



**UNIVERSIDAD CATOLICA DE TEMUCO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**“MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS COMO  
BIOINDICADORES DE CALIDAD DE AGUA EN LA CUENCA DEL  
ESTERO PEU PEU COMUNA DE LAUTARO IX REGIÓN DE LA  
ARAUCANIA”**

**Por**

**MARA JOHANA LEIVA FLORES**

**Tesis presentada a la**

**Facultad de Ciencias de la Universidad Católica de Temuco**

**Para optar al Grado de Licenciado en Recursos Naturales**

**- Temuco; 2004.**



**UNIVERSIDAD CATOLICA DE TEMUCO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**

**“MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS COMO  
BIOINDICADORES DE CALIDAD DE AGUA EN LA CUENCA DEL  
ESTERO PEU PEU COMUNA DE LAUTARO IX REGIÓN DE LA  
ARAUCANIA”**

**Por**

**MARA JOHANA LEIVA FLORES**

**Tesis presentada a la**

**Facultad de Ciencias de la universidad Católica de Temuco**

**Para optar al Grado de Licenciado en Recursos Naturales**

**- Temuco; 2003.**

- **UNIVERSIDAD CATOLICA DE TEMUCO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**COMISION DE EXAMEN DE GRADO**

Examen de Grado realizado en la Escuela de Ciencias Ambientales

Presidente Comisión

---

Oswaldo Rubilar Alarcón  
Decano Facultad de Ciencias

Profesor Patrocinante

---

Francisco Encina Montoya  
Doctor en Ciencias Ambientales

Profesor Copatrocinante

---

Rodrigo Palma Troncoso  
Magíster en Limnología

Profesor Informante

---

Maritza Mercado Olivares  
Magíster en Zoología

Director de Carrera

---

Francisco Encina Montoya  
Doctor en Ciencias Ambientales

Coordinador de Tesis

---

Mario Ramírez Espinoza.  
Master en Física.

Temuco; Mayo 2003.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar agradezco a Dios por estar siempre a mi lado, a mis queridos padres Ignacio y Delmira, ya que sin ustedes no podría haber logrado mi sueño de ser una profesional, gracias por tantos años de paciencia, comprensión y apoyo, este logro se los dedico a ustedes, ahora ya pueden respirar tranquilos, su tarea está cumplida, gracias por todo, los amo mucho.

A mi querida Gueli y Tata, ustedes saben lo importante que son para mí y lo mucho que me han ayudado y apoyado en este largo proceso, muchas gracias y que dios los bendiga siempre y me permita tenerlos a mi lado por mucho tiempo más.

A mis hermanos Javier y Juan Ignacio. Ustedes han sido un pilar importante en el desarrollo de este trabajo, gracias por toda la ayuda brindada, por las molestias con lo que no sabía manejar muy bien y sobre todo por la paciencia con su hermana.

A mi hermanita Paulita, gracias por ser como eres, por alegrar mi vida con la sencillez de tus pequeñas grandes cosas, por darle el gusto dulce a este paso que me costó tanto dar, gracias.

A mis profesores Francisco Encina y Rodrigo Palma, por su colaboración y ayuda en el desarrollo de este trabajo.

Macroinvertebrados Bentónicos como Bioindicadores de Calidad de agua en la Cuenca del estero Peu Peu

A la profesora Erika Alvarez por su colaboración, disposición y ayuda en la generación de la cartografía.

A mis amigas de toda la vida, Carolina y Natacha, gracias por cada palabra de aliento y apoyo cuando más lo necesité, por ser mis confidentes de mis penas y alegrías.

Agradezco también a alguien muy especial que me acompañó en la última etapa de este proceso y que ha sido fundamental para salir adelante con este trabajo, a ti Jose gracias por tu amor incondicional y tu comprensión, te amo.

<b>INDICE</b>	<b>Páginas</b>
NDICE DE CONTENIDO-----	i
INDICE DE FIGURAS-----	v
INDICE DE TABLAS-----	vi
INDICE FOTOGRAFIAS-----	ix
INDICE DE ANEXOS-----	x
RESUMEN-----	xi
ABSTRACT-----	xiii
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1 Hipótesis-----	9
1.2 Objetivos-----	9
<b>2. METODOLOGÍA</b>	
2.1 Área de estudio-----	11
2.2 Método-----	13
2.3 Muestreo de los parámetros físico químicos-----	16
2.3.1 Cálculo de Caudal -----	17
-	
2.4 Muestras biológicas-----	18
2.5 Caracterización de la vegetación ribereña-----	18

2.6	Análisis numérico-----	19
2.7	Macroinvertebrados Bentónicos como bioindicadores-----	20
2.7.1	Indice Biótico de Familia (IBF de Hilsenhoff 1988)-----	20
2.7.2	Indices biológicos: EPT(Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera), BMWP' (Biological Monitoring Working Party) y BMWP (Biological Monitoring Working Party)-----	25
 <b>3. RESULTADOS</b>		
3.1	Descripción del área de estudio-----	28
3.1.1	Descripción del Suelo-----	30
3.1.2	Series presentes en el área de estudio-----	30
3.1.2	Capacidad de uso de suelo-----	31
3.1.3	Uso de suelo-----	31
3.2	Determinación de los parámetros físicos químicos y microbiológicos en las 5 estaciones de muestreo para cada una de las épocas del año-----	35
3.2.2	Parámetros químicos-----	36
3.2.3	Parámetros microbiológicos-----	37
3.2.4	Clasificación de los parámetros físico químicos para cada una de las estaciones de muestreo, de acuerdo a las clases de calidad, asociadas a la protección de las aguas continentales superficiales para la protección y conservación de las comunidades acuáticas-----	38
3.3	Vegetación de la ribera Norte encontrada en la cuenca-----	40

Macroinvertebrados Bentónicos como Bioindicadores de Calidad de agua en la Cuenca del estero Peu Peu

3.3.1 Vegetación encontrada en la ribera Sur de la cuenca-----	41
3.4 Macro invertebrados bentónicos como indicadores	44
biológicos de calidad de agua en la cuenca del estero	
Peu Peu-----	
3.4.1 Composición Taxonómica-----	44
3.4.1.1 Aspectos generales de la morfología de algunos	45
órdenes encontrados en la cuenca del estero Peu Peu-----	
3.4.2 Análisis de parámetros Comunitarios Diversidad (H'),	49
Riqueza (H máx) y Equidad (J) promedios para cada	
una de las estaciones de muestreo en las épocas de	
Primavera, Verano , Otoño y Invierno-----	
3.4.2.1 Densidad (ind/m <sup>2</sup> ), Abundancia (%) y Distribución	51
promedio del Macrozoobentos de la Cuenca del	
Esteros Peu Peu -----	
3.4.3 Análisis para cada una de las estaciones de muestreo-----	51
3.4.4 Dominancia de Macroinvertebrados bentónicos de	54
la cuenca del estero Peu Peu-----	
3.4.5 Análisis de agrupación-----	56
3.5 Índice Biótico de Familia (Hilsenhoff 1988)-----	59
3.5.1 Índice Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera (Carrera &	63
Fierro 2001)-----	

3.5.2	Indice Biological Monitoring Working Party (Armitage et .al., 1993 en Domínguez & Fernández 1998)-----	63
3.5.3	Indice Biological Monitoring Working Party (Zúñiga de Cardoso et.al., 1997 en Domínguez & Fernández 1998)-----	64
3.5.5	Análisis de Cluster (Bray & Curtis 1975) en la aplicación de índices bióticos en la cuenca del estero Peu Peu-----	65
3.6	Análisis de correlación entre los parámetros físico químicos y los puntajes obtenidos de los índices bióticos (IBF, EPT, BMWP, BMWP',CA) por estación de muestreo para cada una de las épocas del año-----	66
<b>4.</b>	<b>DISCUSIÓN</b> -----	<b>68</b>
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> -----	<b>81</b>
<b>6.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> -----	<b>83</b>
<b>7.</b>	<b>ANEXOS</b> -----	<b>91</b>

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Ubicación general del área de estudio	12
Figura 2.	Flujo Metodológico General	14
Figura 3.	Ubicación de los puntos de muestreo (estaciones de muestreo) asociado al uso actual de la cuenca del estero Peu Peu.	15
Figura 4.	Temperaturas medias mensuales (°C) registradas en la Estación Lautaro	29
Figura 5.	Precipitación mensual (mm) registradas en la Estación Lautaro	29
Figura 6.	Caudales medios (m <sup>3</sup> /s) registrados en las estaciones de muestreo del estero Peu Peu.	30
Figura 7.	.Dendrograma de similitud entre estaciones de muestreo para las 4 épocas del año Índice de similitud de Bray & Curtis (1975) y método de la media ponderada.	57
Figura 8.	Dendrograma de similitud entre taxas para las 4 épocas del año a través del índice de similitud de Bray & Curtis (1975) y método de la media ponderada.	58
Figura 9.	Mapa de calidad de Agua de los puntos muestreados en la Cuenca del estero Peu Peu	61
Figura 10	Dendrograma de similitud entre los índices bióticos aplicados en la cuenca utilizando el índice de similitud (Bray & Curtis 1975) y método de la media ponderada	65

## **INDICE DE TABLAS**

Tabla I	Georeferenciación de las estaciones de muestreo.	16
Tabla II	Parámetros físico químicos y equipos de medición.	16
Tabla III	Calidad de agua basado en los valores del IBF y su reducción a 5 clases de calidad realizada por Figueroa (1999).	22
Tabla IV	Ficha de registro de macroinvertebrados utilizada para el cálculo del IBF.	23
Tabla V	Valores de Tolerancia para macroinvertebrados bentónicos utilizados en la determinación de Índice Biótico de Familia (Generada por Mercado, 2003)	24
Tabla VI	Hoja de campo para cálculo del Índice de EPT.	25
Tabla VII	Calidad de agua para Índices EPT	26
Tabla VIII	Calidad biológica del índice BMWP' y el índice BMWP	27
Tabla IX	Parámetros físico químicos y microbiológicos (promedios) de las 5 Estaciones de Muestreo del Estero Peu Peu muestreados en las distintas épocas del año	33
Tabla X	Estaciones de muestreo 1 y 2.	38
Tabla XI	Estación de muestreo 3	38
Tabla XII	Estaciones de muestreo 2 y 5.	39
Tabla XIII	Vegetación identificada en la ribera Norte de la Cuenca del Estero Peu Peu.	40

Macroinvertebrados Bentónicos como Bioindicadores de Calidad de agua en la Cuenca del estero Peu Peu

Tabla XIV	Vegetación identificada en la ribera Sur de la Cuenca del estero Peu Peu.	41
Tabla XV	Composición Taxonómica Macroinvertebrados bentónicos encontrados en la cuenca del estero Peu Peu.	44
Tabla XVI	Parámetros Comunitarios de Diversidad ( $H'$ ), Riqueza ( $H$ máx), Equidad ( $J$ ) para cada estación de muestreo en las distintas épocas del año en la cuenca del estero Peu Peu.	50
Tabla XVII	Densidad ( $\text{ind}/\text{m}^2$ ), Abundancia (%) y Distribución promedio por épocas para cada una de las estaciones muestreadas en la cuenca del Estero Peu Peu	53
Tabla XVIII	Dominancia por estación de muestreo (promedio de épocas) en la cuenca del estero Peu Peu	55
Tabla XIX	Valores del Índice Biótico de Familia (Hilsenhoff 1988) obtenido mediante el muestreo con surber de la macrofauna bentónica en las 4 fechas de muestreo.	59
Tabla XX	Valores del índice EPT (Carrera & Fierro, 2001) obtenido de muestreos estacionales para las 4 fechas de muestreo	63

Macroinvertebrados Bentónicos como Bioindicadores de Calidad de agua en la Cuenca del estero Peu Peu

Tabla XXI	Valores obtenidos del BMWP mediante el muestreo de la macrofauna bentónica en las 4 fechas de muestreo.	64
Tabla XXII	Valores obtenidos del BMWP' mediante el muestreo de la macrofauna bentónica en las 4 fechas de muestreo.	64
Tabla XXIII	Correlación (n=20; p<0,05) entre las variables físico químicas; los valores obtenidos de los índices bióticos y de la Norma Secundaria de Calidad Ambiental para la protección de las aguas continentales (CA)	67
Tabla XXIV	Correlación (n= 20, p< 0.05) entre los índices bióticos aplicados en la cuenca y la Norma Secundaria de Calidad de agua (CA) utilizada	67

<b>INDICE DE FOTOGRAFIAS</b>		<b>Páginas</b>
Fotografía 1a	Estación 1 de muestreo	42
Fotografía 1b	Estación 2 de muestreo	42
Fotografía 1c	Estación 3 de muestreo	42
Fotografía 1d	Estación 4 de muestreo	43
Fotografía 1e	Estación 5 de muestreo	43
Fotografía 2a	Morfología Orden Pléoptera	45
Fotografía 2b	Morfología Orden Efemeróptera	46
Fotografía 2c	Morfología Orden Díptera	47
Fotografía 2d	Morfología Orden Trichoptera	48

**INDICE DE ANEXOS**

	Páginas
<b>ANEXO 1</b>	
Tabla 1      Caudales medios (2002 –2003)	92
<b>ANEXO 2</b>	
Tabla 2      Pluviometría media mensual (2000-2001)	92
<b>ANEXO 3</b>	
Tabla 3      Temperaturas medias mensuales (2001-2003)	93

## **RESUMEN**

La cuenca del estero Peu Peu comprende una superficie de 15.333.67 hectáreas, con una longitud de 50 KM y es afluente del río Cautín. El uso del suelo es mayoritariamente agrícola (95%) y una escasa superficie es forestal (3%). Debido a que existe escasa información de la composición del Macrozoobentos de la cuenca con relación a la calidad del agua y sólo existen datos del análisis de variables físico químicas y microbiológicas; el objetivo de este estudio es determinar la calidad del agua utilizando macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores en la cuenca del estero Peu Peu.

Las comunidades biológicas utilizadas para determinar la calidad ecológica de un cuerpo de agua, los macroinvertebrados bentónicos son considerados los mejores indicadores biológicos (Bioindicadores), debido a que son muy abundantes, se encuentran en prácticamente todos los ecosistemas de agua dulce y su recolección es simple y de bajo costo. Dentro de este contexto se utilizó en el presente estudio el Índice Biótico de Familia (IBF) de Hilsenhoff (1988), el cual trabaja con la asignación de valores de tolerancia a las familias de macroinvertebrados con respecto a la contaminación orgánica.

La composición taxonómica de la cuenca está constituida por 25 familias, repartidas en 11 órdenes, 7 de los cuales corresponden a la Clase Insecta, cuyos órdenes son: Ephemeroptera, Trichoptera, Plecóptera, Diptera, Odonata, Coleóptera y Megaloptera.

Macroinvertebrados Bentónicos como Bioindicadores de Calidad de agua en la Cuenca del estero Peu Peu

La calidad del agua en la cuenca del estero Peu Peu, basada en la aplicación del IBF (Hilsenhoff, 1988) establece las siguientes clasificaciones de calidad de agua : “Regular” (estaciones 1,2, 4) y “ Relativamente mala” (estaciones 3 y 5). Complementariamente a este índice se aplicaron el EPT, BMWP y BMWP’ con el objetivo de comparar los resultados obtenidos por el IBF.

## **ABSTRACT**

Peu Peu river water shed posses an area of 15.333,67 hectares, with 50 kilometers of length and it is affluent of Cautin river. The land use is mainly agricultural (95%) and a limited area is pertained to forestry (3%). Due to the existence of limited information about macrozoobentos composition of watershed with regard to water quality, and there are data about physical, chemical and microbiological parameters only, the objective of this study is to determine the water quality by utilizing benthic macro invertebrates as bioindicators in Peu Peu river watershed.

In the case of biological communities used to determine the ecological quality of water body, benthic macro invertebrates are considered the best biological indicators (Biondicators), because they are really numerous, they are present in all ecosystems of freshwater and their collection is easy and cheap. In this context, the IBF (Biological Index of Family) of Hilsenhoff (1988) was used in this study . This index works with the assignation of tolerance values to the families of macro invertebrates with regard to organic pollution.

Taxonomic composition of the watershed is constituted by 25 families, distributed among 11 orders, from these 7 belong to Insecta Class, whose orders are Ephemeroptera, Trichoptera, Plecoptera, Diptera, Odonata, Coleoptera and Megaloptera. Water quality in Peu Peu river watershed, based on the application of the IBF(Hilsenhoff, 1988) establishes the following classifications : “Regular” (stations, 1, 2,4) and “Relatable Bad”(station 3 and 5). As complement to this index, other indexes were

Macroinvertebrados Bentónicos como Bioindicadores de Calidad de agua en la Cuenca del estero Peu Peu

apliedd: EPT, BMWP', BMWP, with objective of comparing with results obtained by IBF.

Macroinvertebrados Bentónicos como Bioindicadores de Calidad de agua en la Cuenca del estero Peu Peu

## **1. INTRODUCCION.**

En las últimas décadas los sistemas fluviales han estado sometidos a una fuerte presión de uso afectando la calidad del agua, por las principales actividades que se desarrollan asociadas a cuencas hidrográficas como son por ejemplo: ingreso de pesticidas y gran cantidad de material particulado, por actividades agrícolas y deforestación, fragmentación del hábitat, cambios del sustrato por remoción y extracción de materiales, a lo cual se suma el incremento de materia orgánica por ingreso de agua no tratada (Jara, 2002).

La evaluación de la calidad del agua es un concepto ampliamente utilizado, pero difícil de definir ya que se encuentra directamente relacionado al uso de este vital elemento y lo que se desee proteger en el ambiente natural que sustenta. En este caso el término mencionado, se encuentra enmarcado dentro de las definiciones y variables consideradas en la Norma Secundaria de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales (actualmente en tramitación) y la NCh 1333 (1987).

La evaluación de este recurso tradicionalmente se ha basado en análisis físico químicos, pero en la actualidad se ha complementado con monitoreo biológicos y/o biomonitoreo, el cual utiliza una entidad biológica como indicador de contaminantes y su respuesta como una herramienta que permite detectar condiciones ambientales específicas (USEPA<sub>(a)</sub>, 2003). Otro concepto relevante, corresponde a los criterios biológicos (biocriterios), que son expresiones narrativas o numéricas, que describen la integridad

biológica de la estructura y función de las comunidades acuáticas, es decir los biocriterios son medidas biológicas basadas en los organismos que habitan un cuerpo de agua determinado (USEPA<sub>(b)</sub>, 2003).

Con respecto a este punto, Jara (2002) señala que las comunidades de peces y macroinvertebrados encontrados en las aguas de un determinado ecosistema fluvial, desarrollan gran parte de su vida allí, asociándose a características típicas del agua, por lo que se constituyen en potenciales indicadores de calidad de ella. Los métodos biológicos para determinar calidad de agua, han sido usados en Europa desde el siglo pasado, sin embargo, sólo en la década de los 50 se tuvo mayor consideración en las respuestas que ofrecían plantas y animales como evidencia directa de la contaminación (Hawkes, 1979). Estos métodos trabajan básicamente sobre la premisa que la tolerancia o nivel de respuesta de los organismos que componen el bentos, difiere según el tipo de contaminante a que han sido expuestos, lo que determina que ciertos organismos sean utilizados como bioindicadores (Figuroa, 1999).

