



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES

**DEPARTAMENTO DE MANEJO DE RECURSOS
FORESTALES**

**CALIDAD DE LAS AGUAS DEL RÍO ITATA USANDO
BIOINDICADORES, PREVIO A LA PUESTA EN MARCHA
DEL COMPLEJO FORESTAL INDUSTRIAL NUEVA
ALDEA**

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero Forestal

MARÍA FERNANDA HURTADO ROA
Profesora Guía: Matilde López M.

Santiago, Chile

2008



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO DE MANEJO DE RECURSOS
FORESTALES

CALIDAD DE LAS AGUAS DEL RÍO ITATA USANDO
BIOINDICADORES, PREVIO A LA PUESTA EN MARCHA
DEL COMPLEJO FORESTAL INDUSTRIAL NUEVA
ALDEA

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero Forestal

MARÍA FERNANDA HURTADO ROA

Calificaciones:	Nota	Firma
Prof. Guía Sra. Matilde López Muñoz	7.0
Prof. Consejero Sra. Carmen Luz de la Maza A.	7.0
Prof. Consejero Sra. Laura Huaquin Mora	7.0

ÍNDICE

RESUMEN

ABSTRACT

RESUMEN.....5

ABSTRACT.....5

1. INTRODUCCIÓN.....5

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....7

2.1 Bioindicadores.....7

2.1.1 Productores primarios como bioindicadores.....7

2.1.2 Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores.....8

2.1.3 Índice BMWP.....10

2.1.4 Índice ChBMWP.....11

2.1.5 Peces como bioindicadores.....13

2.1.6 Modelo SCAF.....13

2.2 Descripción del medio.....14

2.2.1 Descripción de la Cuenca del río Itata.....14

2.2.2 Biodiversidad del Área.....15

2.2.3 Paisaje y recreación.....18

2.2.4 Entorno económico y social.....20

2.3 Industria de Pulpa y Papel.....21

2.3.1 Proceso productivo Kraft.....21

2.3.2 Complejo Forestal Nueva Aldea.....21

2.3.3 Emisario submarino.....23

3. MATERIALES Y MÉTODO.....24

3.1 Materiales.....24

3.2 Metodología.....24

3.2.1 Metodología usada para las variables abióticas.....24

3.2.2 Metodología usada para las variables bióticas.....28

4. RESULTADOS.....33

4.1 Descripción física de las estaciones de muestreo.....34

4.2 Calidad según datos bióticos.....35

4.3 Calidad según datos abióticos.....46

5. DISCUSIÓN.....	50
6. CONCLUSIONES	56
7. BIBLIOGRAFIA.....	58
ANEXOS.....	62
APÉNDICES	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa Calidad ambiental para cada estación de muestreo según el índice ChBMWP	36
Figura 2: Mapa Calidad ambiental para cada estación de muestreo según los bioindicadores	40
Figura 3: Mapa Calidad de las aguas del río Itata para cada estación de muestreo según los parámetros físico-químicos	44

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Listado de familias de macroinvertebrados bentónicos según su tolerancia a la contaminación	6
Cuadro 2: Valores de tolerancia para macroinvertebrados bentónicos dulceacuícolas para ríos mediterráneos de Chile	8
Cuadro 3: Clase ambiental asignada al combinar índices de diversidad con índices bióticos. Características, usos potenciales y color	10

Cuadro 4: Peces y su estado de conservación en la cuenca del río Itata	13
Cuadro 5: Insectos acuáticos en la cuenca del río Itata	14
Cuadro 6: CFI Nueva Aldea	18
Cuadro 7: Requisitos generales de aguas destinadas a vida acuática	21
Cuadro 8: Categoría fluvial acorde al <i>pH</i>	22
Cuadro 9: Categoría fluvial acorde a la <i>conductividad eléctrica</i>	23
Cuadro 10: Transformación a cinco clases de calidad para el índice utilizado, su relación con las características ambientales y el color para su representación cartográfica	26
Cuadro 11: Clase ambiental según características, usos potenciales y color	27
Cuadro 12: Resumen de variables	28
Cuadro 13: Descripción física de las estaciones de muestreo	30
Cuadro 14: Resumen de los individuos contabilizados para cada estación de muestreo, según la Clase a la que corresponden	31
Cuadro 15: Microalgas. Lista de especies colectadas para cada estación, sus valores de abundancia relativa (<i>Ar</i>), riqueza y diversidad	32
Cuadro 16: Resumen de la composición específica e índice ChBMWP del macrozoobentos encontrado, para cada una de las estaciones de muestreo	34
Cuadro 17: Calidad ambiental y color asociado para cada estación de muestreo según el índice ASPT	35

Cuadro 18: Composición específica y estado de conservación de la fauna íctica capturada en el río Itata, antes de la puesta en marcha del CFI Nueva Aldea	37
Cuadro 19: Valores de calidad ambiental para cada estación muestreada y su promedio	38
Cuadro 20: Calidad ambiental promedio según los tres niveles tróficos utilizados como bioindicadores	39
Cuadro 21: Valores abióticos correspondientes a cada estación de muestreo	41
Cuadro 22: Valores de Oxígeno disuelto y su fecha de muestreo correspondientes a cada estación de muestreo	42
Cuadro 23: Matriz para asignar puntaje a las estaciones según su productividad piscícola (<i>PPi</i>) y su producción primaria (<i>PPr</i>)	43
Cuadro 24: Puntaje obtenido para cada estación, su característica ambiental y su color asociado para la cartografía	43
Cuadro 25: Abundancia y diversidad de especies de insectos acuáticos encontrados en cinco hábitats (caracterizado principalmente por su sustrato) en un río de Quebec. Valores anuales acumulados	49

RESUMEN

Se analizaron tres niveles de la trama trófica del río Itata, éstos fueron, microproductores primarios (algas) y consumidores (macroinvertebrados bentónicos e individuos ícticos). Para este análisis se usaron dos índices de diversidad y un índice biótico, con los cuales se determinó la calidad de las aguas del río Itata. Además para apoyar estos resultados se comparó con parámetros físico-químicos disponibles por la Dirección General de Aguas (DGA).

El resultado de este estudio señala que en general la calidad del agua del río es **regular**; ésta baja a niveles **malos** en las áreas donde se concentra la mayor cantidad de habitantes, correspondiente a las comunas de Ranquil y Coelemu. La zona de la desembocadura presenta las mejores condiciones ambientales (**buena**) en los índices para macroinvertebrados bentónicos y fauna íctica, además esta zona costera alberga en el periodo de estiaje a un gran número de aves migratoria que llegan desde el hemisferio norte. Siendo esta área la más valiosa en términos de biodiversidad y paisaje, se propone su protección por parte del Estado o alguna entidad privada.

Este estudio confirma que el uso de bioindicadores de calidad de aguas es muy útil, ya que es de fácil aplicabilidad y muy económico, además los resultados son corroborados por el análisis de parámetros físico-químicos. Por tal motivo se propone integrar el uso de bioindicadores al uso tradicional de medición y fiscalización de los recursos hídricos de este país.

ABSTRACT

Three levels of the plot trophic Itata river were analyzed; they were primary microproducers (algae) and consumers (benthic macroinvertebrates and fishes). For this analysis were used two diversity indexes and one biotic index, which determined the quality of the river Itata. In addition to supporting these results were compared with physical-chemical parameters available by the *Dirección General de Aguas* (DGA).

The result of this study points out that in general the water quality of Itata river is **moderate**; it decrease to **bad** levels in the areas where are concentrated the largest number of habitants, corresponding to the communes of Ranquil and Coelemu. The area of the mouth shows the **best** environmental conditions in the levels of benthic macroinvertebrates and fish fauna, besides to this coastal area is home during the season of a large number of migratory birds arriving from the northern hemisphere. This area being the most valuable in terms of biodiversity and landscape, is proposed for protection by the state or any private entity.

This study confirms that the use of water quality bio-indicators is very useful, because it is very inexpensive and easy applicability, as well the results are confirmed by the analysis of physical and chemical parameters. For this reason it is proposed to integrate the use of biomarkers to the traditional use of measurement and control of water resources of this country.

1. INTRODUCCIÓN

La industria forestal ha experimentado un continuo crecimiento en las últimas décadas, constituyéndose en pilar fundamental para la economía de diversos países. Chile no escapa de esa realidad, ocupando dicha actividad el tercer lugar en la participación del PGB nacional (Silva, 2006).

Muchos de los procesos asociados involucran impactos negativos al medioambiente, en particular, las industrias de celulosa y papel ocupan el primer lugar de impacto, generado en las distintas etapas de su proceso productivo (Silva, 2006).

Para la producción de celulosa y papel se realizan diferentes procesos que provocan contaminación de suelos, aguas, napas subterráneas; uno de los cuales corresponde al tratamiento químico específico denominado Kraft o al sulfato, el cual genera vertidos de residuos industriales líquidos (RILES), que son expulsados hacia los ríos o el mar. Estos RILES impactan la calidad del agua que los recibe.

Ubicado en la ribera del río Itata, en la región del Bio-Bio, se encuentra el Complejo Forestal Industrial Nueva Aldea (CIF Nueva Aldea) perteneciente a la empresa Arauco-Constitución S.A. Dicho complejo cuenta con una planta de celulosa la cual comenzó a funcionar en agosto del año 2006 y desde entonces vierte RILES a las aguas del río Itata.

Las descargas de RILES en el río Itata provocarán un impacto negativo aguas abajo de la planta industrial; por tal motivo surge la inquietud del efecto que provoquen dichas descargas en la calidad de las aguas del río Itata, las cuales son utilizadas tanto para uso domiciliario como para uso agrícola por los habitantes de sus riberas y además se desarrollan actividades pesqueras en la zona que se verá influenciada.

El objetivo general del presente estudio es evaluar la calidad de las aguas del río Itata previo a la puesta en marcha de la planta de celulosa del CIF Nueva Aldea, utilizando como indicadores de calidad a ejemplares biológicos de tres niveles tróficos del

ecosistema del río. Estos son: microalgas acuáticas, macroinvertebrados bentónicos y peces.

Los objetivos generales son:

- Analizar en forma teórica y práctica la fauna íctica capturada entre el Salto Cholguán y la desembocadura del río Itata. Entre las localidades de Cholguán y Boca Itata.
- Analizar y medir parámetros físico-químicos de las aguas, fitobentos y comunidades de macroinvertebrados bentónicos que entreguen información acerca de la calidad de las aguas del río Itata.
- Comparar los resultados de las muestras bióticas con los datos físico-químicos para cada estación de muestreo.

El muestreo de datos se realizó en siete estaciones a lo largo del río Itata, entre la localidad de Cholguán y la localidad de Boca Itata, entre los meses de diciembre de 2005 y febrero de 2006.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Bioindicadores

El concepto de organismo indicador se refiere a especies seleccionadas por su sensibilidad o tolerancia a varios parámetros. Odum (1973: p. 331), define a los organismos indicadores como la presencia de una especie en particular, que demuestra la existencia de ciertas condiciones en el medio, mientras que su ausencia es la consecuencia de la alteración de tales condiciones.

El uso de bioindicadores se propone como una nueva herramienta para conocer la calidad del agua, ésto no quiere decir que desplace al método tradicional de los análisis físico-químicos. Su uso simplifica en gran medida las actividades de campo y laboratorio, ya que su aplicación sólo requiere de la identificación y cuantificación de los organismos (Vázquez *et al*, 2006).

