelo en la cuenca del Río Gala**

La cuenca del Río Gala presenta 11 tipos diferentes del uso del suelo; siendo el bosque intervenido el de mayor extensión, seguido del bosque natural y cacao – pasto natural variado (Mapa 6).



**MAPA 6: Uso actual del suelo en la cuenca del río Gala en el cantón Camilo Ponce Enríquez (fuente y elaboración Ing. Gustavo Naspud Director del departamento de avalúos y catastros del Municipio de Camilo Ponce Enríquez).**

La cuenca del río Gala a pesar de estar influenciada por el sector minero y agrícola (cacao principalmente) aun mantiene grandes extensiones entre bosque natural intervenido y bosque natural; que la hacen de gran importancia para su conservación e investigación por albergar una gran diversidad de flora y fauna, además de estar ubicada en la cordillera occidental.

## CAPITULO III

### DISCUSIONES

#### 3.1. FISICO-QUIMICAS

Las características físico-químicas de una fuente de agua están en función de la naturaleza de sus suelos, su uso y estado de conservación (Roldán, 1992, Flecker y Feifarek, 1994, en Vimos D, 2004) que interactúan con la morfología del caudal y las variables hidráulicas (Ward, 1992, en Vimos D, 2004). En las 9 estaciones de muestreo pertenecientes a los ríos Gala y Chico hubo grandes diferencias entre las estaciones de muestreo que presentaron influencia de la actividad minera y las que estaban exentas de esta actividad.

##### 3.1.1. Sedimentos

Entre los metales pesados analizados en este estudio en las muestras de sedimento tenemos: el mercurio, zinc, cadmio y cobre que se encontraron en los dos ríos, excepto cadmio que no se detectó en el río Gala. Pero existe una elevada y considerable concentración de estos metales en las estaciones 2 y 3 del río Chico que tienen influencia directa de la minería respectivamente en relación a las demás estaciones que están más alejadas o no están influenciadas por esta actividad en las dos épocas del año, principalmente en el verano donde el caudal de los ríos baja la concentración de los metales pesados aumentó (figuras 11, 12, 13 14); este dato lo demuestra también Betancourt *et al*, (2005) que determinó una alta concentración de metales pesados como mercurio, plomo y manganeso en la época de verano en las áreas mineras. Sotomayor, (2007) encontró altos niveles de cobre, níquel y zinc en sedimentos en las estaciones que

tenían afección de la minería. Prodeminca, (1999) en el río Chico también obtuvo elevadas concentraciones de mercurio, cobre, cadmio, zinc entre otros metales en sedimentos.

Un dato importante es que el río Gala a pesar de no estar afectado por los trabajos mineros presentó elevadas concentraciones de mercurio en los sedimentos en invierno y verano, esto se debe al uso en grandes cantidades de este metal en el proceso de amalgamación usado para extraer oro de los concentrados, que luego el oro que se encuentra en la amalgama es recuperado por calentamiento, donde considerables cantidades de mercurio se liberan al aire en forma de gas alcanzando largas distancias y depositándose a través de las lluvias directamente en las aguas o en los suelos, que luego por acción de las lluvias en invierno son arrastrados hasta los ríos; aunque cantidades considerables se pierden en los residuos debido al excesivo uso de este elemento, que luego del proceso las colas son descargadas teniendo como destino los ríos en este caso el Chico (Prodeminca, 1999). Además que los metales pesados son unos de los contaminantes ambientales más peligrosos, debido a que no son biodegradables y a su potencial de bioacumulación en los organismos vivos. Entre ellos, se destacan por su toxicidad y su mayor presencia en el medio ambiente el mercurio, cadmio y plomo (Orozco *et al*, 2003).

### **3.1.2. Agua**

En las muestras de agua también se encontró metales pesados en el río Chico, como es el caso de cobre y zinc en la estación 2 en verano, y de mercurio en la estación 2 en verano e invierno y en la estación 3 en verano. Estos elementos, a pesar de tener densidades muy altas y que tienden a sedimentarse, se los encontró suspendidos en el agua producto de las descargas directas de los efluentes de la actividad minera a que están expuestas dichas estaciones; así tenemos que Betancourt *et al*, (2005) encontró niveles muy elevados y fuera de los límites normales de metales pesados (mercurio, plomo y

manganeso) en las estaciones de muestreo que estaban ubicadas directamente en el área minera. Un estudio realizado por Prodeminca, (1999) en el río Chico también obtuvo elevadas concentraciones de mercurio, cobre, cadmio, zinc entre otros metales en agua. Y también Schreckinger, et.al. (1990) lo demuestra en su estudio en las aéreas mineras de Zaruma y Portovelo, donde manifiesta que la contaminación química (mercurio, cianuro, metales pesados, sulfuros complejos, combustibles, entre otros) es predominante en las aguas superficiales y subterráneas calificándolas como fuertes y medianas.

El oxígeno disuelto es uno de los indicadores más importantes de la calidad del agua. Los valores normales varían entre los 7,0 y 8,0 mg/L. Este llega al sistema acuático por difusión de la atmosfera o por la fotosíntesis (Roldan, 2003). Este parámetro en invierno y verano se encuentra con valores menores a 6,0 mg/L en las estaciones 2, 3, 4 del río Chico y la estación 5 donde se une con el río Gala, caracterizándose como agua con alteración según Roldan (2003) y fuera de los límites permisibles de aguas para consumo humano y uso doméstico según el TULAS; debido a que estas estaciones se encuentran afectadas por los trabajos mineros, en cambio las demás estaciones que no tienen minería presentaron mejor oxigenación; un estudio realizado por Roldan, (1996) encontró un déficit de oxígeno en ríos contaminados y alta oxigenación en aguas sin contaminación o alteración.

La turbiedad y los sólidos en suspensión, entre estos tenemos: Los sólidos totales llamados así por la fracción de sólidos que no pasa por el filtro de 0.45  $\mu$  y los sólidos disueltos o filtrables aquellos que no son retenidos por el filtro de 0.45  $\mu$  (ICT - Instituto Catalán de Tecnología, 1996). Estos parámetros en la época de verano se encuentran en concentraciones muy elevadas en las estaciones del río Chico que tienen minería en relación a las demás estaciones que no tienen influencia de esta actividad, principalmente los sólidos totales y la turbiedad en las estaciones 2 y 3 del río Chico que se encuentran fuera de los límites permisibles aguas para consumo humano, uso

doméstico, agrícola y riego según el Texto Unificado de la Legislación Ambiental (TULAS), Sotomayor, (2007) en su estudio también encontró altos niveles de turbiedad en las estaciones que estaban ubicadas cerca de las minas. Mientras que en el invierno tiende a bajar la concentración de estos debido a la dilución por el aumento del caudal en los ríos. Otro estudio realizado por Schreckinger, et al. (1990) en las áreas mineras de Zaruma y Portovelo también data que la contaminación física se manifiesta con niveles elevados de partículas sólidas en suspensión y turbidez.

Entre los problemas que causan los sólidos en suspensión según Orozco *et al*, (2003) y la turbiedad Roldán, (1992) tenemos:

Los sólidos totales:

- Produce color aparente en el agua.
- Disminuye el paso de energía solar, por lo que es responsable de una menor actividad fotosintética.
- Ocasiona depósitos sobre las plantas acuáticas y las branquias de los peces.
- Ocasiona depósitos por sedimentación, con lo que favorece la aparición de condiciones anaeróbicas y dificulta la alimentación de los seres vivos acuáticos.

Los sólidos disueltos:

- Aumentan la salinidad.
- Varían la solubilidad del oxígeno.
- Pueden inducir toxicidad por la presencia entre ellas de determinados compuestos.

La turbiedad: define el grado de opacidad producido en el agua por la materia particulada suspendida y causa una baja transmisión de luz en el agua incidiendo directamente en la productividad y el flujo de energía dentro del ecosistema.

El pH del agua que indica el comportamiento ácido o básico de la misma, es una propiedad de carácter químico de vital importancia para el desarrollo de la vida acuática (Orozco *et al*, 2003). Este parámetro en verano en todas las estaciones de muestreo se encuentra dentro de los valores de aguas naturales que varían entre 6,0 y 9,0 según indica Orozco *et al*, (2004); y que aunque el río chico a pesar de tener influencia de las minas el pH se encuentra en valores neutros en las 2 épocas del año; esto se debe según comunicación personal del Ing. Luis Guzmán a que las rocas del material aurífero están formadas en su mayoría por carbonatos. En invierno en el río Gala en sus estaciones encontramos valores entre 9,62 y 9,99 que la da un carácter demasiado básico y que sobrepasa los límites permisibles según el TULAS; pues esto se puede atribuir al temporal que incrementa el caudal, arrastrando y depositando todo tipo de partículas y sustancias al agua. Ya que el caudal del río Gala es mucho más grande que el del río Chico.