El concepto de bioindicador aplicado a la evaluación de calidad de agua, es definido como: “especie” (o ensamble de especies) que posee requerimientos particulares con relación a uno o un conjunto de variables físicas o químicas, tal que los cambios de presencia/ausencia, número, morfología o de conducta de esa especie en particular, indique que las variables físicas o químicas consideradas, se encuentran cerca de sus límites de tolerancia” (Rosemberg & Resh 1993).

Dentro de este contexto surge la utilización de índices bióticos para determinar la calidad del agua, debido a que estos tienen la característica de almacenar más

información histórica, ya que, los vertidos esporádicos producen cambios cualitativos y una disminución en el número de especies y el medio acuático necesita tiempo para ser recolonizado por las mismas especies. Este tipo de metodología se basa en el conocimiento de cómo responden las comunidades biológicas a las distintas perturbaciones que las actividades humanas infieren al medio acuático (Villalobos, 2001). Los índices biológicos se dividen en: índices de contaminación e índices relacionados con la estructura de la comunidad. Este último a su vez se divide en: índices tróficos, taxonómicos, de diversidad y comparativos.

Los índices de contaminación examinan la disminución de poblaciones resultante de la progresiva degradación del medio. Los índices tróficos y taxonómicos estudian respectivamente la proporción de especies de cada nivel trófico y la composición taxonómica de la comunidad. Por último los índices comparativos tratan de cotejar distintas comunidades en tramos equivalentes de dos o más cursos de agua. El principal inconveniente ligado al cálculo de los índices biológicos se centra en la correcta identificación taxonómica de los organismos. Esta dificultad puede reducirse utilizando grupos suficientemente representativos como lo son los macroinvertebrados para poder llevar a cabo una evaluación adecuada (Marques<sub>(a)</sub> *et. al.*, 2001). Además se deben considerar otros factores importantes relacionados con la distribución de la composición taxonómica como son las características propias de: profundidad, ancho, turbidez, luz, detritos, turbulencia e inestabilidad del sustrato (Callisto *et. al.*, 1999). Aunque se han utilizado diferentes tipos de organismos dulceacuícolas (macrófitas, peces, microorganismos), este estudio se centra en las comunidades de macroinvertebrados, como bioindicadores ya que son los más utilizados, debido a que su recolección es

simple y de bajo costo. Estos organismos también son utilizados como indicadores de contaminación tóxica de metales pesados (Neumann <sup>(a)</sup> *et. al.*,2003).

Con relación a escoger un organismo o taxón como bioindicador de calidad de agua implica un conocimiento previo de la biota que caracteriza la zona de estudio. La mayor parte de los investigadores consideran los macroinvertebrados acuáticos como los mejores indicadores de calidad de agua y resumen las más importantes ventajas y desventajas con relación al uso de los macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores ambientales. Por lo tanto de acuerdo a Zúñiga de Cardoso (2001), entre las ventajas que posee un organismo bioindicador se pueden mencionar las siguientes:

- Bioindicador es un parámetro de evaluación directa de la calidad del agua y los grupos muestran especificidad con respecto al hábitat al cual se halla asociado.
- La naturaleza sedentaria de muchas especies facilitan la evaluación espacial de efectos adversos a largo plazo en la comunidad.
- Largos ciclos de vida que facilitan al análisis temporal de efectos perturbadores acumulados intermitentemente, aspecto que los análisis físicos químicos no detectan.
- Son de amplia distribución, abundantes y de fácil recolección por su tamaño que los hace visibles a simple vista.

Además, estos grupos presentan ventajas técnicas asociadas a los muestreos cuantitativos y análisis de muestras, los que pueden ser realizados con equipos

simples y baratos. Por otro lado la taxonomía de los grupos mayores está bien estudiada y se dispone de claves para la identificación de taxa y su consulta a especialistas, para obtener resultados a nivel de familia. También existen numerosos métodos para el análisis de datos (índices bióticos y de diversidad) desarrollados y utilizados en biomonitoreo a nivel comunitario (Rosemberg & Resh, 1993).

Dentro de este Contexto también es importante mencionar las desventajas de un organismo bioindicador (Zúñiga de Cardoso, 2001) entre las cuales se pueden mencionar las siguientes:

- Es una comunidad heterogénea y la taxonomía de algunos grupos no es bien conocida.
- Variaciones estacionales o de dinámica de la población puede interferir en la interpretación o comparación de resultados.
- Los macroinvertebrados no son sensibles a algunas perturbaciones como los patógenos de origen humano.

Otro aspecto relevante corresponde a aspectos ecológicos en los ríos, en donde la comunidad de macroinvertebrados adquiere importancia para entender la estructura y función de estos ecosistemas, particularmente en la transferencia de materia y energía, además la distribución de estos organismos bentónicos está directamente relacionada con la corriente de agua, calidad y disponibilidad de sustrato (arenoso, pedregoso,

bosque, macrófitas acuáticas), temperatura del agua y concentración del oxígeno disuelto. Por tanto, estos organismos participan en el ciclo de nutrientes, reducen el tamaño de las partículas orgánicas, facilitan la acción de microdescomponedores, bacterias, levaduras y hongos y transportan la materia orgánica corriente abajo. (Marques<sup>(b)</sup> *et al.*, 2001).

Según el concepto de río continuo propuesto por Vannote *et al.*, (1980) y Minshall *et al.*, (1985) todos los cambios ocurridos en un tramo fluvial determinado, repercutirán hacia aguas abajo sobre los distintos equilibrios físico químicos y biológicos que caracterizan la dinámica de las redes fluviales. Por lo tanto, las comunidades biológicas presentarían un reemplazo gradual desde la cabecera de los ríos hacia tramos inferiores. En términos generales los macroinvertebrados bentónicos juegan un papel relevante en la dinámica de los sistemas fluviales como consumidores primarios y secundarios en el proceso de la materia orgánica (Figueroa, 1999).

La aplicación de índices bióticos a través de la utilización de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores, se ha desarrollado a nivel mundial. Dentro de los índices más ampliamente aplicados se pueden mencionar los siguientes: BMWP' (Biological Monitoring Working Party) adaptado y modificado a la fauna del sur occidente Colombiana por la Universidad del Valle (Zúñiga de Cardoso, 1997 en Domínguez & Fernández 1998 ), BMWP (Biological Monitoring Working Party) de Armitage *et al.*, (1983) en Domínguez & Fernández (1998) utilizado en el río de Tucumán Argentina, el índice EPT (Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera) de Carrera & Fierro (2001) aplicado en el río Angosturita en Argentina y el Índice Biótico de Familia el cual fue desarrollado por Chutter (1972) para ríos de Sudáfrica y

levemente modificado por Hilsenhoff (1988) para ser utilizado en ríos de Norteamérica, con el nombre Índice Biótico de Familias (IBF). Este último es un índice muy útil en el análisis de la calidad del agua, debido a que necesita bajo nivel taxonómico (Familia), bajo costo en términos de tiempo (identificación de insectos) y dinero, convirtiéndose en una metodología rápida y útil para ser utilizada en la fiscalización por parte de algún organismo público que requiera en poco tiempo y de una manera acertada evaluar la calidad del agua de una cuenca hidrográfica determinada.

Dentro de este contexto, podemos mencionar que en Chile, la aplicación del IBF para determinar la calidad del agua, se ha desarrollado en la cuenca del río Damas (X Región) (Figueroa, 1999), en donde se determinó además de la composición taxonómica de la cuenca, la relación entre los puntajes obtenidos del IBF y las variables físico químicas, a través de análisis de correlación. Por otro lado en la subcuenca del río Traiguén (IX Región) (Weisser, 2003), al igual que en la cuenca del río Damas (X Región), se utilizó este índice biótico para determinar calidad de agua, aplicándose de manera complementaria los índices EPT, BMWP y BMWP', con el objetivo de comparar lo obtenido con el IBF y observar las similitudes entre los índices bióticos aplicados en la cuenca.

Dentro del contexto de indicador biológico, se evaluó la presencia de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad de agua, en tres ríos de las zonas semiáridas del Norte (Elqui, Limari y Aconcagua) (Jara, 2002) y se establecieron posibles asociaciones entre la calidad física y química del agua y la presencia de insectos en las zonas rítrónicas y potámicas de los ríos anteriormente mencionados..

## Macroinvertebrados Bentónicos como Bioindicadores de Calidad de agua en la Cuenca del estero Peu Peu

En relación a estudios de descripción taxonómica se puede mencionar a el río Bío Bío (VIII Región) considerado uno de los ríos más estudiados de Chile donde se encuentra descrito el macrozoobentos en forma detallada. (Valdovinos *et. al.*, 1993; Arenas, 1993)

El problema de determinar calidad de agua vía análisis químicos radica por una parte en el alto costo y por otro lado, estos análisis proporcionan información de períodos cortos de tiempo, debido a que estos métodos sólo reflejan la contaminación transitoria (Neumann <sup>(b)</sup> *et.al.*, 2003)

Por lo tanto la evaluación basada en macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores, podría entregar información de un largo período de tiempo en contraste a los análisis químicos, es por esto que se utilizarán macroinvertebrados bentónicos para determinar calidad de agua en la cuenca del estero Peu Peu.

## **1.1 HIPOTESIS**

La utilización del Índice Biótico de Familia (Hilsenhoff, 1988), es un método aplicable para evaluar la calidad del agua en cuencas hidrográficas del sur de Chile.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **General**

Determinar la calidad del agua del Estero Peu Peu a través de la utilización de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores.

### **Específicos**

1. Determinar la composición taxonómica de las comunidades bentónicas de la cuenca del estero Peu Peu y su relación con los parámetros físico químicos
2. Determinar la calidad del agua mediante la aplicación de los índices IBF, EPT, BMWP', BMWP
3. Caracterizar la vegetación ribereña de la cuenca del Estero Peu Peu.

Macroinvertebrados Bentónicos como Bioindicadores de Calidad de agua en la Cuenca del estero Peu Peu

4. Generar tabla de valores de tolerancia para la fauna local con el aporte de literatura existente y opinión de expertos en la materia.(Mercado 2003)
5. Definir un mapa de calidad de agua de la cuenca del Estero Peu Peu a través del uso de macroinvertebrados bentónicos.
5. Comparar calidad de agua entre 4 Cuencas del Sur de Chile mediante la aplicación del Índice Biótico de Familia.

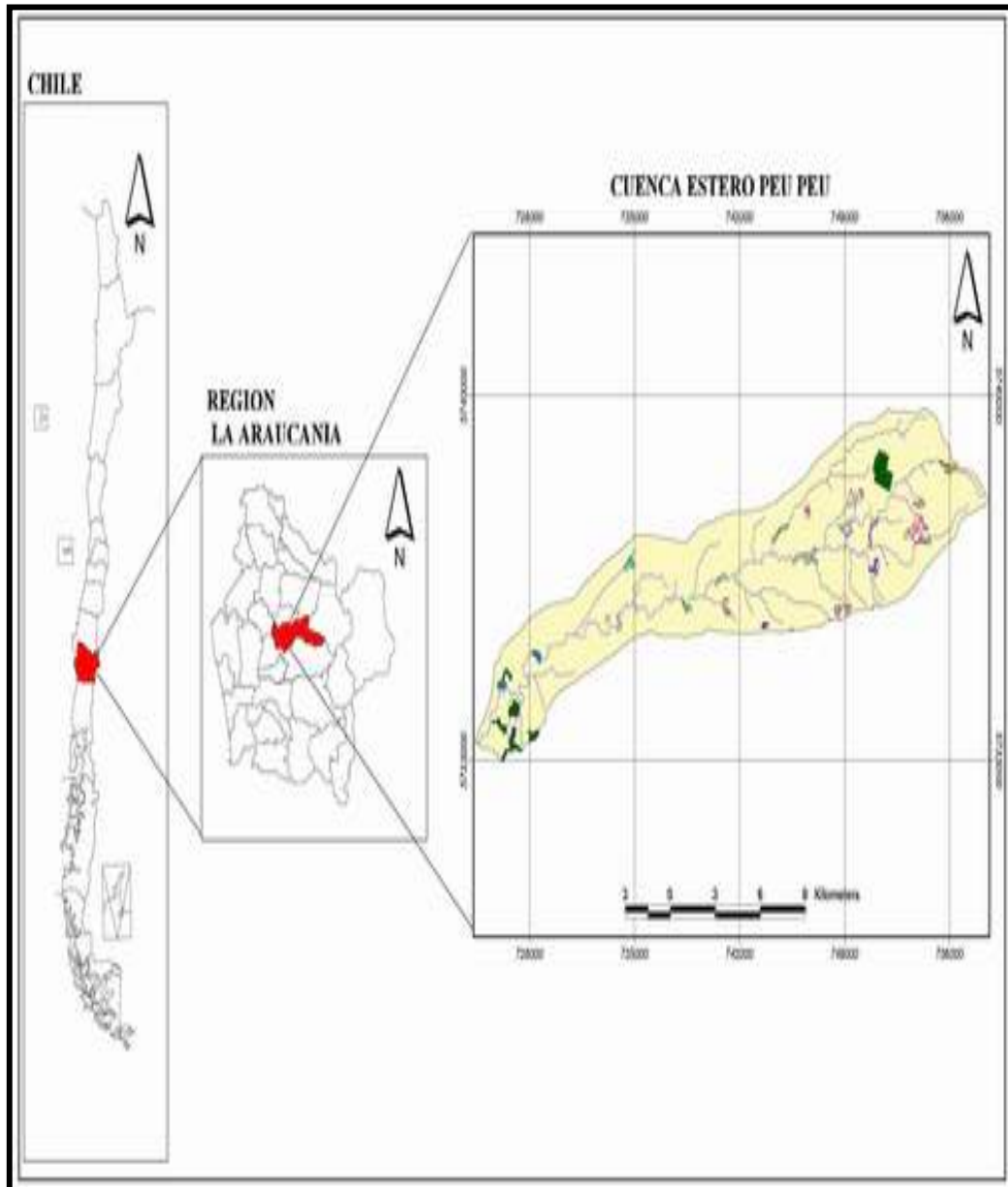
## **1. METODOLOGÍA.**

### **1.1 Área de estudio.**

El área de estudio se sitúa en la cuenca del estero Peu Peu, ubicada en la depresión intermedia, Comuna de Lautaro, IX Región de la Araucanía. La cuenca comprende una superficie de 15.333.67 hectáreas, con una longitud de 50 Km y es afluente del río Cautín. Sus coordenadas geográficas son 5730-5760 N y 725-758 E (UTM). El clima corresponde a templado húmedo con 2000 mm de precipitación anual como promedio y una temperatura máxima en verano de 25° C. El uso del suelo es mayoritariamente agrícola (95%) y una escasa superficie es forestal (3%).

La actividad agrícola se caracteriza por su uso tradicional con siembras de trigo, avena y hortalizas. La ganadería es marginal, predominando la crianza de bovinos y ovinos, por sobre los porcinos. La crianza de aves de corral es usada para el autoconsumo.

En relación a la actividad forestal esta se caracteriza por plantaciones de pino y eucalipto.



Escala 1:50.000

Figura 1: Ubicación general del área de estudio

## **2.2 Método.**

En la cuenca del estero Peu Peu se realizaron muestreos estacionales en 5 estaciones (Figura 3) ubicadas en sectores representativos de la cuenca, las cuales fueron previamente georeferenciadas (Tabla I), en donde se aprecian los diferentes usos de suelo que presenta el área de estudio que corresponden a: agrícola, forestal y ganadero

La metodología comprende 7 etapas y son las siguientes (Figura 2).

- Revisión Bibliográfica.
- Determinación de los puntos de muestreo.
- Toma de muestras.
- Descripción física del hábitat.
- Identificación de organismos.
- Análisis numérico.
- Resultados.

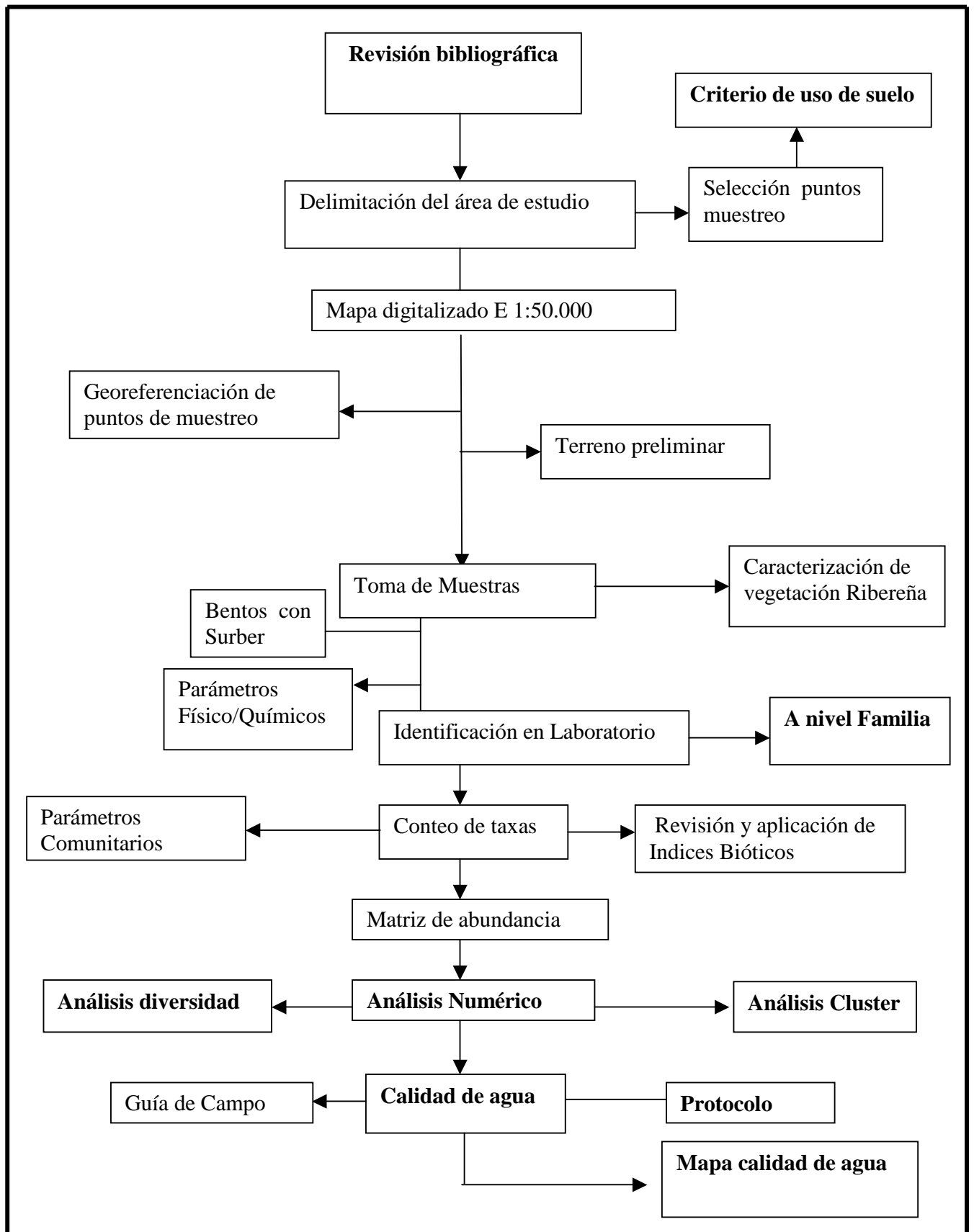


Figura 2: Flujo Metodológico General.