Algunos organismos tienen un intervalo muy amplio de tolerancia hacia las condiciones ambientales que se presentan en el hábitat, dependiendo en gran medida del grado de contaminación en el sitio (Whitton, 1975). Basado en este concepto, el empleo de bioindicadores es una técnica ecológica que se sustenta en la medición de la diversidad y presencia o ausencia de organismos específicos (De la Lanza *et al*, 2000).

2.1.1 Productores primarios como bioindicadores

Los productores primarios (fitoplacton y fitobentos) son capaces de caracterizar la calidad del agua en una amplia escala de tiempo y espacio, siendo mejores que los factores químicos, dado que éstos últimos son una visión instantánea de la calidad (Whitton, 1975; Meybeck, 1990).

El fitobentos, la comunidad de algas que crece en sustratos naturales o artificiales, presenta una exposición mayor a la contaminación acuática (Kolwitz & Marsson, 1908), por ésto es utilizado para medir diferentes grados de contaminación de un ambiente, particularmente las Diatomeas, las cuales son usadas como organismos de monitoreo en

la mayoría de los países de Europa y USA para evaluar la calidad de las aguas, ya que el monitoreo presenta muy bajo costo, es simple y rápido. Además son altamente sensitivas, otorgan información asociada a la cantidad de material orgánico, *ph*, alcalinidad, tipo de sustrato, entre otros (Allan, 1995). Por otro lado las algas que constituyen la clase de las Cyanophyceae se encuentran en casi todos los ambientes, incluyendo el suelo, aguas continentales y marinas. La mayoría de los géneros y especies son de distribución cosmopolita. En los cuerpos de aguas continentales constituye un grupo altamente exitoso y ampliamente distribuido.

Para analizar los organismos recolectados en este trabajo, se utilizó el Índice de Diversidad de Simpson (D), el cual indica la relación que se establece entre la cantidad de especies y la abundancia relativa (Ar) que ellas presentan en la comunidad:

Índice de Diversidad de Simpson, $D = 1/\sum(Ar)^2$

2.1.2 Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores

Este grupo de individuos se desarrolla en sistemas límnicos, en los fondos de éstos. Muchos de estos organismos son bioacumuladores de sustancias, en general son sedentarios, por lo que ayudan a detectar la localización de fuentes contaminantes, y algunos tienen ciclos de vida relativamente largos (años) lo cual aporta una facilidad para examinar cambios temporales (Arenas, 1993). Con base en los macroinvertebrados presentes se podrá determinar la calidad de un cuerpo de agua.

Según Arenas (1993), los cambios físicos y químicos que resultan de las descargas orgánicas son mayormente predecibles. Como en muchos ambientes estresados, se distinguen dos tendencias interrelacionadas cuando aumenta la carga orgánica:

1. Reducción de la diversidad de macroinvertebrados bentónicos de aguas limpias. Muchas especies están representadas por pocos individuos. En contraste, en condiciones de contaminación severa, pocas especies están representadas por un número muy grande de individuos. Estas especies tolerantes a la contaminación, son capaces de explotar la mayor oferta de alimento.

2. Progresiva disminución de especies indicadoras particulares. Bajo fuertes descargas orgánicas, las cuales reducen los niveles de oxígeno disuelto a casi cero, los macroinvertebrados bentónicos que se podrán encontrar consisten exclusivamente de Tubificidae.

Existen individuos que por su sola presencia demuestran la calidad de un ambiente en particular, entre los cuales se encuentran individuos de la clase *insecta* como:

- Orden Ephemeroptera: Estos macroinvertebrados bentónicos son intolerantes a situaciones de contaminación. En los cursos de agua que permanezcan incontaminados por materias orgánicas o elementos químicos, la fauna ephemeropterológica permanecerá inalterada (Camousseight, 2006).
- Orden Plecoptera: Este es un grupo muy primitivo y cuyo origen se relaciona con la disgregación del supercontinente de Pangea. Es posible suponer que este conjunto de macroinvertebrados bentónicos es muy susceptible a modificaciones en los sistemas hídricos, puesto que es posible encontrar gran diversidad y endemismo entre la región de La Araucanía y la región de Los Lagos, zonas con recursos hídricos incontaminados (Vera & Camousseight, 2006).
- Orden Trichoptera: La distribución geográfica conocida para este orden, dentro del territorio nacional, es entre la región de Coquimbo y la región de Magallanes, además de especies de la familia Hydrophilidae en el río Loa; este grupo de insectos constituye un actor principal en los cursos de agua de los bosques de fagáceas subantárticos de la Patagonia (Rojas, 2006). Especies de este orden son utilizadas como bioindicador del grado de contaminación de aguas, siendo intolerantes a zonas contaminadas.
- Orden Coleóptera: En el manejo de ecosistemas acuáticos, este grupo, ha probado ser importante como bioindicador (Jerez & Moroni, 2006). Entre los macroinvertebrados bentónicos, los *Elmidae* serían particularmente sensibles a la contaminación (Figueroa *et al*, 2003).
- Orden Hemiptera: En general individuos de este grupo son tolerantes a la contaminación (Barría y Boré, 1978)
- Orden Diptera: Pertenecientes a este grupo de individuos, se encuentran por ejemplo larvas y pupas de zancudos quienes habitan en aguas estancadas,

además está el *Simulium sp.* que es un díptero de hábitos filtradores intolerante a la contaminación (Vázquez *et al*, 2006).

Otros individuos como moluscos y crustáceos son utilizados para definir zonas con diferentes grados de contaminación. Los caracoles comen las algas y pedazos de hojas. Las conchas abandonadas son usadas por otros organismos como fuente de minerales. Los moluscos son comunes del agua dulce y salada. Las especies de agua dulce son importantes en el equilibrio ecológico (Arenas, 1993). Por último, la clase Oligochaeta, parientes de las lombrices, viven en los fondos de las pozas. Se encuentran generalmente en aguas con altos contenidos de material orgánico.

2.1.3 Índice BMWP

Los métodos de evaluación para determinar la calidad de aguas generalmente empleados son: el Índice de Laidlaw y el Índice "Biological Monitoring Working Party" (BMWP). Este último, debido a su fiabilidad y fácil utilización, fue adoptado en el VI Congreso Español de Limnología (Alba-Tercedor, 1996) para su aplicación a la Península Ibérica.

El Índice BMWP es un índice biótico y determina la calidad de agua basándose en la presencia de familias de invertebrados indicadores. En este método la escala para calificar es de 1 a 10, donde el valor 10 se asigna a familias de organismos indicadores de aguas de calidad excelente y el valor 1 a familias de organismos indicadores de aguas con una calidad muy mala (Alba-Tercedor & Sánchez, 1988). La suma de los valores obtenidos para cada familia en un punto de muestreo dará el grado de contaminación del mismo. Cuanto mayor sea la suma, menor es la contaminación del punto estudiado.

En el "National Water Council" llevado a cabo en 1981, en Inglaterra, se ordenaron las familias de macroinvertebrados acuáticos en 10 grupos siguiendo un gradiente de menor a mayor tolerancia a la contaminación. A cada familia se hizo corresponder una puntuación que varía de 10 a 1, a continuación en el cuadro 1 se detallan las familias y su respectiva puntuación:

Cuadro 1: Listado de familias de macroinvertebrados bentónicos según su tolerancia a la contaminación

Puntuación	Familias
Puntuación 10	<i>Siphonuridae, Heptageniidae, Leptophlebiidae, Ephemerellidae, Potamanthidae, Ephemeridae, Taeniopterygidae, Leuctridae, Amphipodae, Capniidae, Perlodidae, Perlidae, Chloroperlidae, Aphelocheiridae.</i>
Puntuación 9	<i>Phryganeidae, Molannidae, Beraeidae, Odontoceridae, Leptoceridae,</i>

	<i>Goeridae, Lepidostomatidae, Brachycntridae, Sericostomatidae.</i>
Puntuación 8	<i>Corduliidae, Libellulidae, Psychomyiidae, Philopotamidae.</i>
Puntuación 7	<i>Astacidae, Lestidae, Agríidae, Gomphidae, Cordulegasteridac, Aeshnidae, Caenidae, Nemouridae, Rhyacophilidae, Polycentropodidae, Limnephilidae.</i>
Puntuación 6	<i>Neritidae, Viviparidae, Ancylidae, Hydrophilidae, Unionidae, Corophiidae, Gamrnaridae, Platycnenididae, Coenagriidae.</i>
Puntuación 5	<i>Mesovelidae, Hydrornetridae, Gerridae, Nepidae, Naucoridae, Notonectidae, Pleidae, Corixidae, Hydrophilidae, Elmidae, Hlaliplidae, Clambidae, Helodidae, Dryopidae, Eliminthidae, Chrysomelidae, Curculionidae, Hydropsychidae, Tipulidae, Simuliidae, Siphonaridae, Planariidae, Dendrocoelidae.</i>
Puntuación 4	<i>Baetidae, Sialidae, Pisdcolidae.</i>
Puntuación 3	<i>Asellidae, Valvatidae, Hydrobiidae, Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae, Sphaeriidae, Glossiphoniidae, Hirudidae, Erpobdellidae.</i>
Puntuación 2	<i>Chironomidae.</i>
Puntuación 1	<i>Nematoda.</i>

Fuente: Alba-Tercedor & Sánchez, 1988.

2.1.4 Índice ChBMWP

Recientemente se ha avanzado en el estudio de calidad de aguas a través de estos sensores bióticos en Chile, un ejemplo de ello es el trabajo realizado por el profesor Figueroa del Centro EULA, de la Universidad de Concepción, quien desarrolló junto a su equipo de trabajo, un análisis comparativo del uso de cuatro Índices Bióticos utilizados en la evaluación de la calidad de las aguas, para un caso chileno. Dentro de dicho estudio se incluyó el Índice BMWP, cuyo listado de familias se adaptó a la realidad nacional, excluyendo las familias no presentes e incluyendo aquellas de distribución anfinótica o que son propias del Neotrópico, por ello se le antepuso "Ch" a la sigla comúnmente utilizada (Figueroa *et al*, 2007). También este índice fue adaptado para algunos sistemas fluviales de Colombia (Roldan 1988).

Del trabajo realizado por Figueroa *et al* (2007) se extrajo la información en la cual se clasifican las familias de invertebrados bentónicos presentes en Chile, asignándole a cada una un puntaje según su grado de tolerancia a la contaminación (Cuadro 2). Estos valores se utilizaron en esta memoria para la clasificación de los macroinvertebrados bentónicos recolectado en cada estación de muestreo.