La dureza aunque esta dentro de los límites permisibles según el TULAS en todas las estaciones de muestreo en las dos épocas del año, presento en verano altas concentraciones de este parámetro (200 y 360 mg/L) en las estaciones del río Chico que están influenciadas por las minas, caracterizándolas como aguas duras, mientras las demás estaciones que no presentan esta actividad tuvieron bajas concentraciones (45 y 100 mg/L) consideradas como medianamente blandas según Roldán, (1992); una investigación realizada por Roldan, (1996) reportó datos de aguas blandas (10 y 40 mg/L) en ríos sanos y aguas duras (hasta 350 mg/L) en ríos contaminados, también Sotomayor, (2007) en su estudio data una elevación de la dureza en las estaciones contaminadas por las minas. Limnologicamente la dureza del agua está definida por la cantidad de iones de calcio y magnesio presentes en ella; las aguas blandas son

biológicamente poco productivas y poseen una flora y fauna variada, mientras que las aguas duras por lo regular son muy productivas y solo unas pocas especies se han adaptado a estas condiciones (Roldán, 1992).

Los cloruros y sulfatos son dos de los aniones más importantes que se encuentran en las aguas naturales después de los carbonatos. Aunque los cloruros se detecto solamente en el verano en la estación 2 del río Chico que tiene incidencia directa por las actividades mineras con un valor de 48 mg/L, y que está dentro de los límites permisibles según el TULAS, para Roldán, (1992) los cloruros en ríos de aguas normales de montaña presentan valores menores a 5 mg/L. En cambio los sulfatos se encontró en todas las estaciones que presentan afección por los trabajos mineros con valores que van de 0,9 a 1,2 en invierno y de 3 a 5 en verano consideradas dentro de los límites permisibles según el TULAS, este dato también lo confirma Roldán, (1992) quien manifiesta que este parámetro en aguas naturales varían en valores que van desde los 2,0 hasta los 10 mg/L, aunque en un estudio realizado por Prodeminca, (1999) manifiesta que existe contaminación por la minería en los puntos estudiados en el río Chico con valores que varían entre 0 y 38 mg/L y un registro excepcionalmente alto de 210 mg/L. Pero también hubo sulfatos en la estación 1 del río Chico que no tiene minería con valores normales, esto se debe según Roldán, (1992) a la naturaleza geoquímica del terreno que lo contiene, ya que el agua como solvente universal tiene la capacidad de disolver la mayoría de sales minerales. Estos parámetros en niveles muy altos producen en el agua una alta productividad en términos de biomasa causando una baja diversidad de especies (Roldán, 1992).

Elementos como los nitratos y el fósforo (bionutrientes) son los principales causantes de la eutrofización de las aguas, pues esta induce a una disminución drástica del oxígeno disuelto, lo que puede acabar con la vida normal del medio acuático (Orozco *et al*, 2003). Se encontró la presencia de nitrato solamente en las estaciones del río Chico que presentaron actividad minera con valores entre 1 y 4 mg/L, en las dos épocas del año,

aunque se encuentra dentro de los límites permisibles según el TULAS, pero Roldán, (1996) dice que los valores normales de nitrato se sitúan entre 0,1 y 0,3 mg/L. En cambio el fósforo se detectó en los dos ríos en todas las estaciones de muestreo en las dos épocas del año fuera de los límites permisibles según el TULAS, aunque en las estaciones 2, 3 y 4 del río Chico hubo elevadas concentraciones a diferencia de las demás, producto de las actividades mineras que existen en esta zona, así tenemos que Roldán, (1996) en su estudio data bajos niveles de fósforo y nitratos en ríos sanos, mientras que en aguas contaminadas encontró altos niveles de estos elementos. La razón de la presencia de fósforo en las estaciones que no existe minería se debe al mismo hecho de no existir esta actividad la gente utiliza el agua para uso doméstico (lavar ropa, bañarse, etc.) ocasionando la presencia de fosfatos por los detergentes utilizados (Orozco *et al*, 2003), incluso el uso del agua para agricultura y riego podría aportar con este elemento debido al uso de pesticidas y fertilizantes.

Parámetros DBO y DQO. En lo que respecta al DBO definido por la cantidad de oxígeno requerido por un grupo de organismos principalmente las bacterias para descomponer la materia orgánica (Roldán, 1992), se encontró niveles bajos de este parámetro (con valores entre 0,6 y 1,7 mg/L.) en todas las estaciones del río Chico en invierno y verano, ubicándose dentro de los límites permisibles según el TULAS y según Orozco *et al*, (2003) valores menores a 3 mg/L, considera como aguas puras, excepto la estación 2 del río Chico que está ubicada en plena actividad minera que presentó en verano un valor de 3,23 mg/L, quedando fuera de los límites permisibles según el TULAS y según Orozco *et al*, (2004) aguas entre 3 y 5 mg/L, son aguas de pureza intermedia; en cambio en el río Gala es a la inversa, presentó niveles altos en las dos épocas del año (valores entre 8 y 22 mg/L.) que lo ubica fuera de los límites permisibles según el TULAS y según Orozco *et al*, (2003) valores mayores a 8 mg/L, son aguas que tienen algún tipo de contaminación. El hecho de que el río Chico a pesar de estar afectado por algunos parámetros físico-químicos debido la influencia de las actividades mineras, presenta aguas de buena calidad o sanas según el DBO y la literatura citada, excepto la estación 1 que no tiene ningún tipo de influencia antrópica,

esto se puede atribuir a que en este río en ciertos tramos no existe vida superior (Prodeminca, 1999) y en los muestreos de macroinvertebrados se encontró un número relativamente bajo; ya que todas especies acuáticas son también las responsables de las demandas de oxígeno para poder vivir, además no tiene uso doméstico, riego y agricultura en la parte media y alta; en cambio el río Gala aunque no tiene afección por los trabajos mineros presenta aguas con problemas de contaminación según el DBO y la bibliografía, esto se le atribuye al hecho de no presentar actividad minera está sujeto al uso de sus aguas para agricultura, riego y doméstico provocando estos un incremento de materia orgánica y nutrientes y por ende el DBO, además este río presentó en este estudio una alta diversidad y abundancia de macroinvertebrados, también presenta una gran diversidad de vida superior ya que la gente de la zona se dedica al pesca como fuente de consumo alimenticio, incrementando estos una demanda de oxígeno. En lo relacionado al DQO que mide la cantidad de materia orgánicas o inorgánicas susceptible de oxidación química contenida en el agua, representando la cantidad de oxígeno equivalente para la descomposición de la materia (Orozco C *et al*, 2003), tenemos, que en las estaciones 2 y 3 del río Chico se obtuvieron niveles muy elevados (190 y 170 mg/L, respectivamente) en verano, debido a que están ubicadas respectivamente en plena actividad minera, lo que representa una alta contaminación según manifiesta Orozco *et al*, (2003) que las aguas naturales y destinadas para abastecimiento debe ser menor a 30 mg/L, a diferencia de las demás estaciones en donde los niveles son relativamente bajos (valores entre 2,4 y 62 mg/L.) en las dos épocas del año, aunque en algunas estaciones especialmente en el río Gala hubo niveles sobre los 30 Mg/L, (hasta 62 mg/L.) lo que según manifiesta Orozco *et al*, (2003) deben ser menores, pudiendo causar un leve problema, esto se puede atribuir a que el río Gala está expuesto al uso del agua para agricultura, domestico e incluso para turismo contribuyendo estos al incremento de materia causante del aumento de este parámetro, también el caudal es mucho mayor al del río Chico provocando arrastre de materiales especialmente en el invierno provocando igualmente un aumento del DBO.

Elementos como el cianuro que a pesar de ser utilizado en grandes cantidades en los procesos de recuperación de oro en las plantas cianuradoras no se detectó en ninguna de las estaciones de los ríos en las dos épocas del año, este dato también lo demuestra Prodeminca, (1999) donde tampoco determino este elemento en el río Chico. Pero según comunicación personal de Colón Velásquez, (2007) manifiesta que si existe este elemento en el río Chico por las características físicas que presenta el agua y por la presencia de nitratos, especialmente en la estación 2 que está ubicada e influenciada directamente por los trabajos mineros; y que debido a la falta de estabilización de la muestra al tomarla este se descompuso y no pudo ser determinada en el laboratorio. Otro dato importante es que el cianuro se descompone rápidamente en el agua, entonces podría ser otro factor para la no determinación de este. El cianuro es un elemento que actúa impidiendo las reacciones de oxidación del fósforo que es la que permite la respiración celular. Además, algunos compuestos cianurados que se forman por reacción con determinados metales pesados pueden ser incluso sustancias más tóxicas que los contaminantes de partida (Orozco *et al*, 2003).