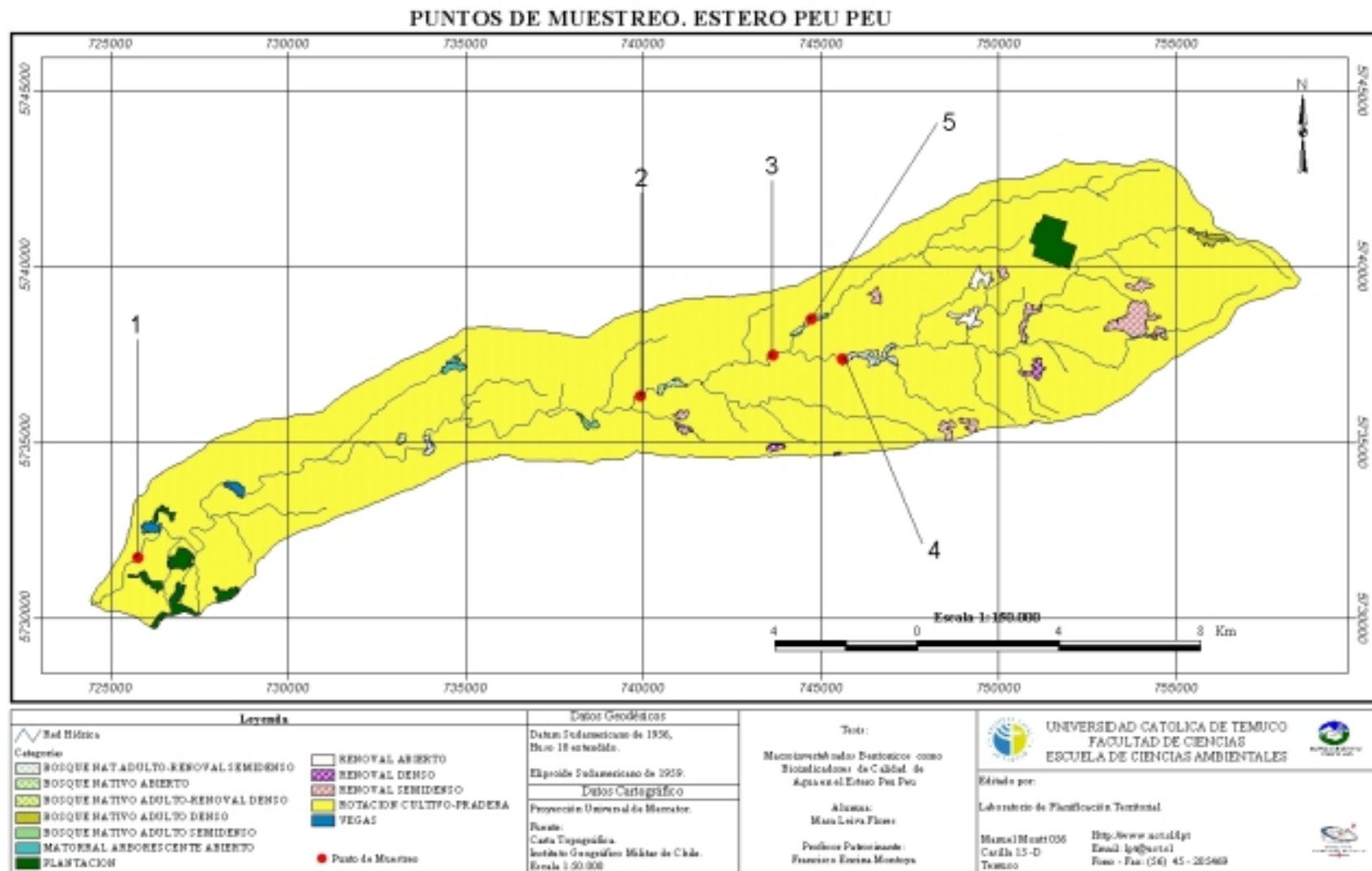


Figura 3: Ubicación de los puntos (estaciones de muestreo), asociado al uso actual de la cuenca del Estero Peu Peu.

**Tabla I:** Ubicación de las estaciones de muestreo.

Estaciones de muestreo	Ubicación geográfica
E 1: criadero de cerdos.	724 016 E 5734211N
E 2: puente Peu Peu	740 592 E 5736262 N
E 3: cruce los Aromos	742 404 E 5735923N
E 4: puente Chumil	746 260 E 5737149N
E 5: escuela Chumil	746 321 E 5739794N

### 2.3 Muestreo de los parámetros físico químicos

En terreno (*in situ*) se realizó el muestreo en Primavera (2002), Verano (2003), Otoño (2003) e Invierno (2003) de los parámetros físico químicos (Tabla II).

**Tabla II:** Parámetros físico químicos y equipos de medición.

Parámetros	Equipos y modelos
pH(unidades) y Temperatura (°C)	Phmetro Orión modelo 250 sensibilidad de 0.1 mg/l
Conductividad ( $\mu S$ ) Sólidos disueltos totales (TDS) (mg/l)	Orión modelo 115 sensibilidad de 0.1 mg/l.
Turbidez (FTU)	Turbidímetro Orión modelo 115 sensibilidad de 0.1 mg/L
Clastos (cm)	Forsípula Sylvanud Type 1208 (Sensibilidad de 0.1 mg/l)
Velocidad de la Corriente (m/s)	Derivadores y cronómetros.

En laboratorio (*ex situ*) se analizaron los parámetros: Oxígeno disuelto (mg/l), Coliformes fecales (NMP/100ml),  $\text{DBO}_5$ (mg/l), Fosfato(mg/l), Nitrito(mg/l), Nitrato(mg/l), Sólidos totales(mg/l), Nitrógeno amoniacal (mg/l), Color (Unidades de Pt C), Alcalinidad (ppm  $\text{CaCO}_3$ ) y Dureza Total (ppm  $\text{CaCO}_3$ ).

### **2.3.1 Cálculo de caudal.**

El caudal es el resultado del producto entre la sección o la media de varias secciones del río (expresado en  $\text{m}^2$  o  $\text{cm}^2$ ) y la velocidad media del agua (que se expresa en m/s o cm/s). Las unidades más utilizadas son los litros por segundo (l/s) o metros cúbicos por segundo ( $\text{m}^3/\text{s}$ ). En primer lugar se calcula la sección del río colocando una cinta métrica ocupando toda la anchura del cauce, procurando que esté tensada. A continuación, se tomarán las medidas de profundidad mediante un palo graduado a intervalos regulares, la longitud de los que será proporcional a la anchura del tramo. La velocidad del río se mide utilizando un objeto flotante, el cual se deja caer para que flote sobre la superficie que seguirá río abajo hasta una distancia (D) de 15 metros. En forma complementaria se mide el tiempo (t) que transcurre entre que el objeto cae al agua y llega hasta el lugar de destino. Se tomarán, como mínimo, 3 medidas del tiempo recorrido para calcular velocidad.

Finalmente el caudal aproximado se obtendrá multiplicando la sección media ( $\text{m}^2$ ) por la velocidad superficial (m/s) y por un factor de 0.8. (Prat *et al* 2001)

## **2.4 Muestreos biológicos.**

### **Macro invertebrados bentónicos.**

Se realizaron muestreos de fauna bentónica mediante la utilización de un surber de 0.25 m<sup>2</sup> de área de superficie y 250  $\mu$ m de abertura de malla. Se recolectaron 4 réplicas por estación de muestreo, las cuales se obtuvieron previamente mediante la asíntota de la curva entre la riqueza de especies v/s el número de muestras. Las muestras colectadas fueron almacenadas en envases plásticos de 1 litro, rotuladas y fijadas en alcohol al 70%, posteriormente se llevaron a laboratorio donde se separaron e identificaron mediante una lupa binocular Zeiss, primero a nivel de Orden faunístico y posteriormente a nivel de familia mediante la utilización de claves de Domínguez & Fernández (2001) y mediante consultas a especialistas. La abundancia estimada como el número de individuos por familia y los resultados fueron expresados en términos de densidad (ind/m<sup>2</sup>).

## **2.5 Caracterización de la Vegetación Ribereña.**

Se utilizó el método de Braun Blanquet el que consiste en realizar una completa lista de las especies presentes con una estimación visual de su cobertura, en una parcela de 15m<sup>2</sup> la cual se realizó a ambos lados de la ribera. Este método permite determinar la composición florística que presenta cada una de las estaciones de muestreo.

## **2.6 Análisis numérico.**

Para el análisis de la información se utilizaron Software tales como: Excel 5.0, Biodiversity Pro y Stat Most 3.0. En primer lugar las 5 estaciones se agruparon y compararon para definir áreas con similar composición taxonómica, utilizando como medida de disimilitud el índice de Bray & Curtis (1975) y el método de la media ponderada para construir el dendrograma (UPGMA).

Se tabularon los parámetros físico químicos de las distintas estaciones de muestreo y en las distintas épocas del año para observar como varían las concentraciones de cada uno de ellos a lo largo de los muestreos. Los valores obtenidos de las variables físico químicas analizadas, se compararon con los rangos que establece la Norma Secundaria de Calidad Ambiental para la protección de las Aguas Continentales (actualmente en tramitación), la cual clasifica la calidad de agua en cuatro clases y corresponden a:

**Clase excepcional:** Indica un agua de mejor calidad que la clase 1, que por su extraordinaria pureza y escasez, forma parte del patrimonio ambiental de la República.

**Clase 1:** Muy Buena calidad.

**Clase 2:** Buena calidad

**Clase 3:** Regular calidad.

Un segundo análisis correspondió a la correlación entre los puntajes obtenidos de la aplicación de los índices bióticos y de calidad de agua de cada estación, con las características físico químicas del ecosistema fluvial medidos en la columna de agua.

Por último se determinaron los parámetros comunitarios para las 5 estaciones de muestreo los cuales corresponden a: Diversidad ( $H'$ ), Riqueza ( $H$  máx) y Equidad ( $J$ ), mediante la utilización del software Biodiversity Pro.

## **2.7 Macroinvertebrados Bentónicos como Bioindicadores**

Para el trabajo en Laboratorio con estas familias como bioindicadores de calidad de agua, se utilizó un índice biótico el cual corresponde al IBF (índice biótico de familia) de Hilsenhoff (1988), debido a que no es costoso, es fácil de entender, posee alta sensibilidad en la calidad de agua y el resultado que entrega es confiable para el objetivo que se desea cumplir.

Este índice considera la abundancia y diversidad de las familias, por lo que se necesita de una aproximación de tipo cuantitativa y los resultados obtenidos hacen posible clasificar las estaciones en clases de calidad de agua, las cuales se representan en un mapa de calidad de agua.

### **2.7.1 Índice Biótico de Familia (IBF de Hilsenhoff 1988)**

Se debe obtener la taxonomía completa de los macroinvertebrados bentónicos esto a nivel de familia, además el número de individuos de cada familia por segmento estudiado del estero Peu Peu. Esta información recopilada se anota en una ficha de

trabajo (Tabla IV). Luego por cada familia se determina el puntaje de tolerancia, en donde 0 representa el menos tolerante y el 10 corresponde al más tolerante a la contaminación orgánica. Estos valores de tolerancia para macroinvertebrados bentónicos (Tabla V) fueron adaptados a la fauna local presente en el área de estudio, por Mercado (2003).

Los puntajes obtenidos son incluidos en la ficha de registro (Tabla IV) para calcular el IBF de Hilsenhoff (1988) para lo cual se multiplica el puntaje de tolerancia por el número de individuos. Los resultados son sumados y divididos por el número total de individuos de cada estación lo que corresponde al IBF según la siguiente ecuación:

$$IBF = 1/N \sum ni ti.$$

Donde :

N = número total de individuos en la muestra (Estación).

ni = número de individuos en una Familia

ti = puntaje de tolerancia de cada Familia.

Posteriormente los valores del IBF se expresan en 7 clases de calidad ambiental (Tabla III), correspondiente a una escala de condición biológica que fue desarrollada para determinar el grado de contaminación orgánica.

Macroinvertebrados Bentónicos como Bioindicadores de Calidad de agua en la Cuenca del estero Peu Peu

Finalmente los resultados obtenidos serán representados en un mapa de calidad de agua de la cuenca del Estero Peu Peu

**Tabla III.** Calidad de agua basado en los valores del IBF de Hilsenhoff (1988)

Clase	IBF (Hilsenhoff 1988)	Características Ambientales	Clases
I	0,00 - 3,75	Excelente	I(Celeste)
II	3,76 - 4,25	Muy bueno	II (Azul)
III	4,26 - 5,00	Bueno	III (Verde)
IV	5,01 - 5,75	Regular	IV (Amarillo)
V	5,76 - 6,50	Relativamente malo	V(Café)
VI	6,51 - 7,25	Malo	VI (Naranja)
VII	7,26 - 10,00	Muy malo	VII (Rojo)

**Tabla IV** Ficha de registro de macroinvertebrados utilizada para el cálculo del IBF.

Fecha:				
Localidad:				
Estación				
Responsable:				
A	B	C	D	
Familia	Nº de organismos	Puntaje tolerancia	de	Total
1.		x		=
2.		x		=
3.		x		=
4.		x		=
5.		x		=
6.		x		=
.		x		=
.		x		=
.		x		=
.		x		=
.		x		=
.		x		=
Total=		Total		
FBI = total de la columna D / total de la columna B				

**Tabla V:** Valores de Tolerancia para macroinvertebrados bentónicos utilizados en la determinación de Índice Biótico de Familia (Generada por Mercado, 2003)

<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Tolerancia</b>
Diptera	Chironomidae	6
	Simuliidae	4
	Athericidae	3
	Blephariceridae	3
	Ceratopogonidae	6
	Tipulidae	5
Ephemeroptera	Baetidae	5
	Leptophlebiidae	4
Plecoptera	Gripopterygidae	3
	Perlidae	1
Trichoptera	Hydropsychidae	4
	Hydrobiosidae	3
	Philopotamidae	2
	Limnephilidae	3
	Ecnomidae	3
	Glossosomatidae	3
	Leptoceridae	4
Coleóptera	Psephenidae	3
megaloptera	Corydalidae	3
Odonata	Gomphidae	4
Decapoda	Aeglidae	7
Amphipoda	Hyalellidae	7
Basommatophora	Physidae	8
	Chiliniidae	7
Aplotaxida	Tubificidae	10

El valor 0 corresponde al menos tolerante a la contaminación orgánica, mientras que el valor 10 corresponde a la mayor tolerancia a contaminación orgánica.

**2.7.2 Índices biológicos: EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera), BMWP' (Biological Monitoring Working Party) y BMWP (Biological Monitoring Working Party).**

El análisis de EPT se realizó mediante la utilización de estos tres grupos de macroinvertebrados que son indicadores de la calidad de agua, debido a que son más sensibles a la contaminación. En primer lugar se coloca en una columna la clasificación de organismos, en una segunda columna la abundancia y una última columna con los EPT presentes (Tabla VI). Posteriormente los EPT presentes se dividen por la abundancia total, obteniendo un valor, el cual se lleva a una tabla (Tabla VII) de calificaciones de calidad de agua que va de muy buena a mala calidad. (Carrera & Fierro 2001).

**Tabla VI:** Hoja de campo para cálculo del Índice de EPT.

<b>Clasificación</b>	<b>Abundancia</b>	<b>EPT Presentes</b>
<b>Total</b>		
EPT Total/ Abundancia Total	Abundancia total	Total EPT Presentes

Fuente : Carrera & Fierro 2001

**Tabla VII:** Calidad de agua para Índices EPT

Clase	Índice EPT (%)	Calidad del agua
1	75- 100	Muy buena
2	50- 74	Buena
3	25 – 49	Regular
4	0 – 24	Mala

Fuente: Carrera & Fierro 2001

Para la aplicación de los índices **BMWP'** (Biological Monitoring Working Party) modificado por Zúñiga de Cardoso (1997) en Domínguez & Fernández (1998) y **BMWP** (Biological Monitoring Working Party) de Armitage *et. al.*, (1983) en: Domínguez & Fernández (1998), los cuales se calculan sumando las puntuaciones de los distintos grupos faunísticos consignados en cada punto de muestreo. La mayor o menor puntuación asignada a un taxón está en función de su mayor o menor sensibilidad a la contaminación orgánica. Con los valores obtenidos se lleva a una tabla de calidad de agua (Tabla VIII) para ambos índices, la diferencia de su aplicación radica en que el **BMWP'** se incorporaron algunas familias de macroinvertebrados producto de su modificación para la adaptación a la fauna Colombiana y además cambian algunas puntuaciones de familias presentes en estos índices.

**Tabla VIII:** Calidad biológica del índice BMWP' y el índice BMWP.

Clase	Valor del BMWP	Calidad del agua
I(a)	150	Muy Buena Calidad
I (b)	101-120	
II	61 –100	Buena Calidad
III	36 -60	Calidad media
IV	16 -35	Escasa Calidad
V	< 15	Calidad mala

### **3. RESULTADOS**

#### **3.1 Descripción del área de estudio.**

Según los datos de temperaturas medias mensuales (°C) y precipitaciones mensuales (mm) entre los años 2000-2002 (anexo) registrados por el Departamento de Hidrología de la Dirección General de Aguas (DGA), en la estación correspondiente a Lautaro, la cual se ubica entre las coordenadas 38° 31 00 Latitud Sur y 72° 26 00 Longitud Oeste, se observa que la máxima temperatura (°C) se registra en el mes de Febrero (2002) alcanzando un valor de 18 °C, mientras que el mínimo valor se registra en el mes de Julio (2002) el cual corresponde a 7.3° C. Para el análisis de los datos de precipitación mensual (mm) se observa que el máximo valor recogido es de 308 mm en el mes de Octubre (2002), en tanto que las bajas precipitaciones se presentan en los meses de Febrero (2001) y Enero (2002), en donde los valores registran el valor de 0 mm(Figura 4 y 5).