Cuadro 2: Valores de tolerancia para macroinvertebrados bentónicos dulceacuícolas para ríos mediterráneos de Chile (ChBMWP, Figueroa *et al* 2007)

Orden	Familias presentes	Puntaje
Plecoptera	Austroperlidae, Diaphipnoidae, Eustheniidae, Notonemouridae, Perlidae	10
Ephemeroptera	Nesameletidae, Ameletopsidae, Oligoneuriidae, Coloburiscidae	
Tricoptera	Anomalopsychidae, Calamoceratidae, Helicophidae, Kokriidae, Philopotamidae,	
	Sericostomatidae, Stenopsychidae	
Diptera	Blephariceridae	
Coleoptera	Limnichidae, Psephenidae	9
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	
Diptera	Glossosomatidae, Limnephilidae	
Tricoptera	Athericidae, Dixidae	8
Ephemeroptera	Oniscigastridae	
Tricoptera	Phylorheytiidae, Polycentropodidae, Tasiimidae	
Odonata	Calopterygidae, Lidellulidae	
Decapoda	Parastacidae	7
Plecoptera	Gripopterygiidae	
Tricoptera	Ecnomidae, Hydrobiosidae, Leptoceridae	
Odonata	Lestidae, Gomphidae, Corduliidae, Coenargrionidae	
Tricoptera	Hydroptilidae	6
Diptera	Ceratopogonidae	
Odonata	Petaluridae, Aeshnidae	
Coleoptera	Elmidae	
Decapoda	Aeglidae	
Basommatophora	Ancylidae, Chlinidae, Hyriidae	
Ephemeroptera	Baetidae	5
Tricoptera	Hydropsychidae	
Megaloptera	Corydalidae	
Diptera	Tipulidae, Simuliidae	
Coleoptera	Dryopidae, Gyrinidae	
Platyhelminthes	Turbellaria	
Decapoda	Amnicolidae	
Ephemeroptera	Caenidae	4
Megaloptera	Sialidae	
Diptera	Tabanidae, Stratiomyidae, Empididae, Limnoniidae, Psychodidae	
Coleoptera	Haliplidae, Curculionidae, Psephenidae	
Hemiptera	Belostomatidae	
Acari	Acari	3
Coleoptera	Hydrophilidae, Dystiscidae	
Hemiptera	Gerridae, Notonectitidae, Corixidae	
Megaloptera	Lymnacididae, Physidae, Planorbidae, Sphaeriidae	
Isopoda	Janiiridae	
Arhynchobdellida	Hirudinea	2
Diptera	Chironomidae, Culicidae, Ephydriidae	
Diptera	Syrphidae	1
Amphipoda	Hyalloelidae	
Nematomorpha	Nematoda	
	Oligochaeta	

2.1.5 Peces como bioindicadores

La fauna íctica de Chile se compone de un total de once familias, diecisiete géneros y alrededor de cuarenta y cuatro especies. La mayor riqueza de especies ocurre en la zona centro-sur de la provincia chilena, en tanto que los extremos norte y sur son de baja riqueza específicas (Habit *et al*, 2006). Los peces, dentro del ecosistema río, pertenecen al grupo de los “consumidores terciarios” de la cadena trófica. Además a través de análisis estomacales es posible determinar los componentes inferiores de la trama. Con esta composición trófica, será posible determinar el estado sanitario de cada punto de muestreo.

A través de un análisis de la composición de especies se distinguirá la mayor o menor riqueza de éstas, también se analizarán los datos a partir de la abundancia relativa con la cuál se conocerá el porcentaje representación de especies en las distintas estaciones muestreadas para esta memoria de título.

2.1.6 Modelo SCAF

Se basa en la teoría de la sucesión ecológica. Con el modelo SCAF será posible tener una visión integral de la calidad del río Itata, combinando los índices de diversidad y el índice biótico ChBMW. Además se determinan los distintos tipos de estados ambientales del ecosistema; a cada tipo le corresponderán, a su vez, unos usos potenciales (García de Bikuña *et al*, 2003). A continuación en el cuadro 3 se detallan las clases ambientales según sus características, usos potenciales y color asociado para su aplicación cartográfica. A cada clase se le asigna un puntaje de 1 a 5.

Cuadro 3: Clase ambiental asignada al combinar índices de diversidad con índices bióticos. Características, usos potenciales y color

Clase ambiental	Características	Usos potenciales	Color
1 (ambiente muy malo)	Inmadurez extrema	Aguas inutilizables (A4)	Color rojo
	Aguas muy contaminadas	No óptimos para salmónidos y ciprínidos	
2 (ambiente malo)	Madurez baja	Potabilizable con tratamiento intensivo (A3)	Color naranja
	Aguas contaminadas	No óptimos para salmónidos y ciprínidos	
3 (ambiente regular)	Madurez media	Potabilizables con tratamiento normal y desinfección (A2)	Color amarillo
	Eutrofización	Optima para ciprínidos. Riego	
4 (ambiente bueno)	Madurez notable	Tratamiento físico simple y desinfección (A1)	Color verde
	Aguas limpias	Recreativo. Baño	
		Optima para salmónidos y ciprínidos	
5 (ambiente muy bueno)	Madurez plena y ambiente muy heterogéneo	Todos los usos	Color azul
	Aguas oligomesotróficas	Optima para salmónidos y ciprínidos	

Fuente: García de Bikuña *et al*, 2003.

2.2 Descripción del medio

2.2.1 Descripción de la Cuenca del río Itata

La cuenca del río Itata abarca un área de 11.294km², ubicada al norte de la VIII región del Bío-Bío. Específicamente entre los paralelos 36°00' latitud norte y 37°20' latitud sur. Nace en las cercanías del poblado de Cholguán, de la confluencia de los ríos Cholguán, que viene del oriente y Huépil, que viene del lado sur. Ochenta y cinco kilómetros con rumbo

noroeste hasta su junta con el río Ñuble, va captando sus principales tributarios que constituyen una red de drenaje paralela de dirección al poniente y cuyas cabeceras se encuentran en la zona de La Montaña. De ella forman parte los ríos Danicalqui, Diguillín y Larqui. El carácter hidrológico del río Itata es mixto. Los tributarios de cordillera tienen un marcado carácter nival (DGA, 2004).

Al sureste de su junta con el río Danilcalqui, el río Itata presenta un salto de 20-25m de altura, en el es posible apreciar los estratos de sedimentos fluvio-glaciocósmicos, a 18km. al oeste de Yungay (DGA, 2004). A partir de aquí, el río transcurre en la depresión intermedia entre riberas bajas y cultivables.

Tras recibir las aguas del Ñuble, el río Itata continúa hacia la costa sin recibir otros aportes de importancia, salvo los del río Lonquén y del estero Quilpolemu. En este último tramo, de unos 50km de longitud, el cauce del río se ensancha y su profundidad disminuye, formándose las Vegas del Itata. El ancho en la desembocadura del Itata varía de 100 a 200m en verano, y llega a 300m en invierno.

2.2.2 Biodiversidad del Área

Flora terrestre

Según DGA, 2004, las formaciones vegetales naturales que permanecen en el área que abarca la cuenca del río Itata son las siguientes:

Área noroeste de la cuenca

- Bosque Caducifolio Maulino: Dominado por comunidades muy intervenidas de *Nothofagus glauca* (hualo), al interior de las cuales es posible encontrar algunas especies amenazadas de mucho valor: *Pitavia punctata* (pitao) y *Gomortega keule* (queule), ambas en peligro de extinción.
- Matorral Espinoso del Secano Interior: Donde los bosques de espino (*Acacia caven*) llegan a su máximo de desarrollo en Chile debido a que se sitúan bajo un régimen pluvial muy favorable para sus requerimientos hídricos promedio.

Área Sudoeste de la cuenca

- Bosque Caducifolio de Concepción: Se caracteriza por la presencia dominante de roble (*Nothofagus obliqua*) y la ausencia de hualo como especie principal. Esta formación ha sido reemplazada casi completamente por plantaciones de *Pinus radiata*, por lo que las

poblaciones remanentes de *Gomortega keule* (en peligro) se ven seriamente amenazadas.

- Bosque Esclerófilo de los Arenales: Exhibe bosques abiertos dominados por *Quillaja saponaria* (quillay) situados sobre sustratos de escasa capacidad de retención de agua. Esta formación se encuentra también en las zonas precordilleranas bajas.

Área del valle central de la cuenca

Esta zona está fuertemente intervenida por el establecimiento de cultivos agrícolas intensivos y plantaciones forestales.

- Cultivos agrícolas: En la zona donde nace el río Itata, es decir entre las comunas de Huepil y Yungay, los principales cultivos agrícolas que se desarrollan son el trigo, la avena y el raps, además se encuentran zonas de praderas. Ya en la depresión central, en las comunas de Pemuco, Quillón y Bulnes, se cultiva trigo, remolacha y legumbres, especialmente lentejas; también existen áreas destinadas a praderas para cría de ganado. En la última zona por donde fluye el río Itata, atravesando las comunas de Ranquil, Coelemu y Trehuaco, los cultivos agrícolas que más se producen son el trigo, las papas y legumbres, como porotos, lentejas y arvejas.

- Plantaciones Forestales: Aparecen en prácticamente toda el área por donde fluye el río Itata, siendo más significativa en la comuna de Coelemu. Predomina el *Pinus radiata*, pero también existen establecidas plantaciones de *Eucalyptos globulus*. Las plantaciones forestales imperan en zonas con altas pendientes. El sector forestal es importante en la dinámica productiva del área, considerando la gran superficie de territorio destinado a plantaciones forestales.

Área precordillerana de la cuenca

Sólo hacia estos sectores se encuentra una gran diversidad de comunidades vegetacionales nativas de Bosque Caducifolio:

- Bosque Caducifolio de la Precordillera: Alcanza en el área norte de la cuenca su límite sur de distribución geográfica. En ella son dominantes los bosques de *Nothofagus obliqua* (roble) y *Persea lingue* (lingue), siendo posible encontrar sectores con presencia *Nothofagus glauca* (vulnerable), de *Austrocedrus chilensis* (vulnerable), y de *Beilshmiedia berteriana* (en peligro), entre otras especies amenazadas.

- Bosque Esclerófilo Montano: Caracterizado por bosques de litre (*Lithraea caustica*) y boldo (*Peumus boldus*), tiene su límite Sur de distribución en las zonas precordilleranas bajas del Norte de la cuenca.

Las formaciones boscosas típicas de la precordillera son el Bosque Caducifolio de La Montaña, Bosque Caducifolio Andino del Bío Bío y Bosque Caducifolio de la Frontera. Estas formaciones están dominadas por comunidades de roble (*Nothofagus obliqua*), raulí (*Nothofagus alpina*) y coigüe (*Nothofagus dombeyi*), con presencia importante de elementos valdivianos como laurel (*Laurelia sempervirens*) y olivillo (*Aextoxicon punctatum*). Por sobre el límite altitudinal de estas formaciones se desarrolla el Bosque Caducifolio Altoandino de Chillán, típicamente representado por comunidades de lenga (*Nothofagus pumilio*) y ñirre (*Nothofagus antarctica*), que forman parte de la región del Bosque Andino Patagónico.

Estas composiciones florísticas que se desarrollan en la cuenca del río Itata, están entregando materia orgánica al cauce del río, ya sea de manera directa o indirecta a través de tributarios. A su vez el cauce también entrega drenaje para estas formaciones vegetales, lo que se traduce en una transferencia de información dentro del ecosistema río.

Fauna acuática

Con respecto a la fauna íctica, la cuenca del río Itata alberga a nueve especies con estados de conservación importantes. Cabe destacar que este número representa un 26% de las especies citadas para todo el país. En el cuadro 4 se detallan el listado de especies y su estado de conservación:

Cuadro 4: Peces y su estado de conservación en la cuenca del río Itata

Especie	Estado de Conservación
Aplochiton zebra	Peligro de Extinción
<i>Basilichthys australis</i>	Vulnerable
<i>Cheirodon galusdae</i>	Vulnerable
<i>Diplomystes nahuelbutaensis</i>	Peligro de Extinción
<i>Galaxias maculatus</i>	Vulnerable
<i>Odontesthes maculanum itatanum</i>	Vulnerable
<i>Percichthys trucha</i>	Vulnerable
<i>Percilia gillisi</i>	Vulnerable
<i>Trichomyterus chiltoni</i>	Peligro de Extinción

Fuente: DGA, 2004

En cuanto a las especies de insectos acuáticos, es posible encontrar en la cuenca del río Itata un gran número de éstos. El 100% de estas especies son nativas y el 35% de ellas son altamente endémicas por su distribución restringida a una o dos cuencas

hidrográficas. En el Cuadro 5 se muestran los insectos acuáticos encontrados en la cuenca del río Itata.