### **3.2. Biológicas**

Al igual que los parámetros físico-químicos, en los resultados biológicos hubo grandes diferencias en las comunidades de macroinvertebrados, entre las estaciones que existía minería y las que no tenían influencia por esta actividad.

En cuanto a la abundancia de taxones presentes en todo el muestreo en las dos épocas del año (figuras 4 y 5) tenemos 3592 individuos encontrados, en donde Baetidae, Leptophlebiidae (Ephemeroptera), Hydropsychidae (Trichoptera), Leptohiphidae (Ephemeroptera) y Elmidae (Coleóptera) fueron las familias dominantes; Siendo el orden Ephemeroptera el más importante ya que constituyó el 54,97% de taxones encontrados, así tenemos que Brooks Et. Al. (2005) encontró datos similares en su estudio detallando un total de 4073 individuos dominados por Leptophlebiidae y Baetidae (Ephemeroptera), de igual forma Sotomayor, (2007) detalla datos parecidos en

su estudio, con la diferencia de que en su cinco taxones principales existen Perlidae (Plecóptera) y Naucoridae (Hemíptera). La gran mayoría de taxones pertenecen a las estaciones del río Gala y 1 del río Chico debido a que estas no tienen influencia por las actividades mineras, a diferencia de las demás estaciones que por estar expuestas a la minería presentaron bajo número de estos.

En la riqueza de familias por sitio de muestreo en la figura 6 se puede apreciar que hubo un mayor número en verano en los ríos Chico y Gala (37 y 38 familias respectivamente), en cambio en el invierno fue menor (22 Chico y 25 Gala), esto se debe al incremento de las lluvias que aumentan el caudal en la temporada invernal, provocando un barrido de los individuos disminuyendo el número de estos, mientras en la temporada de estiaje las aguas permanecen estables y sin turbulencias permitiendo que los macroinvertebrados permanezcan constantes y estables en los ríos; a diferencia de estos datos, en un estudio realizado por Sotomayor (2007) encontró un mayor número de individuos en invierno y solo en una estación obtuvo mayor número de estos en verano.

Como se puede apreciar en las figuras 7 y 8 de la abundancia relativa por estación de muestreo en las dos épocas del año si existen diferencias significativas entre los dos ríos, pues tenemos el bajo número de individuos en las estaciones 2, 3 y 4 de el río Chico respectivamente; esto se atribuye a que están influenciadas por la minería, especialmente la estación 2 que presentó el número más bajo de diversidad y abundancia en el estudio ya que esta ubicada en plena área de los trabajos mineros, además la mayoría de taxones presentes fueron del orden Diptera como Chironomidae y Psychodidae que son tolerantes en aguas altamente contaminadas, este dato también lo demuestra Brooks Et. Al.(2005) en su estudio ya que en aguas tenían considerables efectos de contaminación solo encontró Chironomidos; también se encontró un gran número de Baetidae (Ephemeroptera), Hidropsichidae (Tricoptera) y Elmidae (Coleoptera) que pueden tolerar aguas moderadamente contaminadas; este dato también lo demuestra Vimos, (2004) que data un alto y bajo porcentaje de individuos en las

estaciones que no tenían influencia antrópicas y las que presentaban esta influencia respectivamente; a diferencia de la estación 1 del río Chico y las estaciones del río Gala que presentaron un alta diversidad y abundancia de individuos, debido a que ninguna estación tiene influencia por esta actividad, aunque la estación 1 del río Gala presentó un bajo número de individuos en el invierno en relación a las demás estaciones de este río, esto se puede explicar a que las condiciones de estación no son favorables (muy poca materia orgánica, y hojarasca, casi nada de sedimentos, sustrato mayormente formado por rocas y alta pendiente) y además el alto caudal formado por el invierno provoca un barrido o lavado que sumado a los factores arriba citados ayuda a disminuir la presencia de macroinvertebrados.

Todos los datos de riqueza y abundancia de macroinvertebrados arriba datados, también lo demuestra Death, (2002) ya que él encontró en su estudio, que cuando el río presentaba disturbancias físico-químicas el número de individuos decrecía y al contrario tendía a elevarse el número de macrobentos cuando el agua del río mejoraba sus condiciones.

Según el índice ABI en el verano (figura 10), tenemos que las estaciones del río Gala y la 1 del Chico pertenecen a la clase I categorizadas como aguas muy limpias, pues al no presentar influencia por las actividades mineras y debido al temporal donde el caudal permanece bajo y estable hubo un alto número de individuos en especial Leptoplebiidae, Oligoneuriidae (Ephemeroptera), Perlidae (Plecoptera) e Hydrobiosidae (Tricoptera), que según Roldán, (2003) son característicos de aguas muy limpias. Valores pertenecientes a la clase II llamadas aguas con algunos efectos de contaminación se encontró en las estaciones 4 del río Chico y 5 donde se unen los ríos Gala y Chico, pues estos puntos de muestreo al encontrarse lejos de los trabajos mineros no tiene influencia fuerte o directa por estas actividades, donde se encontró un dominio de familias como Leptohyphidae, Leptoplebiidae y Baetidae (Ephemeroptera) e Hydrobiosidae, Hidropsichidae (Tricoptera), lo que que manifiesta Roldán, (2003) que estos individuos

son característicos de aguas limpias o poco contaminadas. La estación 3 del río Chico presentó valores de clase III llamadas aguas contaminadas y la que presentó valores de clase IV categorizada como aguas muy contaminadas fue la estación 2 del río Chico, esto se puede explicar por lo que las estaciones 2 y 3 respectivamente se encuentran ubicadas e influenciadas directamente por las actividades mineras; además se encontró casi en su totalidad familias de Hidropsichidae (Tricoptera) y Baetidae (Ephemeroptera) en la estación 3 y en la estación 2 Chironomidae y Psychodidae (Díptera), donde según cita Roldán, (2003) son individuos característicos de aguas contaminadas y muy contaminadas respectivamente.

En el invierno con el índice ABI, (figura 9), de forma general hubo un declive en el número de individuos y por ende en la puntuación ABI en relación a la época de verano, así tenemos que las estaciones del río Gala bajaron de clase I a II, la estación 1 del río Chico Chico sigue ubicada en la clase I pero bajo de categoría de aguas muy limpias a aguas sin contaminación, la estación 4 del río Chico de clase II bajo a III, las demás estaciones permanecen en la misma clase, esto se puede atribuir al temporal de invierno donde aumenta el caudal de las aguas producto del incremento de las lluvias causando un barrido de las especies, lo que incide en el bajo número de los macroinvertebrados.

Un dato importante considerado en este estudio es la gran abundancia de la familia Baetidae con un número de 1144 individuos en todos los muestreos de invierno y verano (figuras 4 y 5); además fue la única familia que se encontró en todas las estaciones de muestreo de los dos ríos seguida de Elmidae pero en menor número, esto se debe a la preferencia que tiene esta familia a aguas rápidas y su ligera tolerancia a la contaminación, la cual se ve favorecida también por la reducción de sus depredadores y competidores naturales, disponiendo de una mayor cantidad de alimento (Roldán 1996, Caicedo y Palacio 1998 en Vimos 2004), con lo cual esto nos indica que existe un desequilibrio de las comunidades bentónicas debido a las diversas influencias y alteraciones que sufren cada uno de los ecosistemas estudiados.

### **3.3. Análisis Cluster**

Los datos biológicos y físico-químicos nos demuestran que existe un grave impacto en las estaciones del río Chico que están sometidas e influenciadas por las actividades mineras, especialmente la estación 2 que presentó los niveles más elevados de contaminantes y el más bajo número de macroinvertebrados por estar ubicada directamente donde se desarrollan estas actividades, esto también lo confirma el análisis cluster realizado en aguas y sedimentos (figuras 15, 16, 17 y 18) donde a la estación 2 la ubica como un grupo totalmente a parte y diferente de las demás estaciones.