En la Figura 6 se observa que los caudales mayores se registraron en la época de primavera del 2002, presentando su máximo valor de 2.8m<sup>3</sup>/s. Los caudales mínimos correspondieron a la época de verano, cuyos valores oscilaron entre 0.1 y 0.4 m<sup>3</sup>/s respectivamente. Para la época de otoño los caudales medios presentaron datos similares a los registrados en verano en donde los valores fluctuaron entre 0.3 y 0.6 m<sup>3</sup>/s. Finalmente en invierno del año 2003 el estero Peu Peu incrementó sus caudales considerablemente en donde los valores mínimos fueron de 0.1 m<sup>3</sup>/s y el máximo caudal registró un valor de 2.5 m<sup>3</sup>/s respectivamente.(anexo)

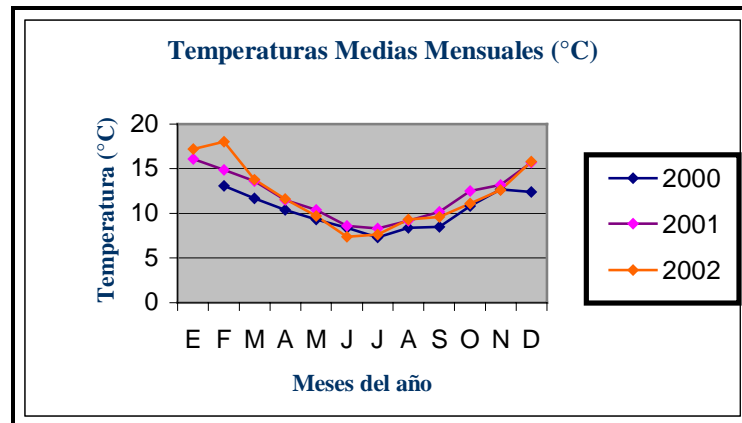


Figura 4: Temperaturas medias mensuales (°C) registradas en la Estación Lautaro.

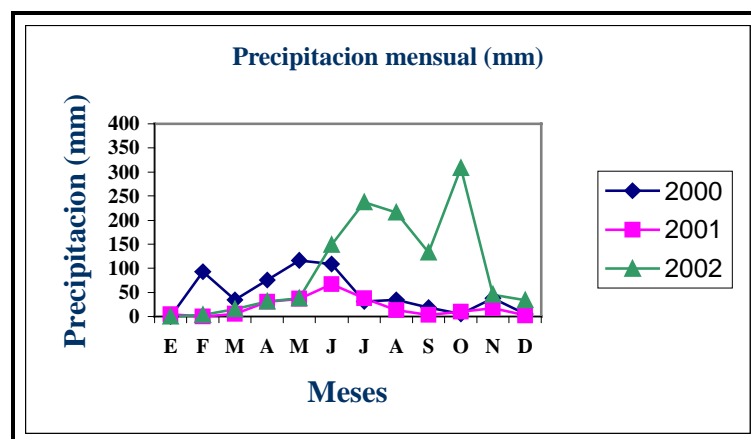
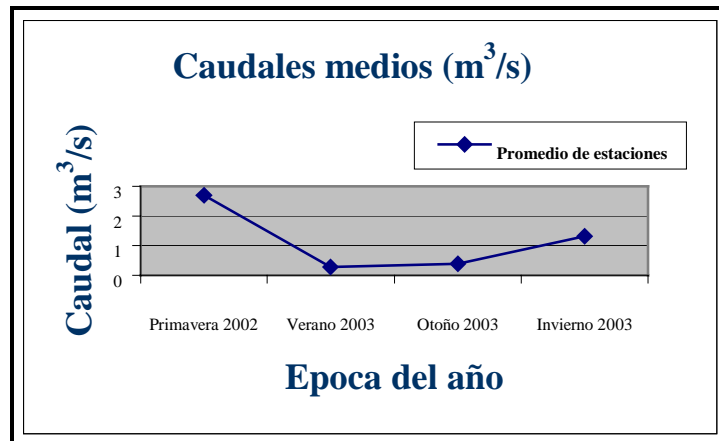


Figura 5: Precipitación mensual (mm) registradas en la estación Lautaro



**Figura 6:** Caudales medios ( $m^3/s$ ) registrados en las estaciones de muestreo del estero Peu Peu.

### 3.1.1 Descripción del Suelo

### 3.1.2 Series presentes en el área de estudio

De acuerdo a la información proporcionada por las 6 ortofotomosaicos que cubrían el área de estudio, correspondientes a Perquenco (3823 – 7222), Reducción cayul (3823 – 7213), Estero Chumil (3823 – 7204), Rariruca (3823 – 7155), Lautaro (3831 – 7222), y Muco Chureo (3831 – 7213) se encuentran definidas 12 tipos de series diferentes, de donde predomina la presencia de las series Metrenco (MTC), Agua Fría (AGF) y Misceláneo pantano (MP).

La serie Metrenco presenta suelos franco arcillo limoso, profundo de textura arcillosa, bien drenado y ligeramente ondulado. La serie Agua fría presenta suelos franco limoso, moderadamente profundo y con buen arraigamiento, mientras que la serie Misceláneo

pantano presenta suelos de difícil drenaje y con niveles freáticos próximos a la superficie durante todo el año.

### **3.1.2 Capacidad de uso de suelo**

De acuerdo a la información proporcionada por las ortofotos del sector, se constató que casi la mayoría del área de estudio pertenece a la capacidad de uso III y dentro de esta categoría, se impone la capacidad de uso IIIe. Esta capacidad presenta moderadas limitaciones en su uso y restringen la elección de cultivos, aunque pueden ser buenas para ciertos cultivos. La topografía varía de plana a moderadamente inclinada lo que dificulta severamente el riego; la permeabilidad varía de lenta a muy rápida. (requieren prácticas moderadas de conservación y manejo).

### **3.1.3 Uso de suelo**

El área de la cuenca del estero Peu Peu se caracteriza por la presencia mayoritaria del uso agrícola con predominio del cultivo del trigo quedando solo zonas de parche con bosque nativo, plantación, renoval abierto y vegas. Las que se distribuyen en distintas proporciones a lo largo de los predios.



**Tabla IX: Parámetros físico químicos y microbiológicos muestreados en las 5 estaciones en la épocas de Primavera (2002), Verano (2003), Otoño (2003) e Invierno (2003) en la cuenca del estero Peu Peu.**

Epoca	Estación	T(°C)	Ph	Conductividad (Us/cm)	TDS (mg/L)	Turbidez (FTU)	O <sub>2</sub> disuelto (mg/L)	DBO5 (mg/L)	Nitritos (mg/L)	Nitratos (mg/L)	Residuo total (mg/L)	Fosfatos (mg/L)
Primavera	1	11,9	6,9	46,6	44,9	12,81	10,6	1,78	0,00038	0,5	64	0,061
Primavera	2	10,3	6,52	44,3	44,4	9,11	12,95	1,58	0,0004	0,4	37	0,036
Primavera	3	9,8	5,77	40	40,1	5,1	10,73	1,75	0,00042	0,2	27	0,032
Primavera	4	8,9	6,9	58,3	21,4	5,69	11,34	1,25	0,00017	0,55	80	0,014
Primavera	5	9	6,25	51	42,8	5,1	11,28	0,79	0,00034	0,31	76	0,023
Verano	1	22,8	7,84	86,2	86,2	4,11	9,8	0,76	< 0,01	0,1	126	< 0,2
Verano	2	18,2	7,5	61,3	66,6	3,98	9,5	0,232	< 0,01	0,18	115	< 0,2
Verano	3	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
Verano	4	15,4	7,69	63,1	64,8	5,27	10,2	1,2	< 0,01	0,26	126	< 0,2
Verano	5	16	7,55	74,8	79,2	6,85	10,7	1,18	< 0,01	0,14	171	< 0,2
Otoño	1	10,1	6,7	70	66	16	9,3	1,39	< 0,01	0,54	92	< 0,2
Otoño	2	8,6	6,7	66,5	62	27	8,93	1,36	< 0,01	0,70	87	< 0,2
Otoño	3	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
Otoño	4	8,3	6,47	60,7	60	35	8,74	1,77	< 0,01	0,82	86	< 0,2
Otoño	5	7,7	6,26	60,5	50	25	7,62	1,75	< 0,01	0,69	111	< 0,2
Invierno	1	9,7	5,03	36,1	34	2,7	11,9	1	< 0,1	1,43	96	< 0,2
Invierno	2	9,5	5,23	31,1	30	1,26	13,5	1,45	< 0,1	1,18	96	< 0,2
Invierno	3	9,7	4,8	28,2	26	2,9	14,6	1,6	< 0,1	0,71	66	< 0,2
Invierno	4	8	5,36	29,5	28	1,2	14,1	2,1	< 0,1	1,30	122	< 0,2
Invierno	5	8,5	5,3	42,9	40	3,42	14,2	2,05	< 0,1	0,96	86	< 0,2

(\*) Cauce en período de sequía

Macroinvertebrados Bentónicos como Bioindicadores de Calidad de agua en la Cuenca del estero Peu Peu

**Continuación Tabla IX...**

Epoca	Estación	Nitrógeno Amoniacal (mg/L)	Color (U Pt CO)	Coliformes (NMP/100ml)	Alcalinidad (ppm Ca CO3)	Dureza total (ppm Ca CO3)	Clastos (cm)	Caudales (m <sup>3</sup> /s)
Primavera	1	0,0078	15.16	73	38	32	10,53	(*) <sub>1</sub>
Primavera	2	0	14	283.3	38	29	(*) <sub>1</sub>	2.7
Primavera	3	0,0052	17,6	28.3	33	23	(*) <sub>1</sub>	(*) <sub>1</sub>
Primavera	4	0,0052	1.25	199	38	25	(*) <sub>1</sub>	(*) <sub>1</sub>
Primavera	5	0,016	0.74	53.3	43	32	14,26	2,7
Verano	1	< 0,1	55	680	103	82,08	15	0,4
Verano	2	< 0,1	39	440	88.9	87	8	0,34
Verano	3	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
Verano	4	< 0,1	43	650	70	78,08	18	(*) <sub>1</sub>
Verano	5	< 0,1	69	789	97	80,74	16	0,11
Otoño	1	< 0,1	43	6200	81,5	88,59	15	0,54
Otoño	2	0,1	45	865	73,5	72	8	0,4
Otoño	3	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
Otoño	4	< 0,1	53	2300	69,38	69,4	18	0,34
Otoño	5	< 0,1	60	495	85	83,91	16	0,28
Invierno	1	< 0,1	33	1045	0,01	54,05	15	2,5
Invierno	2	< 0,1	31	4639	0,01	70,07	8	2,4
Invierno	3	< 0,1	45	1285	0,01	66,07	(*) <sub>1</sub>	0,1
Invierno	4	< 0,1	23	675	0,01	62,06	18	1,10
Invierno	5	< 0,1	36	735	0,01	68,07	16	0,5

(\*) Cauce en período de sequía.

(\*)<sub>1</sub> Sin datos.

### **3.2 Determinación de los parámetros físicos químicos y microbiológicos en las 5 estaciones de muestreo para cada una de las épocas del año.**

**Temperatura (°C):** Según los datos recogidos en terreno y registrados en la Tabla XI, el máximo valor del parámetro es de 22°C en la estación 1 en la época de Verano y la mínima temperatura correspondió a 7.7 °C en la estación 5 en Otoño.

**Conductividad (uS/cm):** Se registra el máximo valor de 86.2uS/cm en la estación 1 en la época de Verano y el mínimo valor correspondió a 28.2 uS/cm en estación 3 en Invierno.

**Turbidez (FTU):** Este parámetro registró su máximo valor de 35 FTU en la estación 4 en la época de Otoño 2003 y el mínimo valor se presentó en la estación 4 en Invierno.

**Color (UPT Co):** Presentó su máximo valor de 69 UPT Co en la estación 5 en Verano y el mínimo se registró en estación en Primavera alcanzando un valor de 14 UPT Co.

**Caudales (m<sup>3</sup>/s):** El máximo caudal se registró en Primavera en la estación 2 alcanzando un valor de 4.50m<sup>3</sup>/s, mientras que el mínimo caudal se presentó en la estación 3 en Verano con un valor de 0.1 m<sup>3</sup>/s.

**Clastos (cm):** La medición de clastos registró los máximos tamaños en la estación 5 alcanzando un valor (promedio) de 15 cm, mientras que los clastos más pequeños se presentaron en la estación 2.

### **3.2.2 Parámetros químicos.**

**pH:** El valor mínimo fue de 4.8 en la estación 3 en Invierno y el máximo valor se registró en 7.89 en la estación 1 en Verano.

**Oxígeno disuelto (mg/L):** El valor mínimo correspondió a 7.62 mg/L en la estación 5 en Verano y el máximo registrado fue de 14.6 mg/L en la estación 3 en Invierno.

**DBO<sub>5</sub> (mg/L):** El valor máximo fue de 2.1 mg/L en la estación 4 en Invierno y el mínimo se registró en 0.176 mg/L en la estación 1 en Verano.

**Residuos totales (mg/L):** El valor máximo fue 171 mg/l en la estación 5 en Verano y el mínimo fue de 66 mg/L en la estación 3 en Invierno.

**Sólidos totales disueltos (mg/L):** Registraron su máximo valor de 44.9 mg/L en estación 1 en Primavera, el mínimo recogido corresponde a 13mg/l en la estación 2 en Invierno.

**Nitrito y Nitrógeno amoniacal(mg/L):** No registró máximos ni mínimos valores en las estaciones de muestreo, ni en alguna época en particular, debido a que los datos

analizados en laboratorio arrojaron un valor  $< 0.01$  mg/L para las 5 estaciones de muestreo en las 4 épocas del año que corresponden a Primavera, Verano, Otoño y Invierno.

**Nitratos (mg/L):** Los datos presentaron su máximo valor de 1.43 mg/L en estación 1 en Invierno, mientras que el mínimo valor para este parámetro fue de 0.1 en la estación en Verano.

**Fosfatos (mg/L):** Este parámetro registró un rango de 0.2 mg/L en las 5 estaciones de muestreo, en las respectivas épocas del año.

**Alcalinidad (ppm  $\text{CaCO}_3$ ):** El valor máximo fue de 69.38 en la estación 4 en Otoño y el mínimo correspondió a 23 en la estación 3 en Primavera.

**Dureza Total (ppm  $\text{CaCO}_3$ ):** El valor máximo fue de 89 mg/L en la estación 1 en Otoño, el mínimo fue de 54.05 en estación 1 en Invierno 2003.

### **3.2.3 Parámetros microbiológicos.**

**Coliformes fecales(NMP/ml):** Los datos de coliformes fecales registraron lo siguiente el valor máximo correspondió a 4639 NMP/ml en la estación 2 en Invierno y el mínimo alcanzó un valor de 73 NMP/ml en la estación 1 en la época de Primavera.

**3.2.4 Clasificación de los parámetros físico químicos para cada una de las estaciones de muestreo, de acuerdo a las clases de calidad, asociadas a la protección de las aguas continentales superficiales para la protección y conservación de las comunidades acuáticas.**

**Tabla X:** Estaciones de muestreo 1 y 2.

Parámetro	Unidad	Clase excepcional	Clase 1	Clase 2	Clase 3
Temperatura	Variación ° C	< 0.5	1.5	1.5	3
PH	Unidad	6.5 – 8.5	6.5 – 8.5	6.5 – 8.5	6.5 – 8.5
DBO <sub>5</sub>	mg/L	< 2	5	10	20
Oxígeno disuelto	mg/L	> 7.5	7.5	5.5	5
Conductividad	uS/cm	< 600	750	1500	2250
Color	Pt - Co	< 16	20	100	> 100
Sólidos disueltos totales	mg/L	< 400	500	1000	1500
Nitrito	mg/L	< 0.05	0.06	> 0.06	> 0.06
Coliformes fecales	NMP/100 ml	< 200	1000	2000	5000

**Tabla XI:** Estación de muestreo 3

Parámetro	Unidad	Clase excepcional	Clase 1	Clase 2	Clase 3
Temperatura	Variación ° C	< 0.5	1.5	1.5	3
PH	Unidad	6.5 – 8.5	6.5 – 8.5	6.5 – 8.5	6.5 – 8.5
DBO <sub>5</sub>	mg/L	< 2	5	10	20
Oxígeno disuelto	mg/L	> 7.5	7.5	5.5	5
Conductividad	uS/cm	< 600	750	1500	2250
Color	Pt - Co	< 16	20	100	> 100
Sólidos disueltos totales	mg/L	< 400	500	1000	1500
Nitrito	mg/L	< 0.05	0.06	> 0.06	> 0.06
Coliformes fecales	NMP/100 ml	< 200	1000	2000	5000

**Tabla XII:** Estaciones de muestreo 4 y 5

Parámetro	Unidad	Clase excepcional	Clase 1	Clase 2	Clase 3
Temperatura	Variación ° C	< 0.5	1.5	1.5	3
PH	Unidad	6.5 – 8.5	6.5 – 8.5	6.5 – 8.5	6.5 – 8.5
DBO <sub>5</sub>	mg/L	< 2	5	10	20
Oxígeno disuelto	mg/L	> 7.5	7.5	5.5	5
Conductividad	uS/cm	< 600	750	1500	2250
Color	Pt - Co	< 16	20	100	> 100
Sólidos disueltos totales	mg/L	< 400	500	1000	1500
Nitrito	mg/L	< 0.05	0.06	> 0.06	> 0.06
Coliformes fecales	NMP/100 ml	< 200	1000	2000	5000

Los valores máximos y mínimos aquí expresados están referidos a lo establecido por la Norma Secundaria de Calidad Ambiental para la Protección y Conservación de las Aguas Continentales, cuya promulgación se encuentra actualmente en tramitación.