Cuadro 5: Insectos acuáticos en la cuenca del río Itata

Nombre
<i>Anthericidae</i>
<i>Baetis sp</i>
<i>Brachicentridae</i>
<i>Diamphipnoa halgae</i>
<i>Elmis sp</i>
<i>Hapsiphlebia anastomosi</i>
<i>Hemerodromia sp</i>
<i>Heptagia sp</i>
<i>Leptoceridae</i>
<i>Limaya sp</i>
<i>Limnoperla jaffueli</i>
<i>Magellomyia sp</i>
<i>Massartellopsis irarraz</i>
<i>Mastigoptila brevicornu</i>
<i>Meridialaris sp</i>
<i>Neogomphus sp</i>
<i>Nousia sp</i>
<i>Ortocadius sp</i>
<i>Paracladius sp</i>
<i>Pdeudochironomus sp</i>
<i>Penaphlebia sp</i>
<i>Potamoperla mymidon</i>
<i>Protochauliodes sp</i>
<i>Pseudocloeon albinerve</i>
<i>Teutoerla sp</i>
<i>Tipulidae sp</i>

Fuente: DGA, 2004

2.2.3 Paisaje y recreación

El paisaje en la zona está determinado por la imponente presencia del Río Itata, con una dirección de flujo de Este a Oeste. Tanto en la orilla norte como en la sur del río Itata el paisaje está compuesto por cerros y terrenos agrícolas, playas, bosques naturales y gran presencia de Plantaciones forestales.

En el área, que se verá afectada, se encuentran sitios de desarrollo turístico y agropecuario. Éstos se podrían ver afectados si existe contaminación de las aguas del río Itata. Estos sitios son los siguientes:

- Comuna de Quillón; donde se encuentra la Laguna Avendaño, aquí se realizan actividades como práctica de ski acuático, natación y velerismo.
- Comuna de Coelemu; localidad de **Vegas de Itata**, aquí se destaca la actividad agrícola, principalmente los cultivos tradicionales como cereales y papas, sumándose recientemente la instalación de invernaderos dedicados a la producción de hortalizas y flores, además actualmente se lleva a cabo un proyecto para el cultivo de la lisa (pez estuarino que transita por el río Itata); de gran atracción son la *fiesta del camarón* y la *semana de la costa*. También está el balneario **Perales**, donde se encuentra la caleta de pescadores, su principal característica es su playa de una gran extensión (más de 5km), que permite la pesca de orilla y los baños de sol. Sus dunas permiten la práctica de varios deportes: motocross, jeep fun rice, entre otros.
- Comuna de Trehuaco; por el lado norte de la ribera del río Itata, se ubica la localidad de **Boca Itata**, aproximadamente a 18km del centro de la comuna, al igual que su orilla sur este sector se destaca por la actividad agrícola y la pesca artesanal realizada en la desembocadura, además se encuentra el balneario **Mela**, ubicado a 25km de Trehuaco, su principal característica es su extensa playa. En la zona se realizan dos fiestas costumbristas importantes durante el año, estas son la *fiesta de la papa*, que se realiza en el mes de Octubre y la *fiesta de San Sebastián*, que se lleva a cabo el 20 de Enero.
- Comuna de Cobquecura; al avanzar por la ruta costera desde Mela hacia el norte se encuentra Cobquecura, que posee varias playas y lugares para realizar excursiones (como el Cerro El Calvario), además está la playa Lobería, en ella se encuentran cuatro grandes peñascos que emergen del mar a poco más de 500m de la orilla de playa y que sirven de hábitat a más de 3.000 Lobos marinos; esta zona fue declarada *Santuario de la Naturaleza* por Decreto N° 544 del Ministerio de Educación el 1 de Septiembre de 1992, teniendo una extensión de 5km de línea costa norte y de 500m de ancho en sentido E.O., con una extensión total de 250hás.

2.2.4 Entorno económico y social

Entre las actividades características, en el sector, que se verán influenciadas por el CIF nueva Aldea se encuentran las artesanías y el turismo, la actividad agrícola en especial el sector vitivinícola y la actividad forestal.

Existen 4 comunas que se encuentran directamente afectadas por la puesta en marcha del complejo forestal, estas son Ranquil, Coelemu, Trehuaco y Cobquecura.

El río Itata, aguas abajo del punto de descarga, es utilizado por múltiples usuarios totalizándose del orden de 45.000 personas que captan de él ya sea directamente en captaciones superficiales o por punteras, para abastecerse de agua potable, riego y brebaje animal. Las comunas de Coelemu y Ranquil cuentan con sistema de agua potable a cargo de ESSBIO, y las otras captaciones con sistemas de agua potable rural.

2.3 Industria de Pulpa y Papel

2.3.1 Proceso productivo Kraft

La madera que llega a la planta es descortezada y luego chipeada, este producto es cocido en una solución alcalina de soda cáustica y sulfuro de sodio (licor blanco) para extraerle la lignina. En el proceso de cocción, el licor blanco junto con la lignina disuelta, se convierte en un licor negro; estos compuestos químicos son posteriormente recuperados para su reutilización, en un proceso de ciclo cerrado o son vertidos como Riles.

Para el caso del CFI Nueva Aldea, el proceso de producción de celulosa es del tipo Kraft con sistema de blanqueo de la pulpa empleando dióxido de cloro en el tipo ECF (Libre de Cloro Elemental). En ambas líneas se contemplan 4 etapas de blanqueo con lavados intermedios, 3 etapas con dióxido de cloro y otra con hidróxido de sodio, peróxido de hidrógeno y ácido sulfúrico.

2.3.2 Complejo Forestal Nueva Aldea

El complejo está localizado en la Región del Biobío, Provincia de Ñuble, Comuna de Ránquil. Emplazado en el sector de Nueva Aldea, al lado sur de la confluencia del los ríos Itata y Ñuble a 30km al oeste de Chillán, próximo a la ribera sur del río Itata y a la carretera de acceso norte a Concepción.

A continuación en el cuadro 6 se detallan las dos fases en que está dividida la puesta en marcha del CFI Nueva Aldea, la primera comenzó su funcionamiento a fines del año 2004 y la segunda etapa comenzó a funcionar el agosto de 2006, con ello se dio inicio al proceso de producción de celulosa kraft.

Cuadro 6: CFI Nueva Aldea

FASE I	
	Producción
Planta de trozado	2.087.000 m ³ /año
Aserradero	450.000 m ³ /año
Planta de terciado	210.000 m ³ /año
Planta de remanufactura	80.000 m ³ /año
Planta Generadora	
• Caldera de poder	250 ton /h
• Vapor a proceso	130 ton /h
• Turbogenerador	30MW
FASE II	
Planta de Celulosa	
Capacidad de producción	856.000 ton/año de celulosa blanca kraft
Características	
• 2 Líneas de fibra	
• Área de recuperación común	
INVERSIÓN TOTAL	
US\$ 1.400 millones (en Fases I y II)	
MERCADO	
Celulosa	100% exportación
Tableros y madera aserrada	Principalmente exportación
SUPERÁVIT ELÉCTRICO	
Etapa I	13 MW
Etapa II	50 MW
TOTAL	63 MW

Fuente: CFI Nueva Aldea, 2006

La puesta en marcha de la planta de celulosa, fue el 31 de agosto de 2006. La planta de celulosa del Complejo Forestal e Industrial (CFI) Nueva Aldea, cuenta con autorización de la Superintendencia de Servicios Sanitarios (Siss) desde el 06 de junio de 2006 para descargar un volumen de 75.000m³ de RILES por día al cauce del río Itata (CONAMA, 2007).

2.3.3 Emisario submarino

Frente a la presión social que generó la puesta en marcha de una planta de celulosa que vertería sus residuos industriales líquidos (Riles) a los caudales del río Itata y avalado por estudios, CONAMA determinó la construcción de un emisario submarino que dirija al mar los Riles, reduciendo a cero las descargas al río Itata.

Este sistema de conducción y descarga al mar de los efluentes tendrá una longitud de 50,8Km. Esta obra debería estar en funcionamiento a partir del año 2008, pero los trabajos se encuentran muy retrasados debido a conflictos con vecinos del sector por donde el ducto deberá pasar. Hasta la fecha la planta de celulosa descarga sus residuos al cauce del río Itata.

3. MATERIALES Y MÉTODO

3.1 Materiales

En cada estación de muestreo se realizaron actividades de:

- a. Captura de peces, la cuál se llevó a cabo con redes agalleras y chinguillos.
- b. Colecta de macrozoobentos, para la que se utilizó red Surber.
- c. Obtención de parámetros físico-químicos, desde las estaciones fluvimétricas de la DGA.
- d. Muestras de aguas en botellas plásticas.

Todos los componentes biológicos se preservaron con alcohol de 95%, y dentro de envases plásticos.

En el laboratorio se utilizó microscopio, lupa estereoscópica, capsula Petri y cámara Sedgwick-Rafter, además de pinzas, bisturís, tijeras, jeringas, hilo quirúrgico y pipetas.

3.2 Metodología

En la primera parte del proyecto de memoria de título, surgió la interrogante de cual sería el impacto que generaría la puesta en marcha de una empresa de celulosa que cuenta en su historial ciertos conflictos tanto con el medioambiente como con las comunidades que se ven envueltas en estas problemáticas de contaminación. Por tal motivo se recolectó fauna íctica, muestras de aguas, macroinvertebrados bentónicos (a través del método Surber, del raspado de rocas colectadas en los transectos *in-situ* y lo encontrado en los estómagos ícticos), y flora acuática, en 7 puntos o estaciones de muestreo (sistemático) a lo largo del río Itata; para determinar la calidad de agua de estos puntos, usando a estos organismos como indicadores. También se obtuvo en algunas estaciones, parámetros físico-químicos disponibles por la DGA, para ser comparados con los bioindicadores y comprobar la calidad ambiental del río; estos parámetros fueron: temperatura, *pH*, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y profundidad.

3.2.1 Metodología usada para las variables abióticas

Los factores físicos del medioambiente influyen en las características de la biota, es decir, los organismos son dependientes de los factores físicos. Según Allan (1995), en el caso

de las aguas continentales, particularmente las escurrientes, uno de los factores más característicos que interfiere en insectos y peces es la esorrentía, ya que modifica la cantidad de sustrato de un lugar y otro dentro del río. Otro factor que afecta los diferentes procesos de la vida es la temperatura. La mayoría de los individuos que habitan las aguas escurrientes son ecotérmicos, por ejemplo, influye fuertemente sobre las tasas de crecimiento, los ciclos de vida y la productividad del sistema completo. En resumen, la esorrentía, el sustrato y la temperatura, son las tres variables físicas que se deberían entender al momento de apreciar el funcionamiento de un sistema lótico y las adaptaciones de los individuos que los habitan. El oxígeno, variable química que también interviene en la biota, no es quizás tan relevante o influyente como las variables físicas cuando se estudian aguas no contaminadas, pero en otros escenarios es relevante, ya que esta variable química depende de las otras tres (Allan, 1995).