### **3.4. Análisis Cart**

Este análisis también nos demuestra tanto en invierno como en verano que existe una influencia negativa de los parámetros físico-químicos en los biológicos. Así tenemos en la época de invierno (figura 20) en las estaciones que presentan minería estaban influenciando parámetros como: los sólidos totales y disueltos, dureza, DQO, DBO y caudal, especialmente de los sólidos totales y la dureza ya que los demás están parecidos, debido a la temporada donde el caudal aumenta causando una dilución de estos, existe también una diferencia marcada de macroinvertebrados, según este análisis ya que es alta en la clase sin minería y en la clase con minería es baja. De igual forma en el verano (figura 22) este análisis nos demuestra una influencia en las estaciones con minería en parámetros como: sólidos totales y disueltos, turbiedad y DQO, especialmente los sólidos totales que se disparan muy arriba, debido al temporal donde el caudal es bajo, produciendo una concentración de estos; los macroinvertebrados también demuestran una diferencia ya que hay una tendencia a elevarse en la clase sin minería.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este estudio se pudo determinar que existe una influencia negativa de la actividad minera sobre el río Chico mayoritariamente en las estaciones de muestreo 2, 3 y 4, ya que estas se encuentran ubicadas directamente donde se realizan estos trabajos, esto se vislumbra tanto en el análisis biológico (mala calidad de agua) como en las variables físico-químicas.

Dentro de los parámetros físico-químicos, los principales contaminantes son: el mercurio, cobre cadmio y Zn en sedimentos, además de parámetros como sólidos totales y disueltos, dureza, DQO, fósforo, oxígeno disuelto y turbiedad en agua.

Las concentraciones de Hg, Cd, Cu y Zn, en sedimentos constituyen un peligro latente, estos podrían ingresar a la cadena trófica bioacumulándose, también podrían reactivar su movilidad o aumentar su toxicidad si hay un cambio de pH o al aumentar el caudal, etc. Así lo demuestra Prodeminca, (1999) en su estudio manifestando que la considerable contaminación del río Chico se refleja en la fauna acuática con elevados niveles de Hg, As, Pb y otros metales en los peces pequeños, camarones y larvas de insectos en los tramos del río que estaban lejos de las minas, ya que en los puntos que están directa o cerca de esta actividad ya no existe vida superior.

El río Gala aunque está exento de minería se encontró niveles de mercurio en sus sedimentos en concentraciones considerables y que podrían causar problemas de

bioacumulación en los organismos y por ende a las personas, ya la gente en toda la zona se dedica a la pesca como fuente de consumo alimenticio.

El bajo número de diversidad y abundancia de macroinvertebrados también evidencian la contaminación en las estaciones del río Chico que tienen a actividad minera, especialmente en la estación 2 donde la mayoría fueron del orden díptera mayormente Chironomidae que son tolerantes a aguas altamente contaminadas.

La estación climática de igual forma tuvo una influencia en este estudio, ya que en el aspecto biológico existió un alto y bajo número de macroinvertebrados en verano e invierno respectivamente, de la misma manera en los parámetros físico-químicos se determinó una baja concentración de contaminantes en invierno y alta en verano, principalmente en las estaciones del río Chico que tienen actividad minera.

En cuanto a los análisis estadísticos del Clúster y Cart también evidenciaron y demostraron diferencias e influencias de acuerdo a los parámetros biológicos y físico-químicos entre las estaciones que presentan minería y las que no tienen esta actividad, principalmente demuestran una incidencia en las aguas del río Chico en las estaciones donde existen los trabajos mineros, especialmente la estación 2.

Finalmente como recomendaciones sería importante realizar otro estudio parecido o como una especie de monitoreo en el río Chico, para determinar cómo ha cambiado o que ha pasado con este, debido a que por decreto del estado a través del Ministerio de Minas y Petróleo hubo una paralización de esta actividad, por no tener una minería tecnificada y por la evidente contaminación que existe, sumándose en reclamo las comunidades afectadas y los ambientalistas. Un ejemplo de este reclamo del cual evidenció fue el de la comunidad de San Rafael ubicada abajo de la confluencia del río Chico con el río Gala, debido a que este es la única fuente hídrica que tienen, lo cual no

les queda más que usar este recurso para agricultura, riego y uso doméstico y que según los análisis físico-químicos tienen elementos contaminantes. Además manifiesta la gente que antes de que exista la minería este río era un hermoso recurso turístico.

También sería interesante hacer un estudio de elementos contaminantes en los organismos superiores en los tramos del río Chico, hasta la cercanía de la desembocadura con el mar, para determinar problemas de bioacumulación y biomagnificación que estarían causando.

## BIBLIOGRAFIA

- ANGULO, J., ANGULO, W. y ZÚÑIGA, M. Evaluación de toxicidad aguda en extractos acuosos de sedimentos. Cali – Colombia. Universidad del valle. 1993. 1 – 16 p.
- ALBA – TERCEDOR, J. Macroinvertebrados y la Calidad de las Aguas de los Ríos. En: IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA), vol. II: 203-213. ISBN: 84 – 7840 – 262 – 4. Almeria - España, 1996.
- BETANCOURT, O., NARVAEZ, A. and ROULET, M. Small- scale Gold Mining in the Puyango River Basin, Southern Ecuador: A Study of Environmental Impacts and Human Exposures. Fundación Salud Ambiente y Desarrollo (FUNSAD), Quito - Ecuador / Institut de Recherche pour le Développement (IRD), EcoHealt. La Paz, Bolivia. 2005. 323 – 332 p.
- BROOKS, A. Et. Al. Hydraulic microhabitats and the distribution of macroinvertebrate assemblages in riffles. New South Wales Department of Infrastructure, Planning and Natural Resources. Blackwell Publishing Ltd. Wollongong – Australia. 2005.
- CISNEROS, R., y Espinosa, C. Evaluación de la calidad del agua en los ríos Zamora Huayco, Malacatos y Zamora Loja – Ecuador: Un modelo de biomonitorio. Trabajo de graduación previo a la obtención del título de Biólogo. Universidad del Azuay. Facultad de Ciencia y Tecnología. Escuela de Biología del Medio Ambiente. 2001.

DOMÍNGUEZ-Granda L. GOETHALS, P.L.M. & De PAUW, N. Aspectos del ambiente físico-químico del río Chaguana: un primer paso en el uso de los macroinvertebrados bentónicos en la evaluación de su calidad de agua. Revista Tecnológica ESPOL, Vol. 18, N. 1, 127-134. Guayaquil, Ecuador. 2005.

DEATH, R. G. Predicting invertebrate diversity from disturbance regimes in forest streams. Institute of Natural Resources – Ecology, Massey University. Oikos 97. Palmerston North - New Zealand. 2002. 18–30 p.

ELLEN FIEWEGER, M. Se busca: la minería sustentable, limpia y responsable. Revista Terra Incógnita. N° 54. Quito – Ecuador. 2008. 20 – 21 p.

FUNGEOMINE. Estudio de impacto ambiental y plan de manejo ambiental “Bosque Protector Río Gala”. Quito – Ecuador. 2002.

FEISINGER, P. El diseño de estudios de campo para la conservación de la biodiversidad. Editorial FAN. Santa Cruz de la Sierra – Bolivia. 2004. 242 p.

ZARATE, E. Et. Al. Guía metodológica de la calidad ambiental. Universidad del Azuay. Cuenca – Ecuador. 2008.

Guía turística y cultural del Azuay. “El Azuay es tuyo”. Asociación de municipalidades del Azuay, Prefectura del Azuay y Cámara de turismo del Azuay. Edición 1. 2008.

ICT - Instituto Catalán de Tecnología. Parámetros de contaminación ambiental. Barcelona - España. 1996. 5 – 11 p.

SÁNCHEZ, L. Control de la contaminación de las aguas. Departamento de ingeniería en minas. Universidad de Sao Paulo. Vol. I. Sao Paulo – Brasil. 1995. 65 – 70 p.

OROZCO, C. Et. Al. Contaminación ambiental: Una visión desde la química. Thomson Editores Spain Parainfo, S.A. Madrid – España. 2003. 63 – 101 p.

PILLAJO, E. Utilización de los recursos minerales. FUNGEOMINE. Quito – Ecuador. 1997. 2 – 10p.

PRODEMINCA. Monitoreo ambiental de las áreas mineras en el sur del Ecuador. Quito - Ecuador. 1999. 51 – 60 p.

PDL. Plan de Desarrollo del Cantón Camilo Ponce Enríquez. 2004.

ROLDÁN, G. Fundamentos de Limnología Neotropical. Editorial Universidad de Antioquia. Ciencia y Tecnología. Primera edición. Medellín - Colombia. 1992. 529p.

ROLDAN, G. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Fondo FEN / Colciencias / Universidad de Antioquia. Antioquia - Colombia. 1996. 217 p.

ROLDAN, G. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: Propuesta para el uso del método BMWP/Col. Editorial Universidad de Antioquia. Primera Ed. Antioquia – Colombia. 2003. 147 p.