### 3.3 Vegetación de la ribera Norte identificada en la cuenca.

Corresponde principalmente al estrato arbóreo en donde predominan las especies nativas, pudiéndose mencionar a: *Nothofagus dombeyi* (coihue) que en la estación 1 (fotografía 1a) alcanza una cobertura del 40%, *Nothofagus obliqua* (roble) que presenta cobertura del 15% en la estación 2 (fotografía, 1b) y del 30% en la estación 1. Las especies exóticas como *Eucalyptus globulus* (pino) se registraron con una cobertura del 40% en la estación 4 (fotografía, 1d). En relación al estrato arbustivo las especies que predominan con una cobertura del 40-50% corresponden a *Chusquea quila* (quila) y *Rubus ulmifolius* (zarzamora) presentes en las estaciones de muestreo, 4 (fotografía, 1d) y 5 (fotografía, 1e). Las especies arbustivas nativas tales como *Lomatia dentata* (avellanillo) y *Aextoxicom punctatum* (olivillo) registraron una cobertura menor en la cuenca (Tabla XIII)

**Tabla XIII:** Vegetación identificada en la ribera Norte de la Cuenca del estero Peu Peu.

Estrato Arbóreo		Cobertura (%) por estación de muestreo					
Familia	Nombre Común	Nombre Científico	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4	Estación 5
Fagáceas	Coihue	<i>Nothofagus dombeyi</i>	40				
Fagáceas	Roble	<i>Nothofagus obliqua</i>	30	15	5	5	10
Lauráceas	Peumo	<i>Cryptocarya alba</i>			10	10	
Mirtáceas	Arrayán	<i>Luma apiculata</i>					
Mirtáceas	Pitra	<i>Myrceugenia exsucca</i>		10		10	10
Mirtáceas	Eucaliptus	<i>Eucalyptus globulus</i>				25	
Verbenáceas	Arrayán macho	<i>Rhaphithamnus spinosus</i>			15	5	
Winteráceas	Canelo	<i>Drimys winteri</i>					20
Estrato Arbustivo							
Aextoxicáceas	Olivillo	<i>Aextoxicom punctatum</i>			15		
Gramíneas	Quila	<i>Chusquea quila</i>	50	15	20	45	20
Proteáceas	Avellanillo	<i>Lomatia dentata</i>		5	10	5	
Rosáceas	Zarzamora	<i>Rubus ulmifolius</i>	45	10	5	10	40

### 3.3.1 Vegetación encontrada en la ribera Sur de la cuenca.

La ribera Sur de la cuenca del estero Peu Peu está conformada principalmente por el estrato arbustivo, en el cual predominan las especies *Chusquea quila* (quila) y *Rubus ulmifolius* (zarzamora) con coberturas entre 10 –25%. En el estrato arbóreo *Nothofagus dombeyi* (coihue) presenta escasa cobertura en las estaciones 1 (Fotografía 1a) y 3 (Fotografía 1c); las especies arbóreas nativas como *Eucryphia cordifolia* (ulmo) y *Nothofagus obliqua* (roble) se identificaron con coberturas pequeñas del 5 – 15% repartidas en cada una de las estaciones de muestreo (Tabla XIV)

**Tabla XIV:** Vegetación identificada en la ribera Sur de la Cuenca del estero Peu Peu

Estrato Arbóreo			Cobertura (%) por Estación de Muestreo				
Familia	Nombre Común	Nombre Científico	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4	Estación 5
Eucrífiáceas	Ulmo	<i>Eucryphia cordifolia</i>		5			5
Fagáceas	Coihue	<i>Nothofagus dombeyi</i>	20		10		
Fagáceas	Roble	<i>Nothofagus obliqua</i>	10	5	15		10
Mirtáceas	Tepu	<i>Tepualia stipularis</i>				5	10
Winteráceas	Canelo	<i>Drimys winteri</i>				10	
Estrato Arbustivo							
Aextoxicáceas	Olivillo	<i>Aextoxicom punctatum</i>	10				
Araliáceas	Sauco	<i>Pseudopanax loetevivens</i>				15	
Celástreáceas	Maitén	<i>Maytenus boaria</i>			25	10	
Flacourtiáceas	Roblecillo	<i>Azara microphylla</i>			10	5	
Gramíneas	Quila	<i>Chusquea quila</i>	25		15	10	20
Lauráceas	Peumo	<i>Cryptocarya alba</i>			10	10	
Monimiáceas	Tepa	<i>Laureliopsis philipiana</i>			10	5	
Proteáceas	Avellanillo	<i>Lomatia dentata</i>		5		10	
Rosáceas	Zarzamora	<i>Rubus ulmifolius</i>	15		10		25

Macroinvertebrados Bentónicos como Bioindicadores de Calidad de agua en la Cuenca del estero Peu Peu



**Fotografía 1a.** Estación 1 de muestreo



**Fotografía 1b.** Estación 2 de muestreo



**Fotografía 1c.** Estación 3 de muestreo.

Macroinvertebrados Bentónicos como Bioindicadores de Calidad de agua en la Cuenca del estero Peu Peu



**Fotografía 1d.** Estación 4 de muestreo.



**Fotografía 1e.** Estación 5 de muestreo.

### 3.4 Macro invertebrados bentónicos como indicadores biológicos de calidad de agua en la cuenca del estero Peu Peu.

#### 3.4.3 Composición Taxonómica:

El listado general de familias registrado en el área de estudio son presentados en la Tabla XV y está constituida por 25 taxa, la mayoría de los cuales corresponden a estados inmaduros de insectos, principalmente de los órdenes Trichoptera (7 taxa), Diptera (6 taxa) y Ephemeroptera (2 taxa).

**Tabla XV:** Composición Taxonómica de Macroinvertebrados bentónicos encontrados en la Cuenca del Estero Peu Peu.

Clase	Orden	Familia
Insecta	Diptera	Chironomidae
		Simuliidae
		Athericidae
		Blephariceridae
		Ceratopogonidae
		Tipulidae
	Ephemeroptera	Baetidae
		Leptophlebiidae
	Plecoptera	Gripopterygidae
		Perlidae
	Trichoptera	Hydropsychidae
		Hydrobiosidae
		Philopotamidae
		Limnephilidae
		Ecnomidae
Glossosomatidae		
Leptoceridae		
Coleóptera	Psephenidae	
megaloptera	Corydalidae	
Odonata	Gomphidae	
Crustácea	Decapoda	Aeglidae
Crustácea	Amphipoda	Hyalellidae
Gastrópoda	Basommatophora	Physidae
		Chiliniidae
Oligoqueta	Prosopora	Tubificidae

### **3.4.3.1 Aspectos generales de la morfología de algunos órdenes encontrados en la cuenca del estero Peu Peu.**

#### **Orden Plecoptera.**

En su mayoría son carnívoras o detritívoras, pero algunas especies se alimentan principalmente de perifiton. Generalmente las Plecopteras no son nadadoras activas, pero están adaptadas para desplazarse entre las piedras, gravas y detritus, además son capaces de mantenerse en zonas rápidas del río.

En estado larval son habitantes de agua dulce, y a menudo se restringen a aguas altamente oxigenadas y ocasionalmente es posible encontrarlas en lagos de aguas frías con considerable acción de las olas. Es así como muchos están relativamente restringidos a ciertos tipos de hábitats, ya que el enriquecimiento orgánico u otras formas de polución reducirán la disponibilidad de oxígeno disuelto en el agua, lo que puede impedir su existencia en ciertos sitios. Debido a esto, las Plecópteras son conocidas como insectos de aguas limpias (Hellawell, 1989)



**Fotografía 2a.** Morfología Orden Plecóptera

### **Orden Ephemeroptera.**

Todas las especies del orden Ephemeroptera son acuáticas en su estado larval, en cambio los adultos son terrestres y éstos generalmente son de vida corta; de aquí la ilusión de su estado alar efímero en su nombre científico. La mayoría de las especies son detritívoras y/o hervíboras y son además el alimento preferido de muchos carnívoros de agua dulce, que incluyen otros insectos y peces; ellos forman una unión fundamental en la cadena trófica de los ecosistemas acuáticos y en general se afirma que presentan un amplio espectro dietario.

Este orden habita el bentos de aguas corrientes, pozas y áreas estrechas de lagos, encontrándose en ambientes muy predecibles o específicos dentro de ellos. Sus requerimientos de oxígeno disuelto son moderados y muchas especies son altamente susceptibles a la contaminación del agua; por esta razón las Ephemerias han demostrado ser muy útiles en el biomonitoreo de la calidad del agua donde habitan. (Jara 2002)



**Fotografía 2b.** Morfología Orden Ephemeroptera

## **Orden Diptera.**

Su fuente de alimento es bastante variada, la que incluye desde detritus fino y microorganismos, a partes de plantas, madera en descomposición y otros insectos y vertebrados, además las preferencias y hábitos de algunas larvas cambian con la edad y la estación del año. Se encuentran en cada tipo de hábitat y como grupo, los adultos voladores son los más ampliamente adaptados de todos los órdenes existentes (Jara 2002).



**Fotografía 2c.** Morfología Orden Diptera

### **Orden Trichoptera:**

Es común en fauna de profundidad, la mayoría se ubica en ambientes lóticos y lénticos y se encuentran en muy variados hábitats. Algunos se dan en asociación con vegetación acuática, ubicada bajo el agua. Muchas han logrado como mecanismo adaptativo construir vainas o casitas, cuya forma y función de las Trichoptera que las construyen son muy particulares, pero en general es permitirles vivir en los ríos, a especies más frágiles fisiológicamente. Las especies de este orden son catalogadas de tolerantes a muy intolerantes a la materia orgánica, pudiendo formar con ella un gradiente de respuesta frente a este tipo de transformación; en cambio todas las especies de Trichoptera en general no toleran los niveles bajos de pH (entre 1 y 6) en las aguas donde viven, siendo las primeras en desaparecer en los sistemas que empiezan a acidificarse. Por otro lado, tienden a preferir aguas con corrientes, lo cual indica que sus requerimientos de oxígeno en el agua, no son bajos. (Hellawell, 1989)



**Fotografía 2d.** Morfología Orden Trichoptera

**3.4.2 Análisis de parámetros Comunitarios Diversidad ( $H'$ ), Riqueza ( $H$  máx) y Equidad ( $J$ ) promedios para cada una de las estaciones de muestreo en las épocas de Primavera 2002, Verano 2003, Otoño 2003 y Invierno 2003.**

Se registraron las mayores diversidades (Tabla XVI) en las épocas de Invierno (2003) en la estación 2, Primavera (2002) en la estación 1 y Invierno (2003) en la Estación 4, los mínimos valores de este parámetro se registraron en la época de Primavera (2002) en la estación 4 e Invierno (2003) en la estación 3. La riqueza presenta sus mayores valores en las épocas de Primavera (2002) en la estación 2 e Invierno (2003) en estación 2. Finalmente la menor riqueza se presentó en Primavera (2002) en la estación 4

**Tabla XVI:** Parámetros Comunitarios de Diversidad ( $H'$ ), Riqueza ( $H$  máx), Equidad ( $J$ ) para cada estación de muestreo en las distintas épocas del año en la Cuenca del estero Peu Peu.

<b>Épocas</b>	<b>Estaciones</b>	<b><math>H'</math></b>	<b><math>H</math> Máx</b>	<b><math>J</math></b>
Primavera (2002)	1	0,769	0,984	0,779
Primavera (2002)	2	0,85	1	0,842
Primavera (2002)	3	0,624	0,767	0,822
Primavera (2002)	4	0,33	0,755	0,44
Primavera (2002)	5	0,628	0,861	0,73
Verano (2003)	1	0,586	0,861	0,681
Verano (2003)	2	0,536	0,949	0,563
Verano (2003)	3	(*)	(*)	(*)
Verano (2003)	4	0,729	0,968	0,756
Verano (2003)	5	0,653	0,881	0,736
Otoño (2003)	1	0,538	0,897	0,603
Otoño (2003)	2	0,695	1,01	0,689
Otoño (2003)	3	(*)	(*)	(*)
Otoño (2003)	4	0,68	1	0,67
Otoño (2003)	5	0,633	0,901	0,707
Invierno (2003)	1	0,508	0,974	0,518
Invierno (2003)	2	0,821	1,038	0,792
Invierno (2003)	3	0,633	0,775	0,821
Invierno (2003)	4	0,758	0,903	0,839
Invierno (2003)	5	0,645	0,842	0,766

(\*) cauce en período de sequía

### **3.4.3 Densidad (ind/m<sup>2</sup>), Abundancia (%) y Distribución promedio del Macrozoobentos de la Cuenca del Estero Peu Peu.**

Se Registró una riqueza total de 25 taxa repartidas en 11 órdenes: Diptera, Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Coleoptera, Megaloptera, Odonata, Amphipoda, Basommatophora, Decapoda y Aplotaxida. La densidad total corresponde a 2562 ind/m<sup>2</sup>. Las familias con mayores abundancias corresponden a Chironomidae con el 30.2%, Simuliidae con el 23.06 %, Leptophlebiidae con el 13.4%, Tubificidae con el 7.4% y Baetidae con el 5%, Las restantes taxa presentan una baja representación en abundancias relativas. (Tabla XVII)

### **3.4.4 Análisis comunitario para cada una de las estaciones de Muestreo.**

**Estación 1:** En esta estación se registró una riqueza de 20 taxa repartidas en 10 órdenes que corresponden a: Diptera, Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Coleoptera, Megaloptera, Amphipoda, Basommatophora, Decapoda y Aplotaxida. En esta estación se registró una densidad de 826 ind/m<sup>2</sup>. Las familias más abundantes correspondieron a: Simuliidae con el 43.4 %, Chironomidae con el 25 %, y Chilinidae con el 8%.

**Estación 2:** Se registró una riqueza de 19 taxa repartidas en los siguientes órdenes: Diptera, Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Coleoptera, Megaloptera, Amphipoda, Basommatophora, Decapoda y Aplotaxida. La diversidad que presenta esta estación es de 461 ind/m<sup>2</sup>. Las familias con mayor abundancia son: Chironomidae con el 26.6%, Simuliidae con el 11.7%, Tipulidae con el 10 % y Chilinidae con el 9%.

**Estación 3:** La segunda estación presentó una riqueza bentónica de 10 taxa repartidas en 6 órdenes: Diptera, Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera y Megaloptera y Aplotaxida. La densidad total corresponde a 442 ind/m<sup>2</sup>. Las familias con mayores abundancias corresponden a: Chironomidae 29%, Simuliidae con el 27.8%, Leptophlebiidae con el 17 % y Tubificidae con el 15.26 %.

**Estación 4:** Se registró una riqueza de 21 taxa las que se presentan en 8 órdenes: Diptera, Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Megaloptera, Basommatophora, Decapoda y Aplotaxida. La densidad total de esta estación corresponde a 459 ind/m<sup>2</sup>. Las familias más abundantes son las siguientes: Chironomidae con el 42.9%, Leptophlebiidae con el 20 % y Simuliidae con el 10 %.

**Estación 5:** En esta estación se observó 17 taxa repartidas en 10 órdenes: Diptera, Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Megaloptera, Amphipoda, Odonata, Basommatophora, Decapoda y Aplotaxida. La Densidad total es de 374 ind/m<sup>2</sup>. Las familias con las mayores abundancias corresponden a: Chironomidae con el 34%, Leptophlebiidae con el 33 % y Baetidae con el 9%.

**Tabla XVII:** Densidad (ind/m<sup>2</sup>), Abundancia (%) y Distribución promedio por épocas para cada una de las Estaciones muestreadas en la Cuenca del Estero Peu Peu.

Orden	Familias	Estacion 1	Estacion 2	Estación 3	Estación 4	Estación 5	Abundancia promedio( %)
Diptera	Chironomidae	202	119	128	197	127	30.2
	Simuliidae	354	53	121	49	14	23.06
	Tipulidae	17	45		1		2.46
	Athericidae	3	13	5	5	2	1.10
	Blephariceridae	3					0.11
	Ceratopogonidae	12			1	2	0.59
Basommatophora	Chiliniidae	62	43		4	8	4.6
	Physidae	21	6			1	1.09
Prosopora	Tubificidae	31	31	69	32	25	7.4
Ephemeroptera	Baetidae	30	25	24	13	36	5
	Leptophlebiidae	25	25	78	91	124	13.4
Plecóptera	Gryptopterygidae	23	31	10	12	10	3.4
	Perlidae	1	1		1	3	0.11
Decápoda	Aeglidae	2	9		3	4	0.7
Amphipoda	Hyaellidae	5	1			4	0.43
Megaloptera	Corydalidae	3	11	1	1	2	0.7
Trichoptera	Leptoceridae	1	9	5	5	6	1.73
	Hydropsychidae	26	30		14	1	2.8
	Hydrobiosidae		1		1		0.03
	Limnephilidae				1		0.03
	Ecnomidae	3	2		4	2	0.43
	Philopotamidae		1				0.03
	Glossosomatidae	1	3	1	3	2	0.4
Odonata	Gomphidae				1	3	0.16
Coleóptera	Psephenidae	1	3				0.16
Densidad total (ind/m <sup>2</sup> )		826	461	442	459	374	2562

### **3.4.5 Dominancia de Macroinvertebrados bentónicos de la cuenca del estero Peu Peu**

La taxa dominantes corresponden a Chironomidae y Simuliidae (Orden Diptera), Baetidae y Leptophlebiidae (Orden Ephemeroptera) y Tubificidae (Orden Aplotaxida). Estas familias, son las que predominan en cada una de las estaciones de muestreo en las distintas épocas del año, previo análisis de la densidad ( $\text{ind}/\text{m}^2$ ), promedio y desviación estándar, en donde el criterio de selección corresponde al número de taxa o familias que en conjunto aporten el 0.9 de dominancia (desviación estándar/sumatoria de la desviación total) como se observa en la Tabla XVIII.

**Tabla XVIII: Dominancia por estación de muestreo (promedio de épocas) en la cuenca del estero Peu Peu**

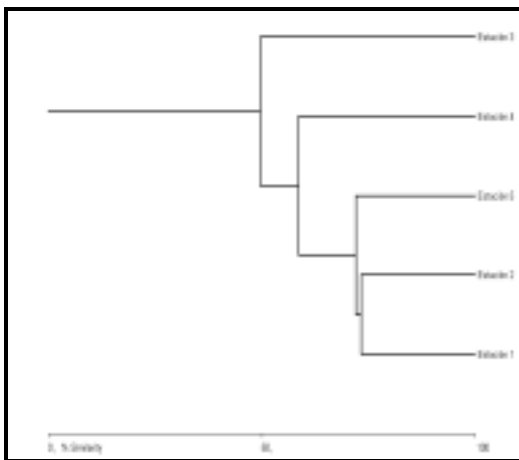
Epoca	Estación 1	Dominancia	Estación 2	Dominancia	Estación 3	Dominancia	Estación 4	Dominancia	Estación 5	Dominancia
<b>Primavera (2002)</b>	Baetidae	0,25	Simuliidae	0,19	Simuliidae	0,37	Chironomidae	0,64	Chironomidae	0,5
	Chironomidae	0,19	Baetidae	0,17	Hyalellidae	0,33	Tubificidae	0,12	Baetidae	0,16
	Leptophlebiidae	0,13	Chiliniidae	0,12	Chironomidae	0,12	Leptophlebiidae	0,14	Tubificidae	0,13
	Tubificidae	0,11	Tubificidae	0,11	Leptophlebiidae	0,057			Leptophlebiidae	0,11
	Simuliidae	0,08	Tipulidae	0,096	Baetidae	0,053				
	Tipulidae	0,046	Chironomidae	0,093						
	Ceratopogonidae	0,045	Leptophlebiidae	0,09						
	Chiliniidae	0,035	Grypoterygidae	0,06						
			Physidae	0,03						
<b>Verano (2003)</b>	Leptophlebiidae	0,23	Chironomidae	0,36			Leptophlebiidae	0,35	Leptophlebiidae	0,33
	Chiliniidae	0,21	Leptophlebiidae	0,16			Tubificidae	0,19	Chironomidae	0,25
	Chironomidae	0,2	Baetidae	0,13	(*)	(*)	Ecnomidae	0,13	Leptoceridae	0,13
	Hydropsychidae	0,15	Corydalidae	0,08			Chironomidae	0,11	Tubificidae	0,06
	Leptoceridae	0,04	Hydropsychidae	0,07			Baetidae	0,05	Simuliidae	0,04
	Simuliidae	0,05	Chiliniidae	0,05			Grypoterygidae	0,038		
			Pheseniidae	0,047			Simuliidae	0,028		
			Leptoceridae	0,034						
<b>Otoño (2003)</b>	Chironomidae	0,6	Leptophlebiidae	0,46			Hydropsychidae	0,23	Chironomidae	0,26
	Leptophlebiidae	0,18	Hydropsychidae	0,16			Simuliidae	0,17	Leptophlebiidae	0,21
	Tubificidae	0,07	Chironomidae	0,09	(*)	(*)	Tubificidae	0,15	Tubificidae	0,17
	Hydropsychidae	0,03	Tubificidae	0,07			Leptoceridae	0,11	Hyalellidae	0,14
			Athericidae	0,05			Chironomidae	0,08	Ecnomidae	0,07
			Chiliniidae	0,04			Athericidae	0,05	Chiliniidae	0,02
							Chiliniidae	0,04		
							Leptoceridae	0,03		
						Corydalidae	0,02			
<b>Invierno (2003)</b>	Simuliidae	0,49	Simuliidae	0,42	Chironomidae	0,33	Simuliidae	0,29	Tubificidae	0,3
	Chironomidae	0,24	Chironomidae	0,12	Hyalellidae	0,17	Chironomidae	0,23	Chironomidae	0,21
	Chiliniidae	0,07	Aeglididae	0,09	Tubificidae	0,16	Leptophlebiidae	0,11	Simulidae	0,17
	Grypoterygidae	0,05	Leptophlebiidae	0,08	Simuliidae	0,15	Tubificidae	0,1	Leptophlebiidae	0,096
	Hydropsychidae	0,04	Baetidae	0,06	Leptoceridae	0,093	Baetidae	0,07	Grypoterygidae	0,07
	Physidae	0,03	Grypoterygidae	0,04			Grypoterygidae	0,06	Baetidae	0,06
	Ecnomidae	0,02	Aeglididae	0,02			Athericidae	0,05		

(\*) cauce en período de sequía

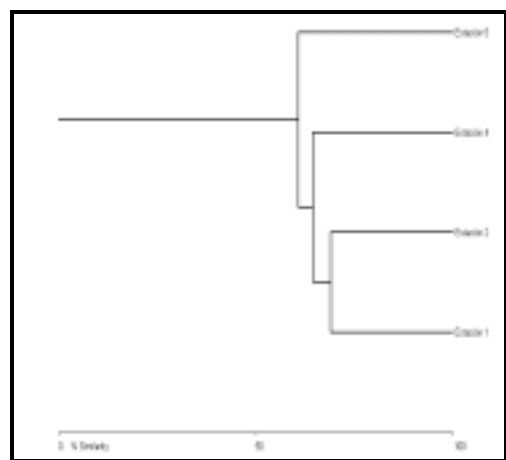
### **3.4.6 Análisis de agrupación.**

El análisis de cluster (Bray & Curtis, 1975), para definir similitud entre estaciones de muestreo es presentado en la Figura 7 (a-d), en donde se refleja claramente, que la mayor similitud se presenta en las estaciones de muestreo 2 y 4 con un 77%. Con respecto a la menor similitud, esta se observa entre las estaciones 1 y 3 alcanzando un 11%.