Las variables abióticas que se analizaron en este trabajo se compararon con los requisitos definidos por la NCh 1333-1978 para el uso de aguas destinadas a vida acuática. Estos requisitos se detallan en el Cuadro 7:

Cuadro 7: Requisitos generales de aguas destinadas a vida acuática

INDICADOR	UNIDAD	REQUISITO
<i>pH</i>		6.0-9.0
Oxígeno disuelto	mg/l	>5.00
Temperatura en flujo de agua corriente	°C	V.N. +3
Turbiedad debido a descargas	unidades de Escala Sílice	V.N. +30
Alcalinidad total (CaCO ₃)	mg/l	>20.00
Color		ausente
Petróleo e Hidrocarburos		(1)
Sólidos flotantes visibles y espumas no naturales		ausentes
Sólidos sedimentables		< V.N.

Fuente: Instituto Nacional de Normalización, 1978.

Nota: V.N.: Valor Natural.

(1): No debe haber: olor perceptible, detección visual o cubrimiento de fondo, orilla o ribera.

Por otro lado los autores Nisbet y Verneaux (1970) desarrollaron también estándares de calidad ambiental, esto se detalla a continuación:

El *pH* de las aguas naturales se debe a la composición de los terrenos atravesados, así pues, el *pH* alcalino indica que éstos son calizos, y un *pH* ácido que son silíceos. Los valores de *pH* compatibles con la vida de las especies acuáticas están comprendidos entre 5 y 9, situándose los más favorables entre 6 y 7.2, es decir valores de *pH* más neutros.

Un incremento del *pH* alcalino acompañado de un color verde parduzco puede deberse a un *boom* de fitoplancton, que altera el ciclo carbonatos-bicarbonatos. En un vertido con *pH* ácido, se disuelven los metales pesados y con *pH* alcalinos precipitan. El Cuadro 7 muestra la categoría fluvial para cada rango de *pH*, su interpretación y su localización.

Cuadro 8: Categoría fluvial acorde al *pH*

<i>pH</i>	Clase	Interpretación	Localización
$pH < 5,0$	1	Acidez fuerte	Manantiales y arroyos de regiones graníticas
$5,0 < pH < 6,0$	2	Acidez media	
$6,0 < pH < 7,0$	3	Acidez débil	
$7,0 < pH < 7,5$	4	Neutra	Aguas piscícolas y regiones calcáreas
$7,5 < pH < 8,0$	5	Alcalinidad débil	
$8,0 < pH < 9,0$	6	Alcalinidad media	Zonas inferiores de las redes de drenaje
$pH > 9,0$	7	Alcalinidad fuerte	Aguas de escaso valor piscícolas y zonas lénticas con denso tapiz vegetal

Fuente: Nisbet y Verneaux (1970)

La *temperatura* es una de las constantes físicas que tienen más importancia en el desarrollo de los diversos fenómenos que se realizan en el seno del agua, y determina la evolución o tendencia de sus propiedades, ya sean físicas, químicas o biológicas.

La *temperatura* desempeña un papel muy importante en la solubilidad de las sales y principalmente de los gases, por lo tanto, también en la conductividad y en la determinación del *pH*, sobre todo.

Un incremento de más de 3°C en una zona respecto de las adyacentes, sería síntoma de que se está produciendo una contaminación térmica, es decir, se está produciendo un vertido de aguas más calientes que las del medio receptor.

La *conductividad eléctrica* es la medida de la capacidad del agua para conducir la electricidad. Es, por tanto, indicador de la materia ionizable total presente en el agua. Esta proviene de un ácido, una base o una sal, disociada en iones.

El agua pura contribuye mínimamente a la conductividad medida en una muestra de agua, siendo casi su totalidad el resultado del movimiento de los iones de las impurezas presentes.

En el Cuadro 9 se presentan las características del agua acorde a su nivel de conductividad eléctrica.

Cuadro 9: Categoría fluvial acorde a la *conductividad eléctrica*

Conductividad	Característica del agua
inferior a 10 $\mu\text{mhos/cm}$	Aguas con una mineralización muy débil y escasa productividad
entre 20 y 80 $\mu\text{mhos/cm}$	Aguas con una mineralización débil y productividad media
entre 80 y 200 $\mu\text{mhos/cm}$	Aguas con una mineralización moderada y alta productividad
entre 200 y 400 $\mu\text{mhos/cm}$	Aguas con una fuerte mineralización y algo duras
entre 400 y 800 $\mu\text{mhos/cm}$	Aguas con una mineralización muy fuerte y muy duras
mayor de 800 $\mu\text{mhos/cm}$	Aguas con una mineralización y dureza excesivas

Fuente: Nisbet y Verneaux (1970)

3.2.2 Metodología usada para las variables bióticas

En cada estación se procedió a coleccionar organismos pertenecientes a tres niveles tróficos: fitobentos, macroinvertebrados bentónicos e individuos ícticos. Cada muestra fue almacenada en bolsas plásticas, etiquetada y fijada en alcohol de 95%.

En la mayoría de las estaciones se realizó un muestreo sistemático de rocas, el que consiste en determinar un transecto de 100m a lo largo de la orilla del río y cada 10 metros recoger muestras de rocas. Estas fueron colocadas en envases plásticos y fijadas con alcohol de 95%. Esta colecta se realizó para capturar organismos bentónicos, tanto macroinvertebrados como microalgas.

Se contabilizó el fitobentos, encontrado en las rocas coleccionadas en el transecto, usando microscopio con aumento de 80X. El recuento se realizó con la cámara Sedgwick-Rafter (S-R), cuyas dimensiones son 10 cm² de superficie y contiene exactamente 1 ml de volumen. La cobertura o placa de la S-R se coloca de forma diagonal a la base para así agregar con una pipeta las gotas con el material y permitir la circulación de aire y evitar la formación de burbujas al interior de la cámara. La S-R se coloca en el microscopio y se comienza el barrido de manera horizontal de izquierda a derecha y *viceversa*. A medida que se hace el barrido o transecto, un porcentaje del material bajo estudio se evapora, entonces se agrega con un gotario agua destilada la cual se une al material líquido por capilaridad. El fitoplancton contenido en la cámara se sedimentará hacia el fondo; usualmente dentro de 15 minutos se aplica Lugol a la muestra para fijarla (Wetzel & Likens, 1979), en este estudio esto último no se realizó. El uso de la cámara S-R está limitada solamente a la exploración de organismos de formas largas, poblaciones relativamente densas, de aguas dulces y productivas; además su diseño limita el uso de microscopios objetivos de alto poder, por lo que la identificación de organismos inferiores de 10 a 15µm es altamente difícil o imposible (Wetzel & Likens, 1979).

A los datos obtenidos de este recuento se aplicó el Índice de Diversidad de Simpson, el cual indica la relación que se establece entre la cantidad de especies y la abundancia relativa que ellas presentan en la comunidad, mientras mas cercano sean los valores de Riqueza y Diversidad, mayor biodiversidad en ese punto.

Índice de Diversidad de Simpson, $D = 1/\sum(Ar)^2$

El recuento de macroinvertebrados bentónicos se realizó usando tres métodos:

- 1.- Red Surber.
- 2.- Contenidos estomacales.
- 3.- Raspado de rocas.

El *primero*, red Surber, cuya red cubre un área de 0,1m², se realiza cuando el lecho del río es pedregoso. Todo el material que se capturó fue pasado por tamiz y sólo se trabajó con los individuos de tamaño mayor a 250µm (graduación del tamiz). Si el lecho es blando se muestrea con draga Van Veen, éste no fue utilizado.

El *segundo* corresponde al análisis de contenidos estomacales de los ejemplares ícticos. Para ésto, se hace una incisión abdominal en el ejemplar de manera longitudinal para poder extraer todo el tracto digestivo, el cual previamente fue fijado con alcohol al 95%. Para no perder material que se encuentre contenido estomacal se sellan los extremos con hilo quirúrgico. Una vez extraído el tracto digestivo del ejemplar, éste es abierto y vaciado en una capsula Petri.

Por último, el *tercer* método corresponde al raspado de las rocas colectadas en los transectos realizados *in situ*. De cada transecto se elige al azar 10 rocas, las que son raspadas con bisturí sobre una capsula Petri.

El material colectado a través de estos tres métodos, para cada estación, se colocó en capsulas Petri, se les agregó con una pipeta agua destilada y fue observado bajo lupa estereoscópica de 450µm.

La identificación de los macroinvertebrados bentónicos capturados, fue realizada en el laboratorio de Hidronomía de la Facultad de Ciencias Forestales. Estas muestras fueron la base de la bioindicación, la cuál se fundamentó en la clasificación de macroinvertebrados basada en su tolerancia a la contaminación, el índice biótico Biological Monitoring Working Party (BMWP); la escala para calificar las familias de estos macroinvertebrados es de 1 a 10, donde el valor de 10 se asigna a familias de organismos indicadores de aguas de calidad excelente y el valor de 1 a familias de organismos indicadores de aguas con una calidad muy deficiente. Cada valor se pondera y suma; esta sumatoria total se divide por el número total de familias presentes. El resultado se conoce como índice 'Average Score

per Taxon' o ASPT de la muestra analizada. El índice biótico fue modificado para la realidad nacional por Figueroa *et al* (2007), ChBMWP (cuadro 2). Los valores del ChBMWP para cada estación con puntuaciones de 10 a 100 se segmentó en 5 niveles (Cuadro 10), este puntaje se relaciona a una clase de calidad ambiental y a un color para su representación cartográfica (Figueroa *et al*, 2007).

Cuadro 10: Transformación a cinco clases de calidad para el índice utilizado, su relación con las características ambientales y el color para su representación cartográfica

ChBMWP	Características ambientales	Color
>100	Muy bueno, no perturbado	Azul
61 – 100	Bueno, moderadamente perturbado	Verde
36 – 60	Regular, perturbado	Amarillo
16 – 35	Malo, muy perturbado	Naranja
<15	Muy malo, fuertemente perturbado	Rojo

Fuente: Figueroa *et al*, 2007.

El tercer nivel trófico analizado fue el de peces; éstos fueron capturados en su mayoría con redes agalleras; este trabajo se logró gracias a la ayuda de pescadores artesanales de algunas de las estaciones de muestreo. También se obtuvo algunos ejemplares con “chinguillos”. A las muestras se les inyectó en sus estómagos alcohol al 95%. Posterior a la recolección de datos en terreno se procedió al trabajo de laboratorio. En primer lugar se llevó a cabo la identificación de los peces capturados y los análisis estomacales de éstos. Este estudio se realizó en conjunto con el laboratorio de Zoología de la Facultad de Ciencias Pecuarias y Medicina Veterinaria de la Universidad de Chile y el Laboratorio de Hidronomía de la Facultad de Ciencias Forestales de la misma casa de estudios.

Una vez identificados y contabilizados los ejemplares ictiofaunísticos, se determinó qué áreas eran las más ricas en especies. También se analizó la abundancia relativa en cada estación, ésto con el objetivo de conocer los porcentajes de representatividad de las familias ícticas capturadas.

Para tener una visión global del estado de calidad que tienen las estaciones monitoreadas, se analizaron en conjunto los índices de diversidad y el índice ChBMWP a

través del Modelo SCAF, que determina el estado ambiental combinando los índices de diversidad y el índice biótico ChBMWP.

Para cada estación se analizó los tres niveles tróficos, y así se determinó qué clase ambiental le corresponde a cada zona muestreada. Con los resultados de los tres métodos de medición se elaboró un promedio el cual fue usado para establecer la calidad promedio para cada estación de muestreo. En el Cuadro 11 se presentan las características, los usos potenciales y el color para cada clase ambiental.