RÍOS, B., COSTA, R. and PRAT, N. Distribution of macroinvertebrate communities in the high Andes and their tolerance to pollution. A review and proposal of a biotic index for high Andean streams (Andean Biotic Index, ABI). *Freshwater Ecology and Management*, Department of Ecology, University of Barcelona. 2006. 1 – 27 p.

SCHRECKINGER, et.al. Impacto ambiental de la minería en Zaruma y Portovelo. Fundación Natura. Quito - Ecuador. 1990. 27 – 34 p.

SOTOMAYOR, G. Análisis de los efectos causados por la actividad minera sobre los cuerpos de agua en la microcuenca del Río Tenguel cantones Ponce Enríquez y Pucara mediante la utilización de parámetros físico – químicos y biológicos. Universidad del Azuay. Facultad de Ciencia y Tecnología. Escuela de Biología del Medio Ambiente. Tesis de grado. 2007.

Texto Unificado de Legislación Ambiental (TULAS). Libro VI Anexo 1. Norma De Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua.

VIMOS, D. Bio–evaluación rápida de las principales fuentes de agua de 14 parroquias del cantón Cuenca, en la cuenca alta del Río Paute. Universidad del Azuay. Facultad de Ciencia y Tecnología. Escuela de Biología del Medio Ambiente. Tesis de grado. 2004.

ZÚÑIGA, C. et. Al. Jerarquización de efluentes de la industria minera del carbón en términos de toxicidad aguda. Universidad del valle. Cali – Colombia. 2004. 330 – 336 p.

WOODCOCK, T. And HURYN, A. The response of macroinvertebrate production to a pollution gradient in a headwater stream. Department of Biological Sciences, University of Maine, Orono, ME, U.S.A. Blackwell Publishing Ltd. 2007. 177 – 190 p.

## ANEXOS

### ANEXO 1: FOTOGRAFÍAS DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO DEL RÍO CHICO.

**FOTO 1: ESTACIÓN N° 1**



**FOTO 2: ESTACIÓN N° 2**



Fotos Javier Armijos

**FOTO 3: ESTACIÓN N° 3**



**FOTO 4: ESTACIÓN N° 4**



Fotos Javier Armijos

**ANEXO 2: FOTOGRAFÍAS DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO DEL RÍO GALA.**

**FOTO 5: ESTACIÓN N° 1**



**FOTO 6: ESTACIÓN N° 2**



Fotos Javier Armijos

**FOTO 7: ESTACIÓN N° 3**



**FOTO 8: ESTACIÓN N° 4**



Fotos Javier Armijos

**ANEXO 3: FOTOGRAFÍAS DE LA ESTACIÓN DE MUESTREO UBICADA EN LA UNIÓN DE LOS RÍOS GALA Y CHICO.**

**FOTOS 9 Y 10: ESTACIÓN N° 5**



Fotos Javier Armijos

**ANEXO 4: FOTOGRAFÍAS DE LOS MUESTREOS DE AGUA Y MACROINVERTEBRADOS.**

**FOTO 11: CAPTURA DE MACROINVERTEBRADOS CON LA RED DE PATADA**



**FOTO 12: ETIQUETADO DE LAS MUESTRAS MACROINVERTEBRADOS**



Fotos Javier Armijos

**FOTO 13:** TOMA DE MUESTRA DE AGUA EN EL RÍO CHICO.



**FOTO 14:** GEOREFERENCIACIÓN DE LA ESTACIÓN DE MUESTREO.



Fotos Javier Armijos

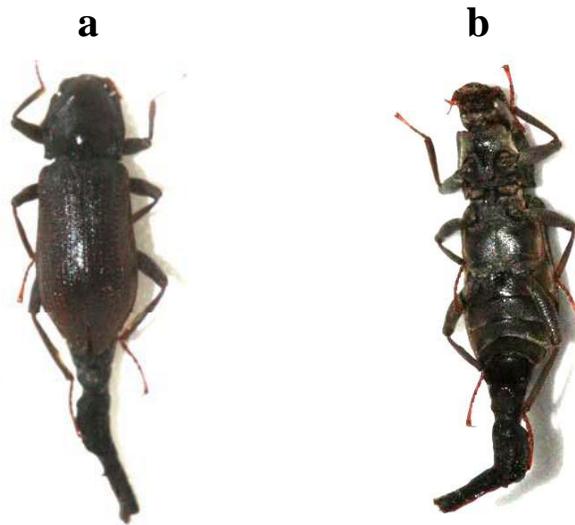
**ANEXO 5: FOTOGRAFÍAS DE ALGUNOS MACROINVERTEBRADOS PRESENTES EN LOS MUESTREOS.**

**Orden Coleóptera**

**Familia Elmidae**

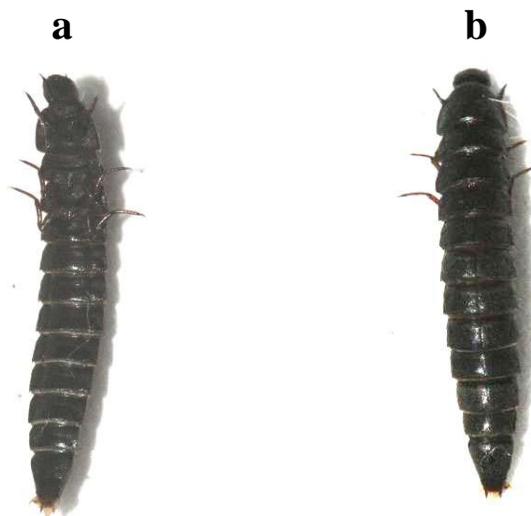
**FOTOS 15: INDIVIDUOS ADULTOS DE LA FAMILIA ELMIDAE**

- a. vista dorsal
- b. vista ventral



**FOTOS 16: INDIVIDUOS EN ESTADO LARVARIO DE LA FAMILIA ELMIDAE**

- a. vista ventral
- b. vista dorsal



Fotos: Sotomayor, G.

**Familia Psephenidae**

**FOTOS 17:** INDIVIDUOS EN ESTADO LARVARIO DE LA FAMILIA PSEPHENIDAE

- a. vista ventral
- b. vista dorsal



**Familia Ptilodactylidae**

**FOTO 18:** REPRESENTANTE DE LA FAMILIA PTILODACTYLIDAE

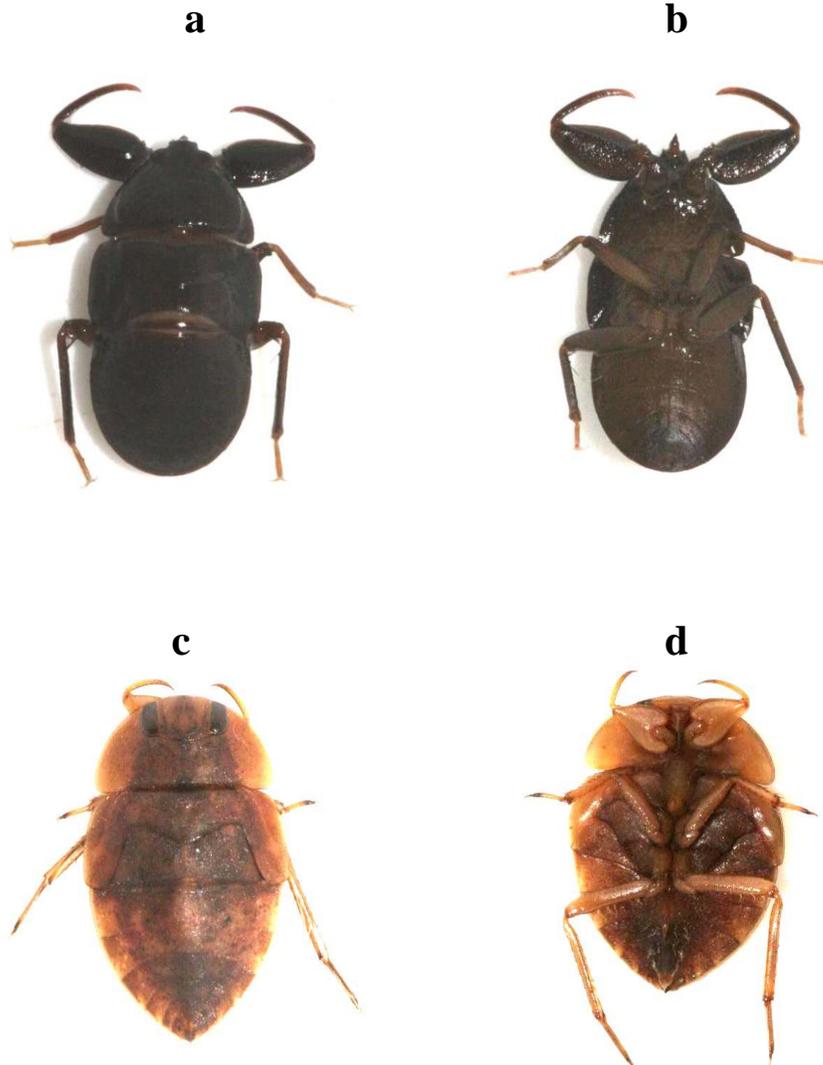


Fotos: Sotomayor, G.