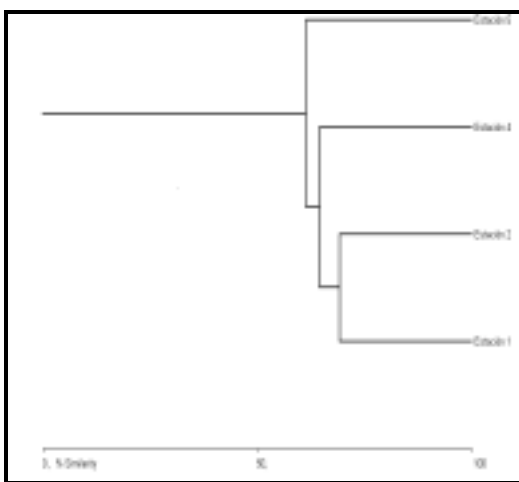
En relación, a la similitud entre las familias de macroinvertebrados recolectadas en el estero Peu Peu, como se observa en la Figura 8 (e-h), estas se encuentran definidas según la calidad ecológica del agua, encontrándose familias tolerantes (Tubificidae, Physidae) como menos tolerantes a la contaminación orgánica (Gripopterygidae).



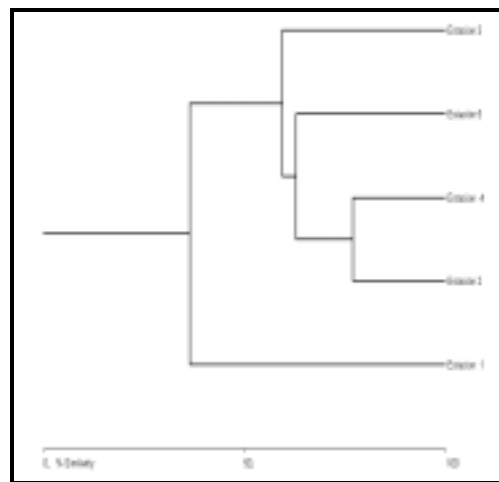
a) Primavera (2002)



b) Verano (2003)

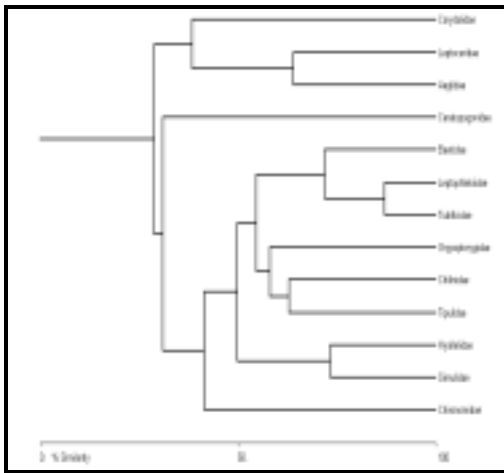


c) Otoño (2003)

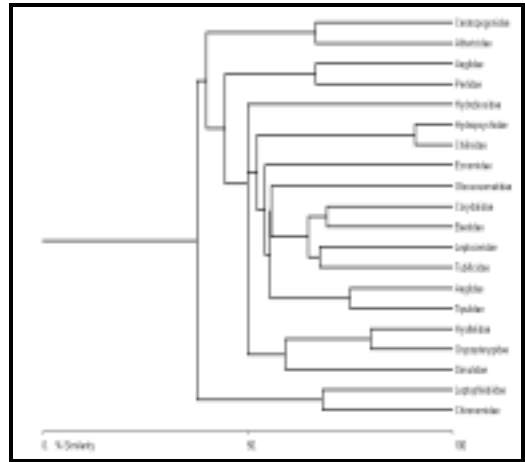


d) Invierno (2003)

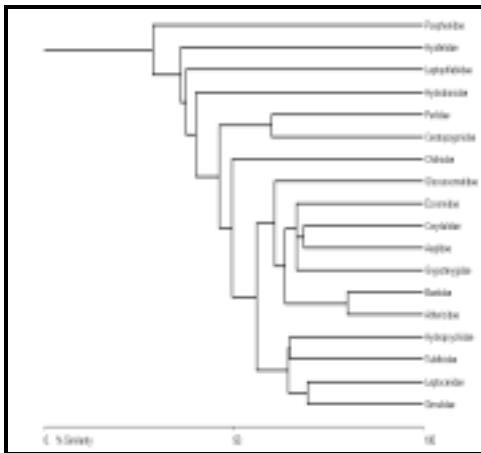
**Figura 7 (a- d)** .Dendrograma de similitud entre estaciones de muestreo para las 4 épocas del año (Índice de similitud de Bray & Curtis 1975 y método de la media ponderada)



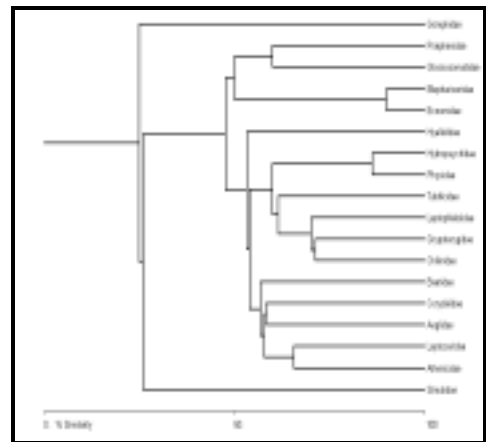
e) Primavera (2002)



f) Verano (2003)



g) Otoño (2003)



h) Invierno (2003)

**Figura 8 (e-h):** Dendrograma de similitud entre taxos para las 4 épocas del año a través del índice de similitud de Bray & Curtis 1975 y método de la media ponderada.

### 3.5 Índice Biótico de Familia (Hilsenhoff 1988)

El análisis de calidad de agua de la cuenca empleando el IBF que considera en forma simultánea la diversidad de taxa indicadoras(familias) y la abundancia de cada una de ellas, entregó calidades que van desde una Relativamente Mala calidad a calidad Regular (ver Tabla XIX).

**Tabla XIX:** Valores del Índice Biótico de Familia (Hilsenhoff 1988), obtenido mediante el muestreo con surber de la macrofauna bentónica en las 4 fechas de muestreo.

Estación	Sep-03	Ene-03	May-03	Ago-03	Promedio	Calidad	Simbología
E 1:Criadero	5.8	5.01	5.74	4.52	5.3	Regular	IV Amarillo
E 2:Pte Peu Peu	5.6	4.6	4.65	5.45	5.1	Regular	IV Amarillo
E 3:Los Aromos	5.8	(*)	(*)	6.9	6.4	Relativamente Mala	V Café
E 4:Chumil	6.17	4.83	4.74	5.23	5.2	Regular	IV Amarillo
E 5:Escuela Chumil	5.8	6.0	5.73	5.59	5.8	Relativamente Mala	V Café.

(\*) cauce en período de sequía.

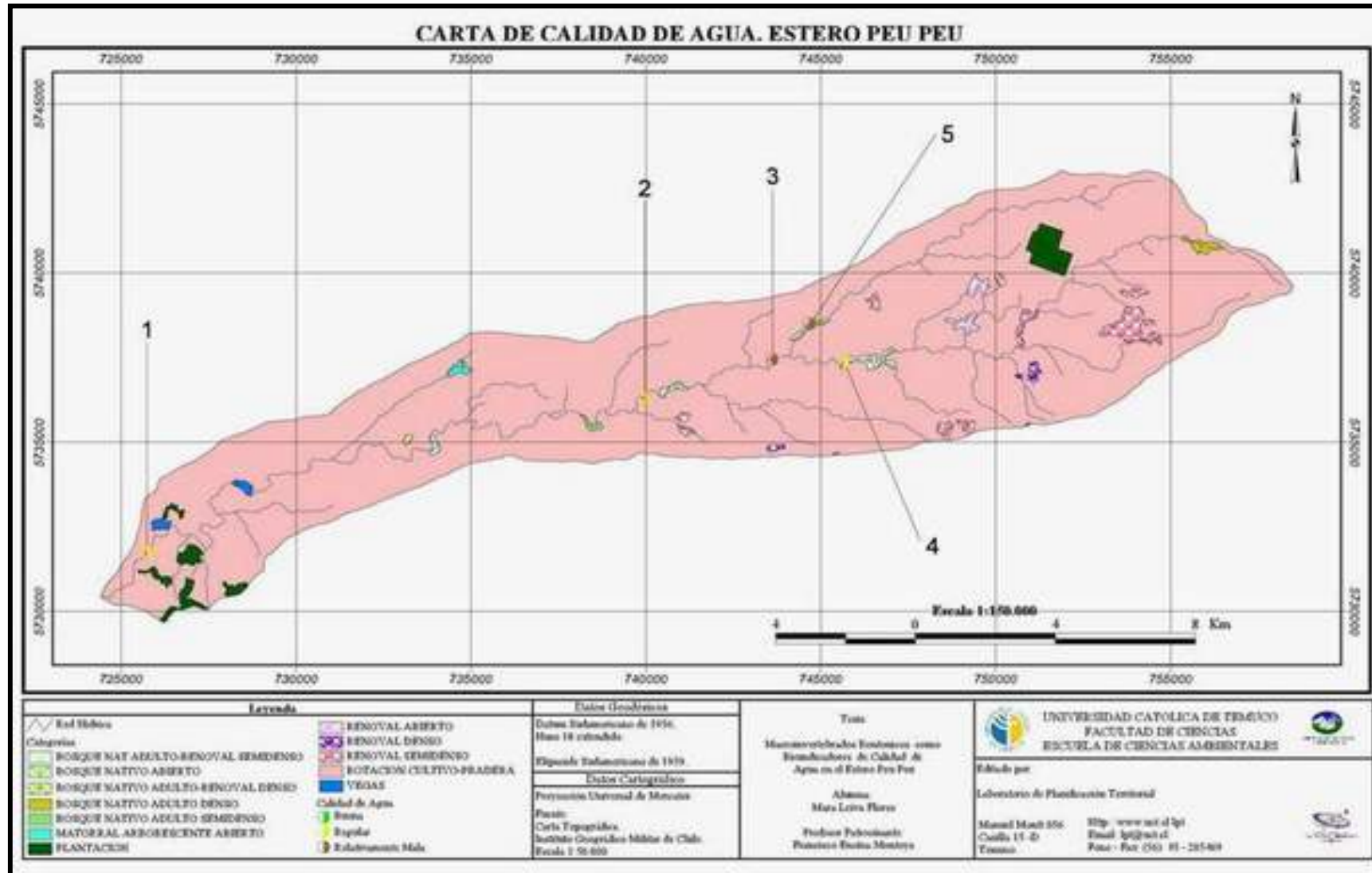


Figura 9: Mapa de calidad de agua de los puntos muestreados en la Cuenca del estero Peu Peu

### 3.5.1 Índice Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera (Carrera & Fierro, 2001)

En la aplicación del índice EPT, el cual utiliza tres órdenes de macro invertebrados sensibles a la contaminación orgánica, la calidad del agua es similar a los obtenidos del IBF como se observa en la Tabla XX, cuyos rangos fluctúan entre Relativamente Mala y calidad Regular.

**Tabla XX:** Valores del índice EPT (Carrera & Fierro, 2001) obtenido de muestreos estacionales para las 4 fechas de muestreo

Estación	Sep-03	Ene-03	May-03	Ago-03	Promedio	Calidad ecológica
E 1:Criadero	20	52	30	29	33	Regular
E 2:Pte Peu Peu	36	71	70	30	52	Buena
E 3:Los Aromos	20	(*)	(*)	17	19	Mala
E 4:Chumil	12	69	72	31	46	Regular
E 5:Escuela Chumil	39	38	42	30	38	Regular

(\*) cauce en período de sequía

### 3.5.2 Índice Biological Monitoring Working Party ( Armitage et .al., 1983 en Domínguez & Fernández 1998).

El análisis de calidad de agua, a través de la aplicación del BMWP, utiliza la composición del bentos a nivel de familia de los integrantes, de acuerdo a su tolerancia a la contaminación orgánica. Los rangos de calidad de agua fluctúan entre las categorías de mala a regular. (Tabla XXI)

**Tabla XXI:** Valores de índice BMWP aplicado a la macrofauna bentónica muestreada en las 4 fechas de muestreo.

Estación	Sep-03	Ene-03	May-03	Ago-03	Promedio	Calidad ecológica
E 1:Criadero	58	43	46	33	45	Regular
E 2:Pte Peu Peu	42	43	46	36	42	Regular
E 3:Los Aromos	33	(*)	(*)	17	25	Mala
E 4:Chumil	47	37	46	31	40	Regular
E 5:Escuela Chumil	25	38	37	56	39	Regular

(\*) cauce en período de sequía

### 3.5.3 Índice Biological Monitoring Working Party (modificado por Zúñiga de Cardoso et. al., 1997 en Domínguez & Fernández 1998)

Los resultados obtenidos de la aplicación de este índice biótico se presentan en la Tabla XXII y al igual que el BMWP', trabaja sobre la base de presencia/ausencia a nivel de familia con respecto a la contaminación orgánica.

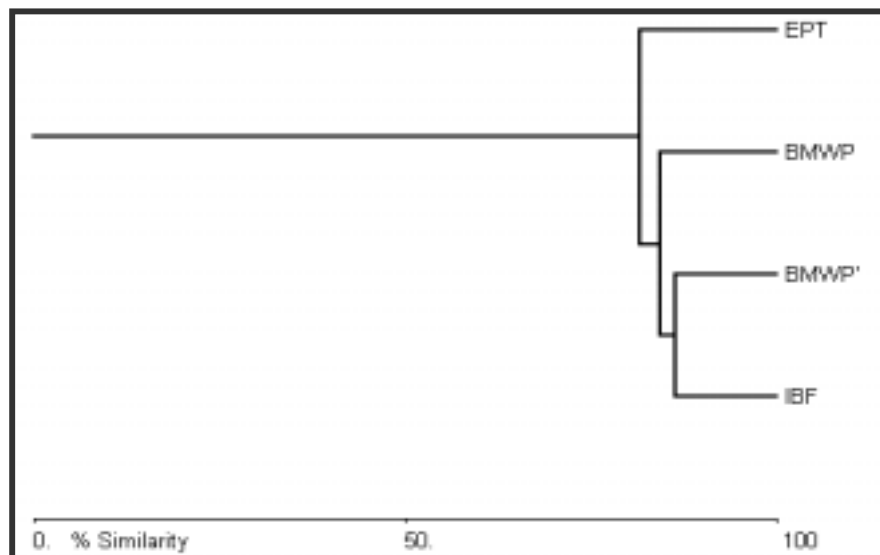
**Tabla XXII:** Valores obtenidos del BMWP' mediante el muestreo de la macrofauna bentónica en las 4 fechas de muestreo.

Estación	Sep-03	Ene-03	May-03	Ago-03	Promedio	Calidad ecológica
E 1:Criadero	59	63	50	65	59	Regular
E 2:Pte Peu Peu	55	75	68	68	67	Buena
E 3:Los Aromos	35	(*)	(*)	17	26	Mala
E 4:Chumil	63	55	71	41	58	Regular
E 5:Escuela Chumil	39	53	63	46	50	Regular

(\*) cauce en período de sequía.

### 3.5.4 Análisis de Cluster (Bray & Curtis 1975) en la aplicación de índices bióticos en la cuenca del estero Peu Peu.

En la Figura 10 se puede observar que entre los índices IBF y BMWP existe un 86% de similitud y entre el índice BMWP' y IBF la semejanza alcanza un 84%. Finalmente con respecto a los índices IBF y EPT, estos registran una similitud del 73 %.



**Figura 10:** Dendrograma de similitud entre los índices bióticos aplicados en la cuenca utilizando el índice de similitud (Bray & Curtis 1975) y método de la media ponderada.