Cuadro 11: Clase ambiental según características, usos potenciales y color

Clase ambiental	Características	Usos potenciales	Color
1 (ambiente muy malo)	Inmadurez extrema	Aguas inutilizables (A4)	Color rojo
	Aguas muy contaminadas	No óptimos para salmónidos y ciprínidos	
2 (ambiente malo)	Madurez baja	Potabilizable con tratamiento intensivo (A3)	Color naranja
	Aguas contaminadas	No óptimos para salmónidos y ciprínidos	
3 (ambiente regular)	Madurez media	Potabilizables con tratamiento normal y desinfección (A2)	Color amarillo
	Eutrofización	Optima para ciprínidos. Riego	
4 (ambiente bueno)	Madurez notable	Tratamiento físico simple y desinfección (A1)	Color verde
	Aguas limpias	Recreativo. Baño	
		Optima para salmónidos y ciprínidos	
5 (ambiente muy bueno)	Madurez plena y ambiente muy heterogéneo	Todos los usos	Color azul
	Aguas oligomesotróficas	Optima para salmónidos y ciprínidos	

Fuente: García de Bikuña *et al*, 2003.

Una vez procesadas todas las muestras en el laboratorio se llevó a cabo el análisis de los datos, a través del cual se pudo hacer el diagnóstico de la calidad de las aguas del río Itata.

El Cuadro 12 muestra el resumen de las variables de componentes bióticos y abióticos para realizar el diagnóstico.

Cuadro 12: Resumen de variables

Componentes abióticos	Componentes bióticos
Temperatura	Peces (contenido estomacal)
<i>ph</i>	Macroinvertebrados bentónicos
Conductividad eléctrica	Fitobentos (perifiton)
Oxígeno disuelto	

4. RESULTADOS

El muestreo de los datos en terreno se realizó en enero y febrero del año 2006. En éste se obtuvo los datos biológicos, colectados según la metodología expuesta anteriormente. Los parámetros físico-químicos se solicitaron al Banco Nacional de Aguas, de la DGA, a través de un formulario único (Anexo nº 1), en el mes de diciembre de 2005.

Con las muestras biológicas identificadas y contabilizadas se usó dos índices de diversidad y un índice biótico, a través de los cuales fue posible caracterizar cada estación de muestreo según su calidad ambiental, ésto fue obtenido del promedio de los tres métodos. Así mismo, con los datos abióticos se determinó el ambiente de las estaciones muestreadas. Para tener una representación cartográfica de la situación analizada, se utilizó el SIG ArcView 3.2.

A continuación se enseñan de forma particular los resultados de este estudio, en primer lugar se describe físicamente cada estación del estudio, es decir, las características observadas en terreno al momento de realizar la toma de datos; luego se señala el resultado obtenido a través de los bioindicadores y posteriormente se muestra la situación a través de los parámetros físico-químicos.

4.1 Descripción física de las estaciones de muestreo

A continuación en el cuadro 13 se detallan las características físicas observadas en terreno para cada estación de muestreo.

Cuadro 13: Descripción física de las estaciones de muestreo

Estaciones	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
Características							
Ribera	Norte	Norte	Norte	Sur	Sur	Sur	Norte
Tipo de Lecho (sustrato)	Gravas, principalmente rocas volcánicas aglomeradas	Limo, con presencia de piedras en la orilla	Limo, con presencia en menor proporción de arena.	Arenoso mezclado con rocas	Arenoso mezclado con piedras	Arenoso	Arenoso con sedimentos (materia orgánica)
Meandros	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Turbiedad del Agua	Muy baja	Alta	Media	Media	Media	Media	Media
Corriente	Muy alta	Alta	Media	Baja	Baja	Media	Media
Tipo Canal	Totalmente despejado, sin sombras	Medianamente encriptado	Encriptado	Abierto y sin sombra	Abierto y sin sombra	Abierto y sin sombra	Abierto, solo sombreado en las orillas
Ancho aprox.	18m	25m	30m	60m	70m	70m	100m
Vegetación Ribereña	Acacias, litres y arrayanes.	Acacias y Álamos	Álamos, salix y pinos	Álamos, salix y acacias	Plantaciones Pino radiata	Plantaciones Pino radiata	Plantaciones forestales
Foco de contaminación	Aparentemente No.	Sí. Paneles Arauco S.A.	Sí. Residuos domiciliarios.	Aparentemente No.	Sí. CFI N. A.	Sí. Residuos sanitarios	No

Fuente: Elaboración propia

Según la metodología descrita en el capítulo anterior se presentan los siguientes resultados obtenidos tanto con los bioindicadores como con los parámetros físico-químicos.

4.2 Calidad según datos bióticos

Se presentan los resultados de las muestras biológicas. Para seguir un orden trófico se detallan en primer lugar los productores primarios y luego los consumidores.

La gran riqueza encontrada en el fitobentos correspondiente a cada estación estimuló a agrupar las especies en tres grandes categorías Cyanophyta (verde-azules), Chlorophyta (verdes) y Bacillariophyta (diatomeas). Estas tres clases son las más representadas dentro del periphyton, en general las diatomeas son las más abundantes, luego las algas verdes y las verde-azules, pero esta proporción puede variar en distintos escenarios (Allan, 1995). Lo encontrado en las estaciones se usó para la determinación de la calidad de las aguas en donde estos organismos se encuentran presentes.

A continuación se presenta el número de algas colectado para cada clase (Cuadro 14).

Cuadro 14: Resumen de los individuos contabilizados para cada estación de muestreo, según la Clase a la que corresponden

Clase	E1	E2	E3	E4	E5	Total	Porcentaje %
Bacillariophyceae	37	94	47	193	334	705	97
Chlorophyceae	0	8	3	0	1	12	2
Cyanophyceae	0	0	0	4	3	7	1
Totales en cada estación	37	102	50	197	338	724	100

Fuente: Elaboración propia.

Del cuadro 14 se desprende que la clase Bacillariophyceae es la más representada en el río Itata, con un 97%, luego las Chlorophytas 2% y finalmente las Cyanophytas 1%. Y así como lo señala Allan (1995), la composición de especies del periphyton y su agrupación varía estacionalmente.

Para analizar la diversidad ecológica de microalgas del área estudiada se elaboró un cuadro con todas las especies colectadas por estación (cuadro 15), el índice utilizado fue el de Diversidad de Simpson. Los valores de Ar^2 se obtuvieron del anexo nº 3.

Cuadro 15: Microalgas. Lista de especies colectadas para cada estación, sus valores de abundancia relativa (Ar), riqueza y diversidad

Especie	E1 (Ar) ²	E2 (Ar) ²	E3 (Ar) ²	E4 (Ar) ²	E5 (Ar) ²
<i>Achnanthes sp</i>	0	0,03844675	0,04	0,01741864	0,02366864
<i>Fragilaria sp</i>	0,08838568	0,00153787	0,01	0,02167023	0,02843913
<i>Synedra sp</i>	0	0	0,0004	0	0,00423655
<i>Epithemia sp</i>	0	0	0,0004	0	0
<i>Rhopalodia sp</i>	0	0	0,0004	0,00010307	0,00042891
<i>Cymbella sp</i>	0,08838568	0,00778547	0,01	0,01610451	0,00196947
<i>Cymbella spp</i>	0	0,00038447	0,0004	0,00010307	0,00126046
<i>Gomphonema sp</i>	0	0,05084583	0,0144	0,0247623	0,01134414
<i>Amphora sp</i>	0,16435354	0,00038447	0,0064	0,0002319	0
<i>Naviculla sp</i>	0	0,00240292	0,0016	0,01363086	0,01072266
<i>Mastogloia sp</i>	0	0	0	0,00092762	0,00042891
<i>Nitzschia sp</i>	0	0	0	0	0,00042891
<i>Cymatopleura solea</i>	0	0,00038447	0,0016	0	3,5013E-05
<i>Aulacoseira sp</i>	0	0,06007305	0,0324	0,05452344	0,05885648
<i>Chlorella sp</i>	0	0	0	0	0
<i>Pediastrum sp</i>	0	0,00038447	0,0036	0	8,7532E-06
<i>Oocystis sp</i>	0	0	0	0	0
<i>Zygnemopsis sp</i>	0	9,6117E-05	0	0	0
<i>Gloeocapsa sp</i>	0	0,00470973	0	0	7,8779E-05
<i>Anabaena sp</i>	0	0	0	0,00041228	0
Total (Σ)	0,34112491	0,1674356	0,1216	0,14988791	0,1419068
Riqueza (x)	3	12	13	11	11
Diversidad (y)	2,93147752	5,97244546	8,22368421	6,67165205	7,04687886
CALIDAD AMBIENTAL	BUENO	MALO	REGULAR	REGULAR	REGULAR

Fuente: Elaboración propia.

A partir del cuadro 15 se puede determinar que la estación 1 es la cual sus valores de riqueza y diversidad más se acercan, esto significa que su calidad ecológica es buena, pese a que la riqueza de especies aquí encontrada fue la más baja de todo el muestreo, debido principalmente a que la velocidad del cauce en el área rítrónica es mayor y lava las rocas en donde se adhiere el periphyton. En cambio la estación 2 es la más pobre en diversidad de microproductores primarios, ya que sus valores de x e y están más alejados uno del otro. El resto de estaciones se encuentra en un estado regular en cuanto a calidad ambiental. A partir de la estación 3, la calidad sigue una tendencia a mejorar, ya que los valores x e y se acercan más entre sí. Estos datos nos servirán al momento de comparar los tres bioindicadores y poder señalar un resultado global a cada situación analizada.

Los resultados informados para el segundo nivel trófico (macroinvertebrados capturados por medio del método Surber, contenidos estomacales de peces y el transecto para colecta de rocas) señalan diferentes calidades según el puntaje obtenido a partir del índice biótico ChBMWP. Se ve en estos resultados una marcada tendencia a calidades regulares a malas. Estos datos se detallan en el Cuadro 16 (el detalle para cada método de muestreo se encuentra en el Apéndice nº 1).

Cuadro 16: Resumen de la composición específica e índice ChBMWP del macrozoobentos encontrado, para cada una de las estaciones de muestreo

Clase	Orden	Familia	Especie	Índice ChBMWP	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7
Insecta	Coleoptera	Hydrophilidae	N.I.	3				X	X		
	Coleoptera	Dystiscidae	N.I.	3				X			
	Coleoptera	Elmidae	N.I.	6	X						
	Diptera	Chironomidae	N.I.	2		X	X				
	Odonata	Lestidae	N.I.	7		X	X				
	Plecoptera	N.I.	N.I.	10	X						
	Ephemeroptera	N.I.	N.I.	10							X
	Hemiptera	Gerridae	<i>Gerris</i> sp	3	X	X					
	Hemiptera	Corixidae	N.I.	3				X			
	Crustacea	Decapoda	Aeglidae	<i>Aeglas</i> sp	6						
Amphipoda		Hyallellidae	N.I.	1							X
Gastropoda (molusca)	Basommatophora	Ancylidae	N.I.	6		X					
	Basommatophora	Chiliniidae	<i>Chilina dombeyana</i>	6	X	X		X			
Nematomorpha	Nematoda	N.I.	Nematoda indeterminada	1	X					X	
Oligochaeta	Tubifida	Naididae	<i>Nais</i> sp.	1						X	

Fuente: Elaboración propia.

Del cuadro 16 se obtuvo el puntaje para cada estación conocido como índice 'Average Score per Taxon' o ASPT. A continuación en el cuadro 17 se detalla la calidad ambiental y color para cada estación de muestreo según el índice ASPT.