**Orden Hemiptera**  
**Familia Naucoridae**

**FOTOS 19:** INDIVIDUOS ADULTOS DE LA FAMILIA NAUCORIDAE

- a. vista dorsal
- b. vista ventral
- c. vista ventral
- d. vista dorsal



Fotos: Sotomayor, G.

**Orden Díptera**

**Familia Tabanidae**

**FOTO 20:** REPRESENTANTE DE LA FAMILIA TABANIDAE



**Familia Tipulidae**

**FOTO 21:** INDIVIDUO EN ESTADO LARVARIO DE LA FAMILIA TIPULIDAE



Fotos: Sotomayor, G.

**Orden Megaloptera**

**Familia Corydalidae**

**FOTO 22:** INDIVIDUO EN ESTADO LARVARIO DE LA FAMILIA CORYDALIDAE



**Orden Plecoptera**

**Familia Perlidae**

**FOTOS 23:** INDIVIDUOS EN ESTADO LARVARIO DE LA FAMILIA PERLIDAE

- a. Vista dorsal
- b. Vista ventral



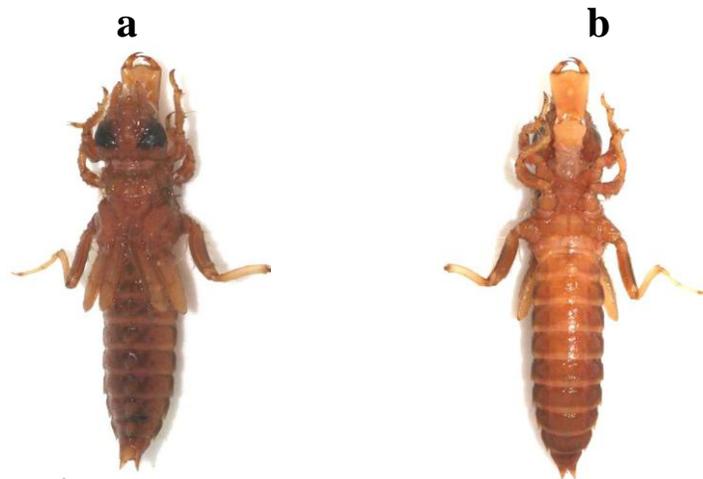
Fotos: Sotomayor, G.

## Orden Odonata

### Familia Gomphidae

**FOTOS 24:** INDIVIDUOS EN ESTADO LARVARIO DE LA FAMILIA GOMPHIDAE

- a. Vista dorsal del individuo con la mandíbula extendida
- b. Vista ventral del individuo con la mandíbula extendida



### Familia Polythoridae

**FOTOS 25:** INDIVIDUOS EN ESTADO LARVARIO DE LA FAMILIA POLYTHORIDAE

- a. Vista dorsal
- b. Vista ventral



Fotos: Sotomayor, G.

**Orden Trichoptera**

**Familia Hydropsychidae**

**FOTO 26:** INDIVIDUO EN ESTADO LARVARIO DE LA FAMILIA HYDROPSYCHIDAE



**Familia Leptoceridae**

**FOTOS 27:** CASAS DE INDIVIDUOS DE LA FAMILIA LEPTOCERIDAE

- a. casa
- b. casa

**a**



**b**



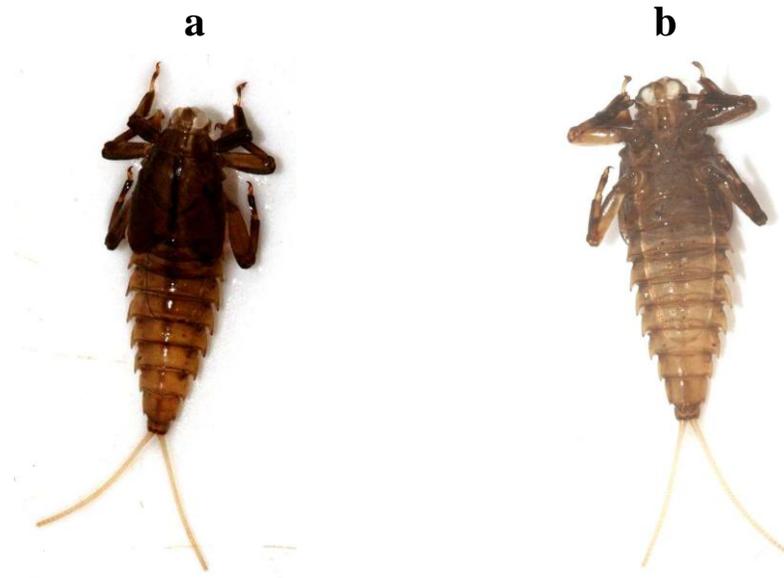
Fotos: Sotomayor, G.

**Orden Ephemeroptera**

**Familia Oligoneuridae**

**FOTOS 28:** INDIVIDUOS EN ESTADO LARVARIO DE LA FAMILIA OLIGONEURIDAE

- a. Vista dorsal
- b. Vista ventral



Fotos: Sotomayor, G.

## ANEXO 6: TABLAS DE MACROINVERTEBRADOS ENCONTRADOS EN LOS RÍOS GALA Y CHICO.

TABLA N° 6: TOTAL DE MACROINVERTEBRADOS ENCONTRADOS EN LOS 2 RÍOS EN LA ÉPOCA DE VERANO.

EPOCA: VERANO				Estaciones de muestreo										Frecuencia de individuos	
HYDROCODE				ABI	RCH-E1	RCH-E2	RCH-E3	RCH-E4	RGYC-E5	RGA-E1	RGA-E2	RGA-E3	RGA-E4		
Phylum	Clase	Orden	Familia												
Annelida	Oligochaeta	Haplotaxida F y G	Tubificidae	1	1	1								2	
			Enchytraeidae	1	1				1						2
Platyhelminthes	Turbellaria	Tricladia	Planariidae	5			1							1	
Artrópoda	Aracnida	Acari	Hydrachnidae	4						1	1			2	
	Crustacea	Amphipoda	Gammaridae	6	3									1	
			Insecta	Collembola					1	1					2
	Coleoptera	Dytiscidae	3	1								1		2	
		Haliplidae									2			1	
		Elmidae	5	9	1	2	2	3	23	146	32	12		9	
		Lampiridae	5	1										1	
		Gyridae	3				1							1	
		Psephenidae	5	4			1		2	31	8	3		6	
		Ptilodactylidae	5						1	4	1	1		4	
		Scirtidae	5						3	8	13	9		4	
		Staphylidae	3						1					1	
		Diptera	Blepharoceridae	10							1	1	1	2	4
			Ceratopogonidae	4	4			1	2		2	1	1	1	6
			Sciomyzidae		1										1
			Chironomidae	2	10	14		2		2	1	1	3		7
			Psychodidae	3	3	6									2
			Dixidae	4	2			1		1	1	1			5
			Empididae	4				2						2	2
			Muscidae	2	1	1		1			1				4
			Simuliidae	5	1					5	8	3	5		5
			Tabanidae	4	1			1	4				1	2	5
			Dolichopodidae	4		1									1
			Canaceidae		1										1
			Tipulidae	5	5						1	2	2	2	5
		Ephemeroptera	Baetidae	4	17	1	62	17	14	114	5	48	39		9
			Leptohyphidae	7	24		3	20	32	3	35	57	31		8
			Leptophlebiidae	10	40		4	5	63	14	75	74	82		8
			Caenidae						3				5		2
			Oligoneuriidae	10	1			3	1	4	6	6	1		7
	Hemiptera	Geridae	10								1			1	
		Cicadellidae							1					1	
	Megaloptera	Corydalidae	Naucoridae	5	7				4	4	16	7	3	6	
						1	2		4	3	2	1		6	
	Neuroptera	Sialidae							3					1	
	Odonata	Polythoridae	6	1						1				2	
		Calopterygidae	6						1		1	1		3	
		Coenagrionidae	8					1			1	1		3	
		Gomphidae	8					1						1	
		Libellulidae	6								2	1		2	
	Plecoptera Trichoptera	Perlidae	10	7					27	13	8	2		5	
		Calamoceratidae	10	1										1	
		Helicopsychidae	10				1			1				2	
		Hydrobiosidae	8	1		1		10	10	22	4	49		7	
		Hydropsychidae	5	15		13	15	48	15	18	61	57		8	
		Hydroptilidae	6				2	1	4	3	6	14		6	
		Leptoceridae	8	1			1	1		3	2	1		6	
		Philopotamidae	8	1										1	
		Polycentropodidae	10							1				1	
	<b>TOTAL INDIVIDUOS</b>					<b>165</b>	<b>26</b>	<b>88</b>	<b>77</b>	<b>190</b>	<b>247</b>	<b>409</b>	<b>344</b>	<b>330</b>	