### **3.6 Análisis de correlación entre los parámetros físico químicos y los puntajes obtenidos de los índices bióticos (IBF, EPT, BMWP, BMWP',CA) por estación de muestreo para cada una de las épocas del año.**

El IBF se correlacionó positivamente ( $n = 20$ ,  $p < 0.05$ ) con las variables: oxígeno disuelto ( $r^2 = 0.38$ ), nitrógeno amoniacal ( $r^2 = 0.45$ ) y dureza ( $r^2 = 0.68$ ) y negativamente con pH ( $r^2 = 0.26$ ) y conductividad ( $r^2 = 0.26$ ). El índice EPT se correlacionó positivamente ( $n = 20$ ,  $p < 0.05$ ) con las variables: conductividad ( $r^2 = 0.52$ ), pH ( $r^2 = 0.52$ ), turbidez ( $r^2 = 0.46$ ), nitrógeno amoniacal ( $r^2 = 0.45$ ), color ( $r^2 = 0.47$ ), alcalinidad ( $r^2 = 0.61$ ), dureza ( $r^2 = 0.57$ ) y negativamente con oxígeno disuelto ( $r^2 = 0.56$ ), el índice BMWP se correlacionó positivamente ( $n = 20$ ,  $p < 0.05$ ) con la variable: sólidos totales disueltos ( $r^2 = 0.48$ ), y negativamente no se correlacionó con ninguna variable. El índice BMWP' se correlacionó positivamente ( $n = 20$ ,  $p < 0.05$ ) con pH ( $r^2 = 0.46$ ), y negativamente con oxígeno disuelto ( $r^2 = 0.56$ ) y clastos ( $r^2 = 0.52$ ). El CA (Norma Secundaria de Calidad Ambiental) se correlacionó positivamente ( $n = 20$ ,  $p < 0.05$ ) con las variables: nitrato ( $r^2 = 0.47$ ), color ( $r^2 = 0.45$ ) dureza ( $r^2 = 0.43$ ) y negativamente con: conductividad ( $r^2 = 0.44$ ), alcalinidad ( $r^2 = 0.41$ ) y DBO<sub>5</sub> ( $r^2 = 0.45$ ). Según la interpretación de Colton (1983) un coeficiente de correlación ( $r^2$ ) entre 0.40 y 0.60 implica una correlación moderada a buena entre las variables como se observa en la Tabla XXIII.

**Tabla XXIII:** Correlación (n=20; p<0,05) entre las variables físico químicas; los valores obtenidos de los índices bióticos y de la Norma Secundaria de Calidad Ambiental para la protección de las aguas continentales (CA)

Parámetros físico químicos	IBF	EPT	BMWP	BMWP'	CA
Conductividad (Us/cm)	-0.26	0.52	0.38	0.45	-0.44
Fosfato (mg/L)	0	0	0	0	-0.25
Oxígeno disuelto (mg/L)	0.38	-0.56	-0.33	-0.56	0
Nitrito (mg/L)	0.35	-0.38	-0.32	-0.30	0.12
pH	-0.26	0.52	0.41	0.46	-0.35
Turbidez (FTU)	-0.23	0.46	0.33	0.39	-0.24
Nitrógeno amoniacal (mg/L)	-0.50	0.45	0.34	0.34	-0.30
Temperatura(°C)	-0.25	0.37	0.34	0.24	-0.31
Sólidos totales (mg/L)	0.69	0.38	0.11	0	
Nitratos (mg/L)	-0.17	-0.23	0	0	0.47
Sólidos totales disueltos (mg/L)	-0.14	0.29	0.48	0.31	0
Color (Unidades Pt Co)	0.55	0.47	0	0.20	0.45
Alcalinidad	0.41	0.61	0.26	0.50	-0.41
Dureza Total	0.68	0.57	0	0.27	0.43
Coliformes fecales	0.3	0	0	0.10	0
Clastos	-0.34	-0.17	-0.18	-0.52	-0.37
Caudales	-0.16	-0.28	0	0	-0.22
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	0.32	-0.38	0.13	-0.35	-0.45

Las correlaciones destacadas son aquellas que cumplen con el criterio establecido ( $p < 0.05$ ), las correlaciones restantes presentan un valor de  $p > 0.05$ .

**Tabla XXIV:** Correlación (n= 20,  $p < 0.05$ ) entre los índices bióticos aplicados en la cuenca y la Norma Secundaria de Calidad de agua (CA) utilizada.

Indices	IBF	EPT	BMWP	BMWP'	CA
IBF	1	0.68	0.76	0.70	0.45
EPT		1	0.84	0.80	0.40
BMWP			1	0.88	0.60
BMWP'				1	0.52

#### **4. DISCUSION**

En la actualidad los sistemas lóticos se han visto sometidos a un marcado deterioro de la calidad de las aguas, provocado por una serie de actividades (agrícolas, forestales, ingreso de pesticidas y material particulado) que se desarrollan en una cuenca hidrográfica (Jara, 2002). En este sentido para poder evaluar la calidad del agua, es necesario integrar las características físico químicas y microbiológicas, con la composición microbiológica del ecosistema fluvial, como son los organismos que desarrollan gran parte de su vida allí, asociados a características típicas del agua, por lo que se constituyen en potenciales indicadores de la calidad de ella y en este caso en particular los organismos seleccionados como indicadores biológicos, corresponden a insectos acuáticos, específicamente macroinvertebrados bentónicos.

En relación a los resultados de las variables físico químicas y microbiológicas de la cuenca del estero Peu Peu, se puede establecer que los caudales medios( $m^3/s$ ) registrados en cada una de las estaciones de muestreo (Figura 6), siguen el patrón de las precipitaciones, las cuales son responsables de arrastrar sedimentos desde fuentes difusas como tierras agrícolas y forestales, estableciéndose una correlación entre carga de nutrientes desde el área de drenaje y el volumen de agua caída, asociada a características de infiltración, permeabilidad del suelo y otros parámetros hidrológicos (Donoso *et. al.*,2000).

Las variables de pH, DBO<sub>5</sub>, oxígeno disuelto, conductividad, sólidos totales disueltos y nitrito se encuentran dentro de la Clase excepcional de la Norma Secundaria de calidad

### Macroinvertebrados Bentónicos como Bioindicadores de Calidad de agua en la Cuenca del estero Peu Peu

ambiental para la protección de las aguas continentales; esta clase indica aguas de mejor calidad que la Clase 1, que por su extraordinaria pureza y escasez, forma parte del patrimonio ambiental de la República. La variable temperatura se encuentra en los rangos que establece la Clase 1 (Norma Secundaria), la cual corresponde a Muy Buena calidad e indica un agua apta para la protección y conservación de las comunidades acuáticas y para el riego estricto. El parámetro color aparente se ubicó en la Clase 2 de esta Norma, la que corresponde a una Buena calidad e indica un agua apta para el desarrollo de la acuicultura, de la pesca deportiva y recreativa.

Los coliformes fecales se encuentran en los rangos establecidos en la Clase 3, la cual corresponde a una Regular calidad e indica agua adecuada para bebida de animales y para riego restringido.

La Turbidez y la Alcalinidad se mantuvieron dentro de los rangos establecidos en la NCH 1333 (1987) para la mantención de aguas destinadas para vida acuática y recreación con contacto directo.

Al respecto Donoso *et. al.*, (2000), señala que al presentar los parámetros físico químicos rangos aceptables dentro de la Normativa de calidad de agua (NCH 1333, *op. cit*), tipifica un agua superficial de Buena calidad.

En el caso de los fosfatos Margalef (1983), señala que en épocas estivales, en ambientes naturales no contaminados, se deberían registrar concentraciones entre 0.05 y 0.1 mg/l, situación que no se presenta en la cuenca del estero Peu Peu, debido a que los valores superan los rangos mencionados anteriormente en las 5 estaciones de muestreo, lo que se traduce en un ambiente perturbado (Roldán, 1999).

Dentro del contexto de la calidad física del hábitat, se puede establecer que, es uno de los factores más importantes en la colonización o establecimiento de comunidades biológicas (macroinvertebrados) en ambientes lóticos. La vegetación ripariana y fauna bentónica que habitan en un sistema acuático, se encuentran influenciadas directamente por características físicas propias del cauce, como son: geomorfología, velocidad de la corriente, tiempo de retención y tipo de sustrato (Marqués<sub>(b)</sub> *et. al.*, 2001).

Desde este punto de vista, cobra relevancia la identificación de la vegetación ribereña presente en una cuenca hidrográfica.

Es así como, la vegetación nativa arbórea de la cuenca del estero Peu Peu, se encuentra representada en escasa cobertura por *Nothofagus dombeyi* y *Nothofagus obliqua*, mientras que la vegetación del tipo arbustiva está dominada principalmente por especies tales como: *Chusquea quila* (quila) y *Rubus ulmifolius* (Zarzamora), presentes en las 5 estaciones de muestreo. Esta situación se debe a la intensa presión de uso (agrícola y ganadero) que se realiza en la cuenca en general, encontrándose fuertemente intervenida por la acción antrópica, lo que se refleja en una vegetación nativa arbórea escasa y marginada por especies arbustivas.

Con respecto a la entrada de detritus foliar procedente de áreas riparianas, este ha sido reconocido como un componente importante en la energética de ecosistemas fluviales y como fuente de alimento de macroinvertebrados bentónicos (Valdovinos, 2001). El reemplazo de los componentes nativos por coníferas exóticas en áreas riparianas, es un

proceso que tiene un fuerte impacto sobre las características energéticas de las comunidades de macroinvertebrados en un sistema fluvial (Valdovinos, 2001).

Desde este punto de vista, es importante mencionar la presencia de grupos tróficos funcionales (tipo de alimentación) de macroinvertebrados, asociados a la disponibilidad de alimento que existe en cada una de las estaciones de muestreo. Las estaciones 1, 2 y 5 se encuentran en cauce más anchos, con mayor penetración de luz y menor profundidad, permitiendo el desarrollo de material autóctono (autotrofia), encontrándose grupos tróficos como filtradores (Physidae, Chilinidae) y raspadores (Leptophlebiidae). Los filtradores son organismos que abundan en cauces donde existe disponibilidad de partículas orgánicas finas, pero también pueden encontrarse en cauces más angostos donde existen partículas grandes de materia orgánica, mientras que los raspadores consumen partículas finas de materia orgánica (Décamps & Naiman 1991).

Con respecto a las estaciones 3 y 4 estas se presentan en un bosque en galería y debido a esto, reciben el aporte de gran cantidad de materia orgánica procedente de material alóctono, es decir la mayoría de sus recursos alimentarios proceden de medios exteriores (heterotrofia), favoreciendo el crecimiento de grupos funcionales del tipo filtrador (Simuliidae) y detritívoro (Tubificidae), los que consumen partículas grandes de materia orgánica, generando partículas más finas que derivan a la corriente o se acumulan en el fondo (Décamps & Naiman *op. cit* )

Dentro de este contexto los autores Cumming & Klug (1979), mencionan que la estructura y composición comunitaria del macrozoobentos se encuentra estrechamente

relacionada con las zonas ribereñas del río, en términos de ingreso de energía que determina los cambios en el balance entre la heterotrofia y autotrofia en el continuo longitudinal del río, lo cual genera dominancia de grupos de macroinvertebrados con relación a las fuentes de energía disponibles. Al respecto Malquist & Bronmark (1985), consideran que también la diversidad de alimento disponible para el macrozoobentos es de importancia, el cual es variable a lo largo del curso de agua y dependiente de factores físicos como la velocidad de la corriente. En este sentido, las cuencas que presentan una intensa actividad antrópicas, como es el caso del Estero Peu Peu, podrían verse afectados en la calidad de los alimentos requeridos por los eslabones tróficos de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos.

Con respecto a la biota acuática, identificada en la cuenca del Estero Peu Peu, ésta se encuentra constituida por 25 familias y once órdenes: Diptera, Ephemeroptera, Plecóptera, Trichoptera, Coleóptera, Megaloptera, Odonata, Decápoda, Amphipoda, Basommatophora y Prosopora. Las Familias más abundantes corresponden a: Chironomidae, Simuliidae, Leptophlebiidae y Tubificidae.

La alta densidad de Chironomidae en todas las estaciones de muestreo (1, 2, 3, 4 y 5) reflejaría una menor calidad del agua, que varía de Regular (1,2,4) a Relativamente mala (3 y 5), esto debido a que los quironómidos, aumentan en número en aquellos lugares que han sido afectados o estresados por el corte total del bosque, lo que se observa claramente en la estación 2 de muestreo, en donde la escasa vegetación nativa que existía fue talada durante la época de Verano. Por lo tanto, la gran abundancia de estos organismos, está siendo favorecida por la reducción del oxígeno disuelto y el aumento

de partículas en suspensión, las cuales se incrementan en corrientes de agua que tienen áreas ribereñas desprotegidas (Callisto *et. al.*, 1999).

La gran abundancia de la familia Simuliidae, principalmente en la estación 1, se relaciona con aguas muy oxigenadas y de corrientes fuertes o moderadas, asociadas con campos utilizados por el ganado, en donde se produce gran cantidad de partículas en suspensión. Esto último se explica por que las larvas de simúlidos se han especializado en la explotación de partículas en suspensión en el agua, para lo cual utilizan estructuras cefálicas y secreciones (Margalef, 1983). Es así como estos organismos, son importantes en el funcionamiento del ecosistema, puesto que remueven partículas finas que serían transportadas a lo largo del río, concentrándolas en forma de heces, dejándolas disponibles a otros grupos de organismos (Margalef *op. cit.*).

Los parámetros comunitarios diversidad y riqueza, registraron sus máximos valores en las épocas de primavera, verano e invierno; altos valores de diversidad se relacionan directamente con un buen balance en las comunidades y en las condiciones del hábitat (Barbour *et. al.*, 1999), reflejándose en las estimaciones de la calidad ecológica encontrada, la cual variaría de regular a relativamente mala.

Al respecto, Pinel – Alloul (1996) en Jara (2002), señala que aquellos sitios a lo largo de los ríos no alterados por la actividad antrópica, presentarían una abundante riqueza y diversidad taxonómica, principalmente de insectos de los órdenes Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera, sin embargo, en aquellos lugares donde si existe una importante actividad antrópica, presentarían una menor riqueza y diversidad taxonómica

y generalmente la comunidad quedaría representada por algunos dípteros, coleópteros, gusanos oligoquetos, moluscos, entre otros.

La utilización de índices bióticos, es uno de los más efectivos métodos para obtener información sobre la situación de calidad del agua de una cuenca hidrográfica en particular (Domínguez & Fernández 1998), y al ser aplicados al estero Peu Peu, se obtuvo que para los índices IBF y BMWP, las calidades ecológicas fueron semejantes, las cuales varían de Regular a Relativamente mala. Mientras que los índices bióticos EPT y BMWP' con respecto al IBF, presentaron variaciones en la estación 2, cuya calidad ecológica varía de Buena (BMWP', EPT) a Regular (IBF, BMWP). Esto se explicaría, por lo mencionado por Chaves *et. al.*, (2001), sobre el índice BMWP', el cual incorpora nuevas familias de macroinvertebrados que no se encontraban en el BMWP, existiendo modificaciones en algunas puntuaciones, por lo que generalmente los valores obtenidos de la aplicación del BMWP' suelen ser superiores a los de BMWP, aunque ambos tienen fuertes correlaciones.

Otro aspecto importante, es lo mencionado por Roldán (1999) del índice Biological Monitoring Working Party (BMWP) establecido en Inglaterra en 1970 y modificado por Armitage *et. al.*,(1983), el cual es un método simple de puntaje de tolerancia para algunas familias de macroinvertebrados bentónicos, requiriendo sólo datos cualitativos (presencia/ausencia), mientras que el IBF, considera la riqueza específica y la abundancia, presentando por ende una mayor sensibilidad para el análisis de la calidad del agua (Figuroa 1999)

La situación que registran las estaciones 3 y 4 de calidad Relativamente mala, se debe a que existe gran acumulación de materia orgánica, producto del material alóctono que llega al cauce por presentarse el río en galería, lo que favorece el crecimiento masivo de los grupos tolerantes a condiciones sépticas entre las cuales se encuentran familias tales como: Physidae, Chilinidae y Tubificidae (Zúñiga de Cardoso *et. al.*, 1993).

Con respecto al análisis de cluster (agrupación) para definir la similitud entre estaciones, se observa una mayor semejanza, ésta se presenta en las estaciones 2 y 5 en la época de verano (Figura 7) y la menor similitud se presenta en las estaciones 3 y 4 en la época de primavera (Figura 7). Por otro lado, la similitud entre familias, como se observa en la Figura 8, las estaciones son definidas por macroinvertebrados bentónicos, característicos de una calidad de agua regular a mala como son las taxa: Chilinidae, Aeglidae, Tubificidae y Physidae, las que aumentan su abundancia en condiciones estresadas, especialmente donde existe alta depositación de materia orgánica. Las familias que se observan características de aguas limpias son: Hydropsychidae, Leptoceridae y Baetidae, siendo menos tolerantes a la contaminación orgánica. Por último las taxas Gripopterygidae, Leptophlebiidae, Ecnomidae, Athericidae y Blephariceridae caracterizan ambientes de calidad buena, las cuales poseen requerimientos de aguas oxigenadas y frías.

Esto coincide plenamente con lo descrito por Rosemberg & Resh (1993) respecto a que la distribución de insectos se presenta en forma de parches y que su permanencia en el sustrato depende del ciclo de vida de la especie o taxón que observemos y que se ve modificado por las actividades antrópicas.

El análisis de agrupación (Figura 10) de los índices bióticos aplicados en este estudio, muestra claramente una similitud sobre el 70 %, sólo los índices BMWP y BMWP' presentan una similitud del 82 %, debido a que estos últimos, consideran únicamente presencia /ausencia de familia. (Roldán, 1999)

El análisis de correlación entre variables físico químicas y los puntajes obtenidos de los índices IBF, EPT, BMWP, BMWP', CA, presentan una correlación de moderada a buena ( $p < 0.05$ ,  $r^2 = 0.40$  a  $0.60$ ) con parámetros tales como: oxígeno disuelto, pH conductividad y sólidos totales disueltos, las cuales son variables estrechamente relacionadas a actividades agrícolas y ganaderas como lo menciona Figueroa *et. al.*, (2003), y que en el caso del Estero Peu Peu, el 95% de la superficie de la cuenca está dedicada a la agricultura.

Según Marqués<sub>(a)</sub> *et. al.*, (2001) ríos diferentes poseen hábitat similares que pueden también presentar comunidades bentónicas semejantes, esto hace posible la comparación de lo analizado en este estudio con otras cuencas del sur de Chile como son la cuenca del río Damas (X Región), cuenca del río Chillán (VIII Región) y cuenca del río Traiguén (IX Región). El Índice Biótico de Familia (Hilsenhoff 1988) aplicado en la cuenca del río Damas (X Región) presentó en la cabecera de la cuenca valores entre 3.3 y 6.0, lo que corresponde a la clase (I) Muy Buena a clase (IV) Regular, en contraste al cierre de la cuenca en donde los valores fluctuaron entre 7.5 y 11.2, correspondiendo a la clase (V) de calidad Muy Mala (Figueroa *et al.* 2003). Según Parra *et. al.*,(1999), la cuenca hidrográfica del río Damas, presenta una intensa actividad agrícola y ganadera en un 78.2% de su superficie, en donde el aporte difuso de nutrientes es el principal factor que

afecta la calidad del agua en los sectores medios de la cuenca, adquiriendo las fuentes puntuales mayor relevancia en el curso inferior (descargas de purines de lecherías, agroindustrias y domésticas). Por tanto los fertilizantes de fósforo y nitrógeno empleados en las praderas artificiales con fines ganaderos, serían los principales factores del empobrecimiento de la macrofauna bentónica a lo largo de la cuenca y por ende de la calidad del agua. (Figueroa et. al 2003)

Los muestreos realizados en la cuenca del río Chillán, en donde al igual que la cuenca del río Damas, se aplicó el IBF, indican que ésta presenta una calidad de Regular a Mala, excepto la estación 1, que estuvo en una condición de Regular a Muy Buena, el resto de las estaciones fueron de Regular a Mala, mientras que las estaciones más bajas de la cuenca estuvieron clasificadas como de Muy Mala calidad (EULA 2002). El uso de suelo de la cuenca del río Chillán es mayoritariamente agrícola, ocupando el 34.4% del área total, en donde la pérdida o disminución de la calidad del agua se debe al aporte de contaminación difusa, generalmente contaminantes no biodegradables (herbicidas, fertilizantes, insecticidas) utilizados en los cultivos principalmente de cereales y cultivos industriales. Esta situación evidencia claramente(al igual que en el caso anterior) que la macrofauna bentónica indica que el sistema fluvial se encuentra fuertemente alterado y requiere planes de manejo para optimizar su uso, manteniendo la calidad de sus aguas para la vida acuática natural del sistema, el cual aseguraría que el recurso pueda seguir siendo utilizado en el tiempo (EULA *op.cit.*).