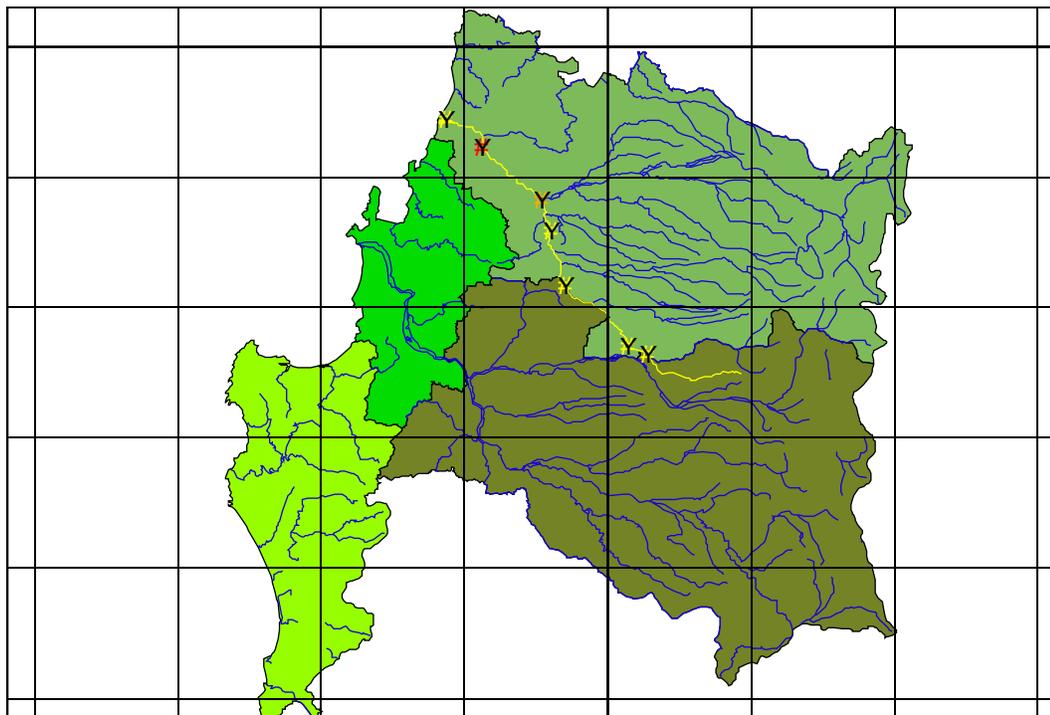
Cuadro 17: Calidad ambiental y color asociado para cada estación de muestreo según el índice ASPT

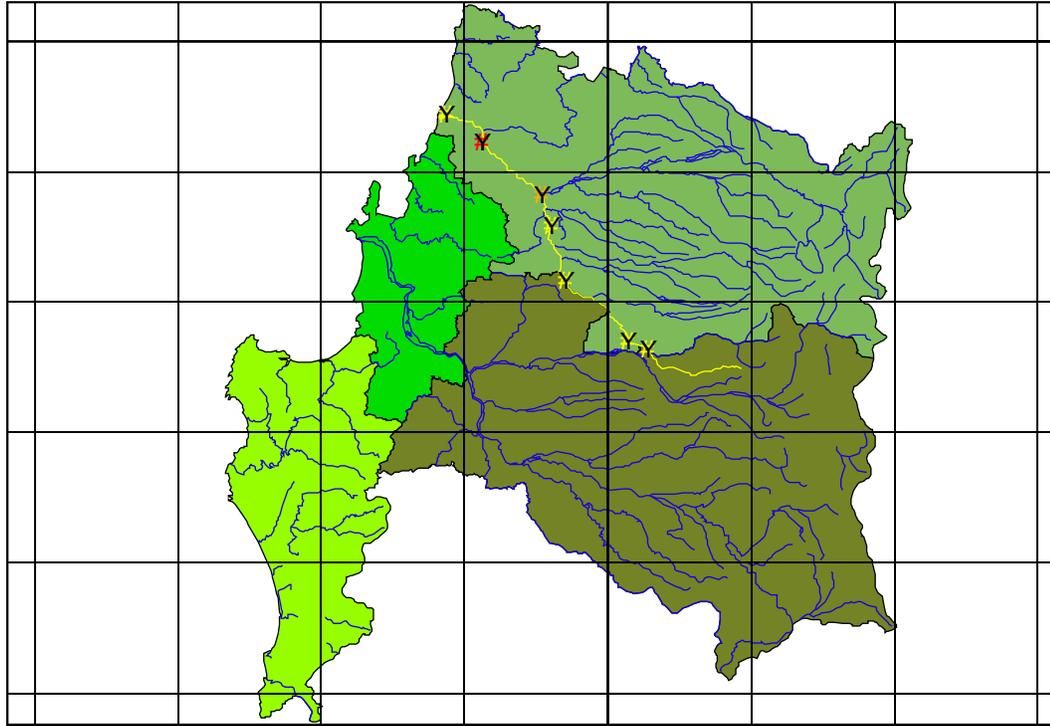
Estación	ASPT	Calidad ambiental	Color
E1	52	Regular, perturbado	Amarillo
E2	48	Regular, perturbado	Amarillo
E3	45	Regular, perturbado	Amarillo
E4	38	Regular, perturbado	Amarillo
E5	30	Malo, muy perturbado	Naranja
E6	10	Muy malo, fuertemente perturbado	Rojo
E7	57	Regular, perturbado	Amarillo

Fuente: Elaboración propia.

A partir del cuadro 17 se elaboró un mapa (figura 1) que representa la calidad ambiental de cada estación de muestreo utilizando el índice biótico ChBMWP. Esto se realizó utilizando el SIG Arcview 3.2.

Figura 1: Mapa Calidad ambiental para cada estación de muestreo según el índice ChBMWP





Con los análisis de los porcentajes de representatividad de la fauna íctica recolectada en cada estación, se obtuvo aquellas estaciones con mayor o menor riqueza de especies (Cuadro 18).

Cuadro 18: Composición específica y estado de conservación de la fauna íctica capturada en el río Itata, antes de la puesta en marcha del CFI Nueva Aldea

Especie	Estado de conservación	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7
<i>Percichthys trucha</i> "percatrucha"	Vulnerable	X ^(*)						X
<i>Odontesthes mauleanum itatanum</i> "cauque del itata"	Vulnerable							X
<i>Basilichthys australis</i> "pejerrey"	Vulnerable		X ^(*)		X ^(*)	X		X
<i>Salmo trutta</i> "trucha"	Introducida		X ^(*)					
<i>Cyprinus carpio</i> "carpa"	Introducida					X		X
<i>Trichomycterus aerolatus</i> "bagre"	Vulnerable							X
<i>Mugil cephalus</i> "Lisa"	Vulnerable							X
<i>Oncorhynchus mykiss</i> "trucha arcoiris"	Introducida						X	
Abundancia relativa (Ar)		12,5	25	-	12,5	25	12,5	75
Calidad partir de Ar		Bajo	Regular	NR	Bajo	Regular	Bajo	Alto

Fuente: Elaboración propia

(*): Estado juvenil; alevín.

A cada pez se le realizó análisis estomacal, con éste se pudo saber que consumían, encontrándose diferentes macroinvertebrados bentónicos los que fueron usados como bioindicadores de contaminación, además de grasas y material orgánico digerido e incluso

hubo casos en donde se encontró restos de otros peces dentro del estomago de ejemplares salmonídeos.

Analizando las tres situaciones, es decir, los resultados reportados por la diversidad de algas, el índice ChBMWP y la riqueza ictofaunística para cada estación monitoreada, se determino la calidad ambiental de éstas, basándose en el cuadro 10. Con estos tres resultados se obtuvo la calidad promedio para cada estación, esto se detalla en el cuadro 19.

Cuadro 19: Valores de calidad ambiental para cada estación muestreada y su promedio

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
Microalgas (índice diversidad)	4	2	3	3	3		
macroinvertebrados (índice ChBMWP)	3	3	3	3	2	1	3
Peces (índice riqueza)	2	3		2	3	2	4
CALIDAD AMBIENTAL PROMEDIO	3	2,7	3	2,7	2,7	1,5	3,5

Fuente: Elaboración propia

A partir de los valores del cuadro 19 se asignó el nivel de calidad correspondiente, es decir, desde muy bueno (5 puntos) hasta muy malo (1 punto). A continuación, en el cuadro 20, se detalla la calidad ambiental promedio para cada estación muestreada, a partir de los bioindicadores:

Cuadro 20: Calidad ambiental promedio según los tres niveles tróficos utilizados como bioindicadores

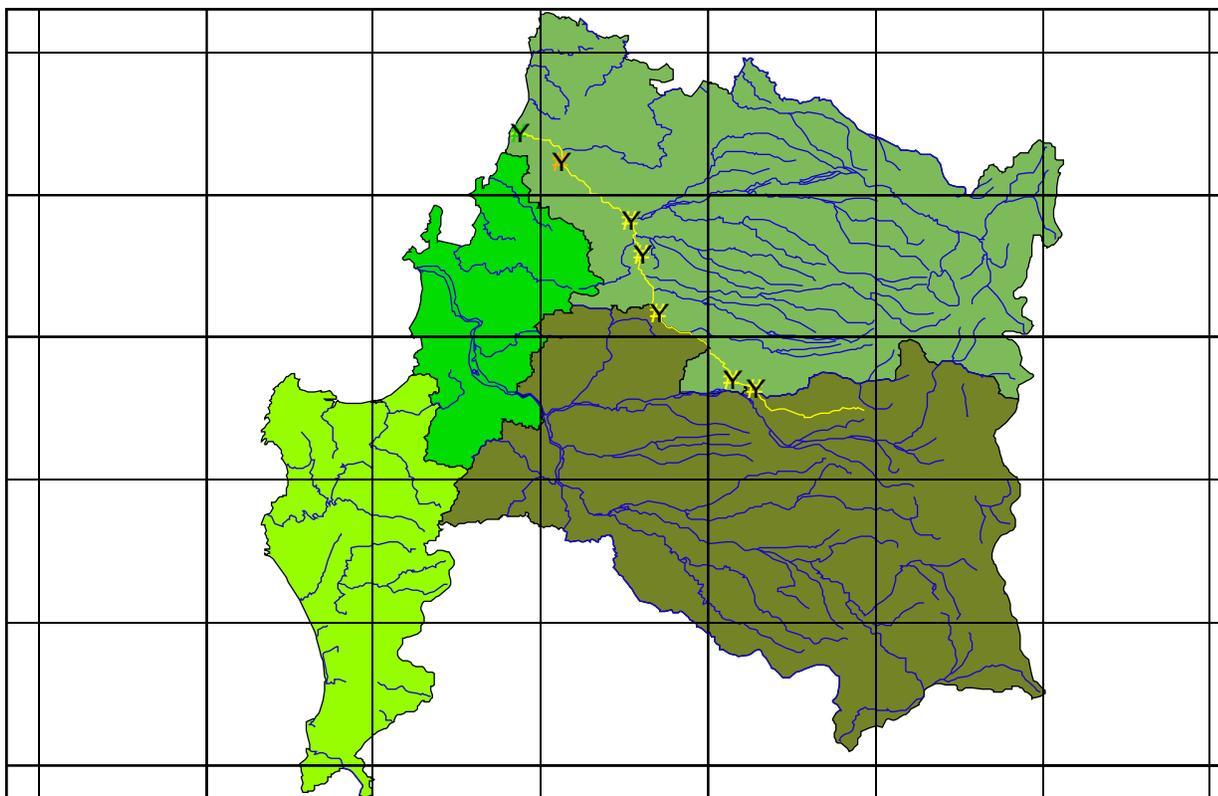
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
Microalgas (índice diversidad)	Bueno	Malo	Regular	Regular	Regular	NR	NR
Invertebrados (índice ChBMWP)	Regular	Regular	Regular	Regular	Malo	Muy malo	Regular a bueno
Peces (índice riqueza)	Malo	Regular	NR	Malo	Regular	Malo	Bueno
CALIDAD AMBIENTAL	Regular	Regular a Malo	Regular	Regular a Malo	Regular a Malo	Malo	Bueno

Fuente: Elaboración propia

NR: no registrado. La asignación de calidad para la riqueza de los individuos ícticos se realizó a partir de los porcentajes de representatividad de las familias presentes o ausentes en cada estación.