**TABLA N° 7: TOTAL DE MACROINVERTEBRADOS ENCONTRADOS EN LOS 2 RÍOS EN LA ÉPOCA DE INVIERNO.**

EPOCA: INVIERNO				estaciones de muestreo										Frecuencia de individuos		
HYDROCODE				ABI	RCH-E1	RCH-E2	RCH-E3	RCH-E4	RGYC-E5	RGA-E1	RGA-E2	RGA-E3	RGA-E4			
Phylum	Clase	Orden	Familia													
Annelida	Hirudinea	Glossiphoniiformes		3										0		
	Oligochaeta	Haplotaxida F y G		1					1					1		
Mollusca	Gasteropoda	Lymnaeidae		3										0		
		Physidae		3										0		
		Planorbidae		3										0		
	Bivalvia			3										0		
Nematomorpha	Nematomorpha	Gordioidea											0			
Platyhelminthes	Turbellaria	Tricladia	Planariidae	5			1				1		2			
Arthropoda	Aracnida	Acari	Hydrachnidae	4	1						1	4		3		
	Crustacea	Amphipoda	Gammaridae	6	1									1		
	Insecta	Coleoptera	Collembola												0	
			Elmidae		5	32	1	13	4	13	4	39	51	5	9	
			Psephenidae		5	1				1		1				3
			Ptilodactylidae		5	2								1		2
		Scirtidae		5									1		1	
		Diptera	Blepharoceridae		10							1		1		2
			Ceratopogonidae		4			1	1	1		1				4
			Chironomidae		2	2	9	4	3	3	2	10	8	1		9
			Psychodidae		3		4									1
			Dixidae		4								1			1
			Empididae		4	1	2	1					2			4
			Simuliidae		5	5		2			14	3	10	16	37	7
			Tabanidae		4						1				1	2
			Tipulidae		5	1	1	1						1		4
			Ephemeroptera	Baetidae		4	112	4	2	99	90	54	167	163	136	
		Leptohyphidae			7	11		1	1	47	1	33	16	21		8
		Leptophlebiidae			10	8		8	2	18	2	15	18	22		8
		Ologoneuridae			10					2				3		2
		Hemiptera	Naucoridae		5	7			1	3	1	6	24	2	7	
		Lepidoptera	Pyralidae		4										0	
		Megaloptera	Coridalidae					7	7	3	1	8	5	2	7	
		Odonata	Aeshnidae		6											0
			Coenagrionidae		8					1						1
			Gomphidae		8					1						1
			Libellulidae		6											0
		Plecoptera	Gripopterygidae		10											0
			Perlidae		10	15					4	7	3	4	3	6
		Trichoptera	Calamoceratidae		10	2									1	2
			Glossosomatidae		7											0
			Helicopsychidae		10											0
			Hydrobiosidae		8	3							1	2	1	4
			Hydropsychidae		5	43		2	2	54	5	45	26	23		8
			Hydroptilidae		6											0
	Leptoceridae			8						1			1	1	3	
	Philopotamidae			8	1										1	
<b>TOTAL INDIVIDUOS</b>					<b>248</b>	<b>21</b>	<b>43</b>	<b>120</b>	<b>258</b>	<b>81</b>	<b>344</b>	<b>342</b>	<b>259</b>			

**ANEXO 7: TABLAS DE LOS PARÁMETROS FÍSICO - QUÍMICOS ENCONTRADOS EN LOS RÍOS GALA Y CHICO.**

**TABLA N° 8: RESULTADOS DE LAS MUESTRAS DE AGUA EN LOS 2 RÍOS EN LA ÉPOCA INVIERNO.**

Parámetros	Río Chico E 1	Río Chico E 2	Río Chico E 3	Río Chico E 4	Unión Ríos Gala y Chico E5	Río Gala E 1	Río Gala E 2	Río Gala E 3	Río Gala E 4	Unidades
Sólidos Totales	3	402	96	42	120	50	150	160	130	mg/l
Sólidos Disueltos	18	54	60	30	50	40	120	90	110	mg/l
pH	6.5	7.8	7.4	7.23	8.9	9.99	9.62	9.79	9.88	
Turbiedad	0.6	36.9	14.1	6.3	0	34	9	9	9	UTN
Oxígeno Disuelto	6.3	5.7	5.6	5.8	5.9	6	6.2	6.35	6.05	O2/l
Cloruros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	mg/l Cl
Dureza Total	45	87	75	61	108	44	72	63	80	mgE/l
Zn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	mg/l
Cd	0	0	0	0	0	0	0	0	0	mg/l
Cu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	mg/l
Hg	0	0.2	0	0	0	0	0	0	0	mg/l
Nitratos	0	2	1	0	0	0	0	0	0	mg/l
Sulfatos	0.9	1.2	0.9	0.9	0	0	0	0	0	mg/l
Fosforo Total	1.5	4.5	3	2.4	7	8	9	8	10	mg/l
DBO	0.5	0.2	0.2	0.2	22	12	12	16	21	mg/l
DQO	2.4	51	9	3	62	34	32	45	58	mg/l
CN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	mg/l

**TABLA N° 9: RESULTADOS DE LAS MUESTRAS DE SEDIMENTOS EN LOS 2 RÍOS EN LA ÉPOCA DE INVIERNO.**

Parámetros	Río Chico E 1	Río Chico E 2	Río Chico E 3	Río Chico E 4	Unión Ríos Gala y Chico E5	Río Gala E 1	Río Gala E 2	Río Gala E 3	Río Gala E 4	Unidades
Zn	14.4	32.7	41.7	15.3	35	37	22	26	20	mg/l
Cd	0.6	1.2	1.2	0.6	0	0	0	0	0	mg/l
Cu	742.2	1692.3	853.5	598.2	2	21	17	16	15	mg/l
Hg	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0	0.5	0.4	0.3	mg/l

**TABLA N° 10:** RESULTADOS DE LAS MUESTRAS DE AGUA EN LOS 2 RÍOS EN LA ÉPOCA DE VERANO.

Parámetros	Río Chico E 1	Río Chico E 2	Río Chico E 3	Río Chico E 4	Unión Ríos Gala y Chico E5	Río Gala E 1	Río Gala E 2	Río Gala E 3	Río Gala E 4	Unidades
Sólidos Totales	10	19590	1340	320	140	40	100	130	90	mg/l
Sólidos Disueltos	60	840	180	200	100	20	80	70	50	mg/l
pH	6.74	9.08	7.83	7.63	7.71	9	8.5	9.2	9.5	
Turbiedad	2	1806	123	47	21	0	32	5	3	UTN
Oxígeno Disuelto	6.35	4.31	5.64	5.75	5.71	5	6	6.1	6.4	O2/l
Cloruros	0	48	0	0	0	0	0	0	0	mg/l Cl
Dureza Total	150	360	290	250	203	100	45	55	60	mgE/l
Zn	0	0.4	0	0	0	0	0	0	0	mg/l
Cd	0	0	0	0	0	0	0	0	0	mg/l
Cu	0	1	0	0	0	0	0	0	0	mg/l
Hg	0	0.1	0.2	0	0	0	0	0	0	mg/l
Nitratos	0	4	2	1	0	0	0	0	0	mg/l
Sulfatos	3	5	4	3	3	0	0	0	0	mg/l
Fosforo Total	5	20	15	10	8	5	7	8	6	mg/l
DBO	1.7	3.23	0.7	0.8	0.6	15	10	8	14	mg/l
DQO	8	190	170	30	10	55	30	22	40	mg/l
CN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	mg/l

**TABLA N° 11:** RESULTADOS DE LAS MUESTRAS DE SEDIMENTOS EN LOS 2 RÍOS EN LA ÉPOCA DE VERANO.

Parámetros	Río Chico E 1	Río Chico E 2	Río Chico E 3	Río Chico E 4	Unión Ríos Gala y Chico E5	Río Gala E 1	Río Gala E 2	Río Gala E 3	Río Gala E 4	Unidades
Zn	48	109	139	51	45	30	20	24	18	mg/l
Cd	2	4	4	2	2	0	0	0	0	mg/l
Cu	2474	5641	2845	1994	2064	18	15	14	15	mg/l
Hg	0.2	0.8	0.5	0.4	0.3	0	0.2	0.3	0.2	mg/l