La cuenca del río Traiguén (IX Región) presenta en la parte alta y media, una calidad de agua Muy Buena con valores que fluctúan entre 3.1 y 3.5 correspondiendo a la clase (I), mientras que en la parte baja de la cuenca, los valores se encuentran entre 4.4 y 4.9,

correspondiendo a la clase (II) Buena y clase (III) Regular respectivamente. Esta cuenca presenta la mayor ocupación de su superficie en uso agrícola alcanzando el 50.05% del área total; en donde existe gran aporte de contaminación puntual (purines a los cauces) y difusa (pesticidas en la agricultura y forestal). A pesar de la aplicación de pesticidas en la cuenca, las concentraciones de éstos no afectan la diversidad y riqueza de los macroinvertebrados bentónicos (situación diferente a lo observado en las cuencas mencionadas anteriormente), puesto que la calidad del agua de acuerdo al IBF, se encuentra en buenas condiciones tanto en el aspecto biológico como físico químico (Weisser 2003).

En la cuenca del estero Peu Peu (IX Región), la situación registrada fue diferente, la parte alta de la cuenca obtuvo calidad de Regular (E 4) y Relativamente mala (E3, E5), mientras que en la parte media presenta una calidad Regular (E 2), por último la parte baja de la cuenca (E1) obtuvo la condición de Regular (Figura 9). Estos resultados se relacionan estrechamente con el uso del suelo de la cuenca, el que corresponde principalmente a agrícola, ocupando alrededor del 95% de la superficie total; en donde al igual que las cuencas hidrográficas del río Damas (X Región) y río Chillán (VIII Región), los principales factores que afectan la calidad del agua es el aporte contaminantes difusos (agroquímicos utilizados en cultivos agrícolas y forestales) y puntuales (purines de cerdos) que llegan al cauce, provocando el empobrecimiento de la calidad del agua. Por lo tanto, los resultados obtenidos en este estudio hacen posible la comparación entre cuencas hidrográficas, ya que el IBF (Hilsenhoff 1988) es un buen indicador de la calidad del agua, dada su simplicidad en la estimación, debido a su bajo nivel de resolución taxonómica (familia) y a su adecuada correlación con estresores antropogénicos como son la contaminación química y modificación del hábitat

(Figueroa *et. al.*,2003). Sin embargo, la aplicación de este índice a un nivel taxonómico superior de Familia, ha sido cuestionado por algunos autores (Callisto *et. al.*, 1999, Mercado (b)2003) los cuales postulan la necesidad de aplicar el IBF a nivel de especie, debido a que a este nivel se puede obtener una mayor información, como resultado de estudios en las poblaciones individuales como por ejemplo: preferencias de hábitat y características del ciclo de vida.

Otro aspecto relevante es lo mencionado por Callisto *op.cit*, el cual señala que dentro de un nivel taxonómico superior como familia, pueden existir distintos valores de tolerancia, evidenciando la necesidad de impedir las generalizaciones de tomar una familia completa como indicadora de una calidad específica.

Aún cuando, existen argumentos fundados de trabajar a nivel de especie, el uso de niveles superiores se justifica desde el punto de vista que proveen una alarma temprana de problemas potenciales o cambios en el bentos, permitiendo detectar eventualidades de contaminación mayor que tienen un dramático efecto sobre las comunidades bentónicas. Además al trabajar a una categoría superior (ej: familia), se reduce la complejidad taxonómica, al no requerir claves específicas para la identificación de los insectos, ni el apoyo de expertos en la materia, disminuyendo el costo en términos de tiempo y dinero.

Por lo tanto, se puede utilizar un índice biótico a un nivel taxonómico superior como familia, basado en que su aplicación es sencilla, rápida y de bajo costo, permitiendo evaluar la calidad del agua en un período corto de tiempo.

## **6. CONCLUSIONES.**

1. Los parámetros físico químicos y microbiológicos analizados en la cuenca del estero Peu Peu reflejan una calidad del agua Buena de acuerdo a los rangos establecidos en la Norma Secundaria de calidad ambiental para la protección de las Aguas Continentales.
2. La comunidad de macroinvertebrados del estero Peu Peu está constituida por 11 órdenes, distribuidos en 25 familias, siendo los insectos el grupo más representativo, con un total de 7 órdenes en la totalidad de la cuenca.
3. El análisis de los parámetros comunitarios (diversidad y riqueza), indican que las estaciones de muestreo 3 y 4 presentan una menor diversidad y riqueza, lo que refleja la calidad ecológica que varía de Regular (4) a Relativamente mala (3).
4. La vegetación ripariana se encuentra dominada principalmente por especies de tipo arbustivo como *Chusquea quila* (quila), que alcanza coberturas de un 45%, mientras que la vegetación arbórea nativa está representada por las especies *Nothofagus obliqua* (roble) y *Nothofagus dombeyi* (coihue) con coberturas menores entre 5 y 20%.

5. El análisis de correlación entre los índices (bióticos y de calidad de agua) y los parámetros físico químicos microbiológicos, evidencian una relación de moderada a buena, con un valor de correlación del 0.60 entre el índice EPT y el parámetro alcalinidad.
6. El uso del suelo de la cuenca del Estero Peu Peu es principalmente agrícola, encontrándose fuertemente intervenida por la acción antrópica, lo que se refleja en una calidad ecológica que varía de Regular (E1,E2, E4) a Relativamente mala (E3, E5) .
7. La utilización del Índice Biótico de Familia (IBF) es un método aplicable, debido a que, es un buen indicador de la calidad del agua, dada la simplicidad por el nivel taxonómico requerido (familia), y por el ahorro técnico en términos de tiempo (identificación de insectos) y costo. Además permite comparar cuencas hidrográficas con uso de suelo semejantes.
8. Se recomienda, que estudios futuros apunten a establecer valores de tolerancia de macroinvertebrados bentónicos a nivel de especie, como una manera de evitar problemas de pérdida de información al trabajar con categorías superiores.

## **6 BIBLIOGRAFIA.**

Arenas, J (1993): Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad del agua del río Bío Bío, Chile. Tesis de Doctorado de la Facultad de Ciencias, Universidad de Concepción. 116 pp.

Armitage, P, D Noss, F Wright & M Furse (1983): The performance of a new biological water quality score system based on a macroinvertebrates over a range of unpolluted running water sites. *Water Research* 17: 333 – 347.

Barbour, M, D Snyder, B Stribling (1999): Revision to rapid Bioassessment Protocols for use in stream and rivers periphyton, Benthic Macroinvertebrates, Benthic Macroinvertebrates, BMI and fish. EPA 841-D-97-002. US. Environmental Protection Agency. Washington DC.

Branco S (1984): Limnología Sanitaria, estudio de la contaminación de las aguas continentales. Editorial Secretaría general de la organización de los estados americanos. 120 pp

Bray J & J Curtis (1975): An Ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs* 27: 325-349.

Callisto M, M Moreno & F Barbosa (1999): Hábitat Diversity and Benthic Functional Trophic Groups at Serra Do Cipó Southeast Brazil. *Biología Brasil*,61(2): 259- 266.

Macroinvertebrados Bentónicos como Bioindicadores de Calidad de agua en la Cuenca del estero Peu Peu

Carrera, C & K Fierro (2001): Manual de monitoreo. Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. Editorial Eco Ciencia. Quito, Ecuador. 67 pp.

Cummig K & J Klug (1979): Feeding ecology of stream invertebrates. Annual Review Ecology and Systemic.

Chaves M, Chainho M, P Almeida, M Domingos & J Costa (2001): Avaliacao da qualidade da agua com recurso a caracterizacao de comunidades biológicas nas bacias Do Vouga, Mondengo E Lis. Instituto de Oceanografía. Facultad de Ciencias da Universidade de Lisboa. 1- 12.

Chutter F (1972): An empirical biotic index of the quality of water in South African streams and rivers. Water Research 6: 19- 30.

Décamps H & R Naiman (1991): La ecología de los ríos. Revista el Mundo Científico 9: 470-479.

Donoso T, J Nuñez & J Barra (2000): Calidad físico química del agua del río Damas, Osorno, Chile. Revista Medio Ambiente: 13 (2): 97 – 119.

Domínguez E & H Fernández (1998): Calidad de los ríos de la Cuenca del Salí (Tucumán Argentina) medida por un índice biótico. 38 pp.

Macroinvertebrados Bentónicos como Bioindicadores de Calidad de agua en la Cuenca del estero Peu Peu

Domínguez E & H Fernández (2001): Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos Sudamericanos. Universidad Nacional de Tucumán. Facultad de Ciencias Naturales. Instituto M. Lillo. 237 pp.

EULA (2002): Desarrollo de una Metodología para la evaluación y mitigación de la contaminación de aguas y suelos: aplicación a la cuenca del Río Chillán. Servicio Agrícola y Ganadero. 114 pp.

Figueroa, R.(1999): Macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos de calidad de agua, Río Damas, Osorno, X Región de los Lagos, Chile. Tesis para optar al Magister en Ciencias mención en Zoología. 105 pp.

Figueroa R; C Valdovinos; E Araya & O Parra (2003): Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del Sur de Chile. Revista Chilena de Historia Natural, 76: 275 –285.

Hauer, E. Lamberti (1996): Fresh water Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates Chapman & Hall New York.

Hawkes, H (1979): Invertebrates as indicators of Rivers Quality.Cap 2: 1- 41. In: A. James y L Evison (ediciones). Biological indicators of Water Quality. 397 pp.

Hellawel, J (1989): Biological indicators of Freswater Pollution and Enviromental Management. Elsevier Applied Sciencie.New York, 546 pp.

Macroinvertebrados Bentónicos como Bioindicadores de Calidad de agua en la Cuenca del estero Peu Peu

Hilsenhoff W (1988): Rapid field assesment of organic pollution with a family level biotic index. Journal of the North American Benthological Society 7: 65- 68.

Illies, J & L Botosaneanu (1963): Problemes et methodes de la classification de la zonation écologique des eaux courantes, considerees surtat du point de we faunistique. Limnologie. 12: 1- 57.

Jara, C (2002): Evaluación de la existencia de insectos bioindicadores de la calidad del agua en zonas ritrónicas y potámicas de tres ríos de la zona semiárida de Chile. Memoria de título entregada a la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile, para optar al Título Profesional de Biología mención en Medio Ambiente. 30 pp.

Malquist B & C Bronmark (1985): Reversed trends in the benthic community structure in two confluent stream; one spring fed, the other lake- fed. Hydrology 124: 65 –71.

Margalef R (1983): Limnología. Ediciones Omega, Barcelona. 954 pp.

Marqués <sup>(a)</sup> M; E Martínez; J Rovira (2001): Los macroinvertebrados como índices de evaluación rápida de ecosistemas acuáticos contaminados por metales pesados .Departamento Inter. Universitario de ecología, facultad de ciencias biológicas, Universidad de Madrid España.1: 1- 8.

Marques <sup>(b)</sup> M, F Barbosa & M Callisto (2001): Distribution and Abundance of Chironomidae (Diptera, Insecta) in an Impacted Watershed in South East Brazil. *Biología Brazil*, 59 (4): 553 – 561.

Mercado<sup>(a)</sup>M (2003): Valores de tolerancia de macroinvertebrados bentónicos para la determinación del Índice Biótico de Familia (IBF), basado en literatura existente y experiencia de expertos. Instituto de Zoología, Universidad Austral de Chile.

Mercado<sup>(a)</sup>M (2003): Documento técnico de Consideraciones taxonómicas. Instituto de Zoología, Universidad Austral de Chile.

Minshall, R Sedell, E Cushing (1985): Stream ecosystem theory: a global perspective. *J. N. Am. Benthol Society*. 7: 263 – 288.

Neumann <sup>(a)</sup> M; M Liess; S Ralf (2003): An expert system to estimate the pesticide contamination of small streams using benthic macroinvertebrates as bioindicators .Parte 1. The database of LIMPACT.Ecological indicators.2: 379- 389.

Neumann <sup>(b)</sup> M; M Liess; S Ralf (2003): An expert system to estimate the pesticide contamination of small streams using benthic macroinvertebrates as bioindicators. Knowledge base of LIMPACT.Ecological indicators 2: 391 – 401.

Parra O, C Valdovinos, H Campos, R Figueroa, P Debels & C Zaror (1999): Diagnostico de la calidad del río Damas, X Región, lineamientos para un plan de prevención y/o

Macroinvertebrados Bentónicos como Bioindicadores de Calidad de agua en la Cuenca del estero Peu Peu

descontaminación. Informe final, Centro EULA – Chile, Universidad de Concepción 1: 1- 286.

Prat N (1998): Bioindicadores de calidad de agua, Universidad de Artioquia, Medellín. 107 pp.

Prat M (2001): Criterios de Evaluación de la calidad del agua en lagos y embalses basados en los Macroinvertebrados Bentónicos. Departamento de Ecología, Universidad de Barcelona. 16 pp.

Prat N, A Munné, M Rieradevall, C Solá, N Bonada (2001): ECOBILL. Un protocolo para determinar el estado ecológico de los ríos mediterráneos. Departamento de Ecología. Universidad de Barcelona. 30 pp.

Roldán G (1999): Los Macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias exactas, físicas, y naturales, volumen 23(88): 375-387.

Rosemberg D & V Resh (1993): Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrate. Publicación N° 420- (13): 330-354.

Strobbe. M (1973): Orígenes y control de la contaminación ambiental. Compañía Editorial Continental. S.A; 483 pp.

Macroinvertebrados Bentónicos como Bioindicadores de Calidad de agua en la Cuenca del estero Peu Peu

USEPA<sub>(a)</sub>(2003): Bioassessment and Biocriterio.

<[Http://www.epa.gov/waterscience/biocriteria/glossary.html](http://www.epa.gov/waterscience/biocriteria/glossary.html).

USEPA<sub>(b)</sub>(2003): Bioassessment and Biocriterio.

< [Http://www.epa.gov/ost/biocriteria/basics.html](http://www.epa.gov/ost/biocriteria/basics.html).

Valdovinos C, J Stuardo, J Arenas (1993): Estructura comunitaria del Macrozoobentos de la zona de transición Epiritrón – Hipo Epiritrón del río Bío Bío. Monografías científicas. EULA.12: 217- 247.

Valdovinos C (2001): Riparian Letter processing by benthicmacroinvertebrates in a woodland stream of central Chile. Revista Chilena de Historia Natural. (74): 445 – 453.

Vannote R; G Minshall, K Cummins, R Sedell &C Cushing (1980): The River Continuum concept. Fish Aquatic Science. (37): 130- 137.

Villalobos M (2001): Calidad de las aguas de los ríos de Navarra. 13 pp.

Weisser K (2003): Evaluación de la calidad del agua utilizando Bioindicadores en la Subcuenca del río Traiguén. Tesis presentada a la Facultad de Ciencias de la Universidad Católica de Temuco para optar al Grado de Licenciado en Recursos Naturales. 109 pp.

Macroinvertebrados Bentónicos como Bioindicadores de Calidad de agua en la Cuenca del estero Peu Peu

Zamora A C Muñoz; A Terecedor (1996): Bioassessment of organically polluted Spanish Rivers, using a Biotic Index and multivariate methods .I.N.AM.-Benthol Soc.15(3): 332-352.

Zúñiga de Cardoso M; A Rozas; G Caicedo (1993): Indicadores ambientales de calidad de agua en la Cuenca del río Cauca. Asociación de Ingenieros Sanitarios de Antioquia Medellín. 2: 17-28.

Zúñiga M (1999): Sistema de bajo costo para medir calidad de fuentes hídricas, Centinelas bajo el agua. Departamento de Biología animal y Ecología. Universidad de Granada.<http://www.accfyn.org.co/publica/periódicas.htm>.

Zúñiga de Cardoso M (2001): Los insectos como bioindicadores de calidad de agua. Universidad del valle. Departamento de Procesos químicos y Biológicos. Colombia. 22 pp

## **7. ANEXOS**

## ANEXO 1. Caudales

**Tabla I.** Caudales medios (m<sup>3</sup>/s) en período 2002- 2003

Epocas	E1	E2	E3	E4	E5	Promedio
Primavera(2002)	(*) <sub>1</sub>	4,5	0	0	0,9	2,7
Verano(2003)	0,4	0,34	(*)	0	0,11	0,28
Otoño(2003)	0,54	0,4	(*)	0,34	0,28	0,39
Invierno(2003)	2,5	2,4	0,1	1,1	0,5	1,32

(\*) cauce en período de sequía.

(\*)<sub>1</sub> no se midió caudal

## ANEXO 2. Pluviometría

**Tabla II:** Pluviometría media mensual (mm) en período 2000-2001.

Años	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2000		93	34,2	75	116,5	108,9	31,3	34	18,4	4,9	37,5	5,5
2001	4,2	0	5,9	30,5	36,7	67,3	37,9	12,6	2,8	9,8	17,2	2
2002	0	3	15,5	31,5	38	149	237	216	133	308	45	33
2003	8	12	14	26								
Media mes (2003)	4,1	27	17,4	40,8	63,7	108,4	102,1	87,5	51,4	107,6	33,2	13,5
Máxima	8	93	34,2	75	116,5	149	237	216	133	308	45	33
Mínima	0	0	5,9	26	36,7	67,3	31,3	12,6	2,8	4,9	17,2	2

### ANEXO 3. Temperatura.

**Tabla III:** Temperaturas medias mensuales (°C) 2001-2003

Años	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>2000</b>		13,1	11,7	10,4	9,3	8,4	7,3	8,4	8,5	10,8	12,7	12,4
<b>2001</b>	16,1	14,9	13,6	11,5	10,4	8,6	8,3	9,2	10,2	12,5	13,2	15,7
<b>2002</b>	17,2	18	13,8	11,6	9,7	7,4	7,6	9,3	9,6	11,1	12,6	15,8
<b>2003</b>	16,8	16,3	14,4	12								
<b>Media mes (2003)</b>	16,7	15,6	13,4	11,4	9,8	8,1	7,7	9	9,4	11,5	12,8	14,6
<b>Máxima</b>	17,2	18	14,4	12	10,4	8,6	8,3	9,3	10,2	12,5	13,2	15,8
<b>Mínima</b>	16,1	13,1	11,7	10,4	9,3	7,4	7,3	8,4	8,5	10,8	12,6	12,4

Macroinvertebrados Bentónicos como Bioindicadores de Calidad de agua en la Cuenca del estero Peu Peu