**ANEXO 8: TABLA DE LA GEOREFERENCIACIÓN Y EL USO ACTUAL DEL AGUA EN LOS RÍOS GALA Y CHICO.**

**TABLA N° 12: USO ACTUAL DEL AGUA EN LOS RÍOS GALA Y CHICO.**

USO DEL AGUA RIO GALA				USO DEL AGUA RIO CHICO			
LATITUD (UTM)	LONGITUD (UTM)	ALTITUD (msnm)	USO	LATITUD (UTM)	LONGITUD (UTM)	ALTITUD (msnm)	USO
9662264	656492	1288	Domestico y turismo	9662616	653229	1530	Riego y domestico
9666715	657253	556	Domestico	9662684	653296	1526	Riego y domestico
9667855	657438	512	Domestico	9662730	653293	1521	Riego y domestico
9669208	652803	262	Domestico y turismo	9663154	653239	1469	Riego y domestico
9669400	651585	218	Domestico y turismo	9664956	653046	919	Minería
9670607	649763	160	Domestico y Riego	9668841	648547	159	Minería
9671715	647358	104	Domestico y Riego	9668792	647467	119	Minería
9671442	645842	76	Domestico, Riego y Turismo	9668640	645488	77	Minería
9671370	645368	69	Domestico y Riego	9669773	643054	43	Minería y Ganadería
9670972	641986	42	Domestico, Riego, Turismo y Cantera	9670198	641771	38	Ganaderia
9670254	640214	29	Domestico y Riego				
9670376	639590	25	Riego y Cantera				
9672047	636730	12	Domestico				

**ANEXO 9: MATRICES DE DATOS DE LAS MUESTRAS DE AGUA Y SEDIMENTOS EN INVIERNO Y VERANO.****TABLA N° 13: MATRIZ DE DATOS DE VERANO CON LAS MUESTRAS DE AGUA.**

Parametros Estaciones	Solid. T	Solid. D	pH	Turbied.	OD	Cloruros	Dureza	Zn	Cd	Cu	Hg	Nitratos	Sulfatos	P. Total	DBO	DQO	CN	Caudal	ABI	T. Individ.	Categor.
<b>RCH-E1</b>	10	60	6.74	2	6.35	0	150	0	0	0	0	0	3	5	1.7	8	0	0.16	146	165	2
<b>RCH-E2</b>	19590	840	9.08	1806	4.31	48	360	0.4	0	1	0.1	4	5	20	3.23	190	0	0.22	21	26	1
<b>RCH-E3</b>	1340	180	7.83	123	5.64	0	290	0	0	0	0.2	2	4	15	0.7	170	0	1.19	44	88	1
<b>RCH-E4</b>	320	200	7.63	47	5.75	0	250	0	0	0	0	1	3	10	0.8	30	0	1.16	93	77	1
<b>RGYC-E5</b>	140	100	7.71	21	5.71	0	203	0	0	0	0	0	3	8	0.6	10	0	6.64	93	190	1
<b>RGA-E1</b>	40	20	9	0	5	0	100	0	0	0	0	0	0	5	15	55	0	0.85	124	247	2
<b>RGA-E2</b>	100	80	8.5	32	6	0	45	0	0	0	0	0	0	7	10	30	0	5.31	158	409	2
<b>RGA-E3</b>	130	70	9.2	5	6.1	0	55	0	0	0	0	0	0	8	8	22	0	5.32	157	344	2
<b>RGA-E4</b>	90	50	9.5	3	6.4	0	60	0	0	0	0	0	0	6	14	40	0	4.31	147	330	2

**TABLA N° 14:** MATRIZ DE DATOS DE VERANO CON LAS MUESTRAS DE SEDIMENTOS.

<b>Parametros</b> <b>Estaciones</b>	<b>Zn</b>	<b>Cd</b>	<b>Cu</b>	<b>Hg</b>	<b>TOTAL ABI</b>	<b>FREC. INDIV.</b>	<b>TOTAL INDIV.</b>
RCH-E1	48	2	2474	0.2	146	20	165
RCH-2	109	4	5641	0.8	21	4	26
RCH-3	139	4	2845	0.5	44	7	88
RCH-4	51	2	1994	0.4	93	14	77
RGYC-5	45	2	2064	0.3	93	11	190
RGA-E1	30	0	18	0	124	17	247
RGA-E2	20	0	15	0.2	158	20	409
RGA-E3	24	0	14	0.3	157	20	344
RGA-E4	18	0	15	0.2	147	20	330

**TABLA N° 15: MATRIZ DE DATOS DE INVIERNO CON LAS MUESTRAS DE AGUA.**

Parámetros Estaciones	Solid. T	Solid. D	pH	Turbied.	OD	Cloruros	Dureza	Zn	Cd	Cu	Hg	Nitratos	Sulfatos	P. Total	DBO	DQO	CN	Caudal	ABI	T. Individ.	Categor.
RCH-E1	3	18	6.5	0.6	6.3	0	45	0	0	0	0	0	0.9	1.5	0.5	2.4	0	1.5	108	248	2
RCH-E2	402	54	7.8	36.9	5.7	0	87	0	0	0	0.2	2	1.2	4.5	0.2	51	0	1.79	23	21	1
RCH-E3	96	60	7.4	14.1	5.6	0	75	0	0	0	0	1	0.9	3	0.2	9	0	7.22	56	43	1
RCH-E4	42	30	7.23	6.3	5.8	0	61	0	0	0	0	0	0.9	2.4	0.2	3	0	5.22	42	120	1
RGYC-E5	120	50	8.9	0	5.9	0	108	0	0	0	0	0	0	7	22	62	0	27.57	101	258	1
RGA-E1	50	40	9.99	34	6	0	44	0	0	0	0	0	0	8	12	34	0	4.3	63	81	2
RGA-E2	150	120	9.62	9	6.2	0	72	0	0	0	0	0	0	9	12	32	0	25.5	87	344	2
RGA-E3	160	90	9.79	9	6.35	0	63	0	0	0	0	0	0	8	16	45	0	32.39	98	342	2
RGA-E4	130	110	9.88	9	6.05	0	80	0	0	0	0	0	0	10	21	58	0	21.86	93	259	2

**TABLA N° 16: MATRIZ DE DATOS DE INVIERNO CON LAS MUESTRAS DE SEDIMENTO.**

Parámetros Estaciones	Zn	Cd	Cu	Hg	TOTAL ABI	FREC. INDIV.	TOTAL INDIVI.
RCH-E1	14.4	0.6	742.2	0.1	108	18	248
RCH-2	32.7	1.2	1692.3	0.2	23	6	21
RCH-3	41.7	1.2	853.5	0.2	56	12	43
RCH-4	15.3	0.6	598.2	0.1	42	9	120
RGYC-5	35	0	2	0.2	101	18	258
RGA-E1	37	0	21	0	63	11	81
RGA-E2	22	0	17	0.5	87	17	344
RGA-E3	26	0	16	0.4	98	17	342
RGA-E4	20	0	15	0.3	93	15	259

**ANEXO 10: VALORES DEL TULAS UTILIZADOS PARA LA COMPARACIÓN.****TABLA N° 17: VALORES DEL TULAS UTILIZADOS.**

<b>Parámetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>Limite Permissible aguas de consumo humano y uso domestico que solo requieran desinfección</b>	<b>Limite permisible aguas para uso agrícola o riego</b>	<b>Limite permisible aguas para la preservación de flora y fauna de aguas cálidas dulces</b>
Sólidos Totales	mg/l	500	3 000,0	
Sólidos Disueltos	mg/l			
pH		6 a 9	6 a 9	6, 5-9
Turbiedad	UTN	10		
Oxigeno Disuelto	O2/l	6		No menor al 60% y no menor a 5 mg/l
Cloruros	mg/l Cl	250	>10,0	10,0
Dureza Total	mgE/l	500		
Zn	mg/l	5	2	
Cd	mg/l	0,001	0,01	0,01
Cu	mg/l	1	2	0,02
Hg	mg/l	0,001	0,001	0,0002
Nitratos	mg/l	10		
Sulfatos	mg/l	250		
Fosforo Total	mg/l	0,1	0,1	10,0
DBO	mg/l	2		
DQO	mg/l			
CN	mg/l	0,01	0,2	0,1