La calidad ambiental de las aguas del río Itata, para cada estación monitoreada se muestra a continuación en el mapa de calidad a través de los bioindicadores estudiados para este trabajo (figura 2).

Figura 2: Mapa Calidad ambiental para cada estación de muestreo según los bioindicadores



4.3 Calidad según datos abióticos

Dentro de las estaciones de muestreo se pudo obtener en cuatro los datos físico-químicos del Banco Nacional de Agua, perteneciente a la DGA.

Aplicando la clasificación de las aguas dado por la NCh 1333-1978 y por los autores Nisbet y Verneaux (1970) se pudo asociar una condición de calidad, estos resultados se detallan en el cuadro 21 que presenta los valores abióticos para cada estación de muestreo.

Cuadro 21: Valores abióticos correspondientes a cada estación de muestreo

Estación	Fecha de Muestreo	Ph	Conductividad eléctrica (μ mhos/cm)	Temperatura ($^{\circ}$ C)	Oxígeno disuelto (mg/l)	Condición
Río Itata en Cholguán (E2)	06/12/2005	7,66	59	12,87	1,95	Aguas piscícolas, de productividad media y producción primaria muy baja
Río Itata en Trilaleo (E3)	06/12/2005	7,75	58	14,32	1,79	Aguas piscícolas, de productividad media y producción primaria muy baja.
Río Itata en Balsa Nueva Aldea (E5)	13/12/2005	7,84	90	19,83	1,32	Aguas piscícolas, de alta productividad y muy baja producción primaria.
Río Itata en Coelemu (E6)	12/12/2005	7,95	71	21,95	1,94	Aguas piscícolas, de productividad media y producción primaria muy baja.

Fuente: Elaboración propia.

Los datos de oxígeno disuelto están de color rojo, ya que estos valores se encuentran por debajo de la norma establecida para los ríos chilenos, la cual exige un mínimo de 5 mg/l. Esto causó bastante extrañeza por lo que se solicitó datos anteriores y posteriores a la fecha de este estudio. Estos valores se detallan en cuadro 22.

Cuadro 22: Valores de Oxígeno disuelto y su fecha de muestreo correspondientes a cada estación de muestreo

Río Itata en Cholguán (E2)		Río Itata en Trilaleo (E3)		Río Itata en balsa Nueva Aldea (E5)		Río Itata en Coelemu (E6)	
FECHA	OD (mg/l)	FECHA	OD (mg/l)	FECHA	OD (mg/l)	FECHA	OD (mg/l)
13/03/2000	8,9	13/03/2000	9,4	28/03/2000	12,3	20/03/2000	9,7
14/06/2000	11,3	14/06/2000	10,9	21/06/2000	9,8	05/07/2000	9,1
21/09/2000	10,4	21/09/2000	10,9	12/09/2000	11,4	06/09/2000	10
12/12/2000	8,8	12/12/2000	8,9	14/12/2000	7	06/12/2000	7,5
13/03/2001	9,8	13/03/2001	9,6	07/03/2001	7,2	14/03/2001	8,5
18/06/2001	11,9	19/06/2001	12	05/06/2001	10,3	13/06/2001	9,7
12/12/2001	8,95	12/12/2001	9,35	11/12/2001	7,9	14/12/2001	8,21
13/03/2002	5,46	13/03/2002	6,23	18/03/2002	2,79	19/03/2002	2,91
14/06/2002	10,7	14/06/2002	11,78	18/06/2002	10,7	20/06/2002	13,16
12/09/2002	13,5	12/09/2002	15,01	25/09/2002	10,3	25/09/2002	11,5
10/12/2002	7,6	10/12/2002	7,38	04/12/2002	8,3	11/12/2002	10,83
11/03/2003	9,23	11/03/2003	8,2	13/03/2003	8,16	14/03/2003	8,04
13/06/2003	11,57	13/06/2003	11,73	23/06/2003	10,69	18/06/2003	10,58
16/09/2003	13,4	16/09/2003	13,6	12/09/2003	11,81	15/09/2003	12,8
11/12/2003	10,41	11/12/2003	9,96	16/12/2003	9,81	15/12/2003	8,75
06/04/2004	9,25	06/04/2004	9,15	14/04/2004	9,43	07/04/2004	9,92
10/08/2004	11,29	09/08/2004	11,28	11/08/2004	10,84	12/08/2004	10,09
06/12/2004	7,03	06/12/2004	6,02	14/12/2004	5,41	15/12/2004	5,22
05/04/2005	3,51	05/04/2005	3,43	11/04/2005	2,95	13/04/2005	2,72
03/08/2005	2,52	03/08/2005	2,38	08/08/2005	2,27	09/08/2005	2,08
06/12/2005	1,95	06/12/2005	1,79	13/12/2005	1,32	12/12/2005	1,94
05/04/2006	1,93	05/04/2006	1,8	10/04/2006	1,27	13/04/2006	1,59
17/08/2006	11,5	03/08/2006	10,92	16/08/2006	11,7	08/08/2006	11,06
09/04/2007	10,05	09/04/2007	9,19	12/04/2007	8,72	17/04/2007	9,75
02/08/2007	12,73	02/08/2007	12,85	07/08/2007	12,16	08/08/2007	11,74
05/12/2007	8,73	05/12/2007	9,5	10/12/2007	8,74	11/12/2007	8,3
07/04/2008	10,47	07/04/2008	11,03	08/04/2008	10,3	03/04/2008	10,07

Para poder mostrar cartográficamente las diferentes calidades de las estaciones muestreadas se construyó una matriz de doble entrada en la cual se ingresa el nivel de Producción primaria y el nivel de Productividad piscícola, datos obtenidos del Cuadro 21. Esto se detalla a continuación en el cuadro 23.

Cuadro 23: Matriz para asignar puntaje a las estaciones según su productividad piscícola (PPi) y su producción primaria (PPr)

i PPr	PP			
		1 BAJA	2 MEDIA	3 ALTA
1 BAJA		2	3	4
2 MEDIA		3	4	5
3 ALTA		4	5	6

Fuente: Elaboración propia

El puntaje asociado a cada estación muestreada, su característica ambiental y color para la cartografía se detallan en el Cuadro 24.

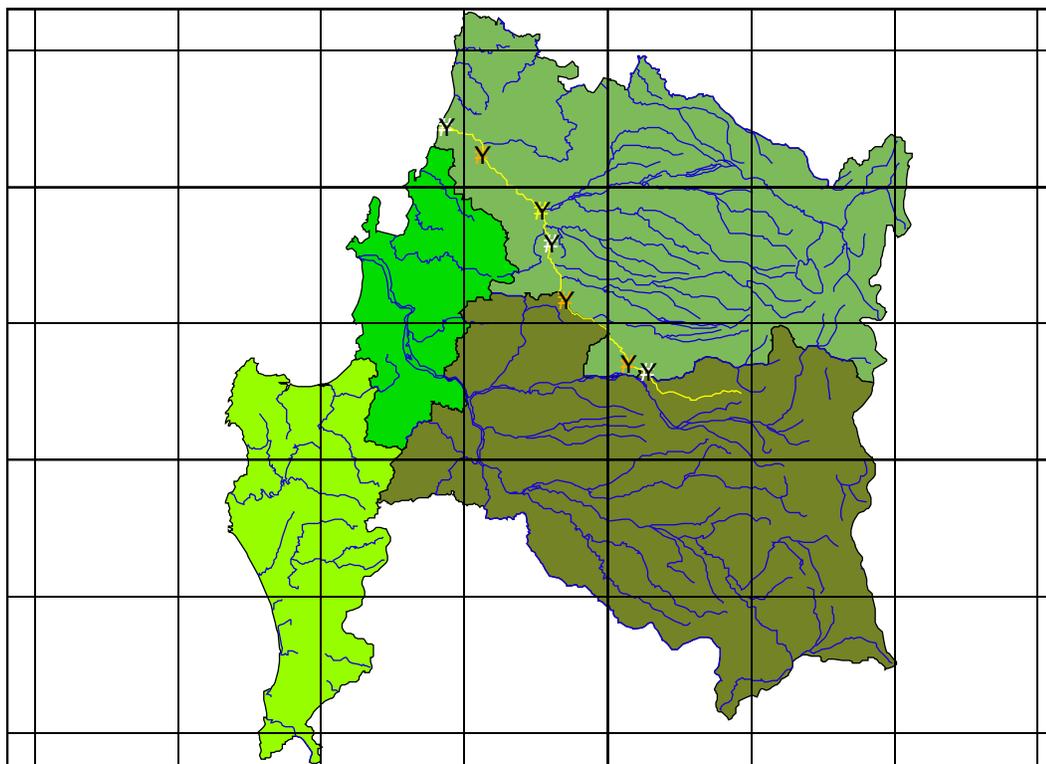
Cuadro 24: Puntaje obtenido para cada estación, su característica ambiental y su color asociado para la cartografía

Estación	Puntaje	Característica ambiental	Color asociado
E2	3	Malo, muy perturbado	Naranja
E3	3	Malo, muy perturbado	Naranja
E5	4	Regular, perturbado	Amarillo
E6	3	Malo, muy perturbado	Naranja

Fuente: Elaboración propia

A partir del cuadro 24 se construyó un mapa que representa las estaciones de muestreo con su color asignado según su característica ambiental, aquellas estaciones en donde no se obtuvo información aparecen de color blanco y con la leyenda NR que significa no representado. Dicho mapa se muestra a continuación en la figura 3.

Figura 3: Mapa Calidad de las aguas del río Itata para cada estación de muestreo según los parámetros físico-químicos.



5. DISCUSIÓN

La calidad de las aguas de un recurso hídrico puede variar a causa de acontecimientos de contaminación, para éste estudio se entenderá la contaminación por aquella causada bajo efecto antrópico (Meybeck 1990).

En Chile, la calidad de las aguas de un recurso hídrico es determinada a través del análisis de parámetros fluviométricos, como caudales máximos y mínimos, parámetros físicos, como temperatura, conductividad eléctrica, etc. y parámetros químicos, como *pH*, nitritos, fosfatos, etc. La entidad encargada del monitoreo de los recursos hídricos nacionales es la Dirección General de Aguas, dependiente del Ministerio de Obras Públicas. Pero también están otras organizaciones que realizan monitoreos, como la Policía de Investigaciones, Universidades, Consultoras privadas, entre otros.

Existen, en Chile, estudios que miden los grados de contaminación de un ambiente, basados en indicadores biológicos, como por ejemplo, los líquenes como bioindicador vegetal, útil en la identificación de contaminación del aire, o macrófitos como indicadores biológicos de sistemas dulceacuícolas.

En este estudio se encontró individuos de tres niveles tróficos. Con respecto a los microproductores primarios (el periphyton), la composición de éste y su agrupación varía estacionalmente (Allan, 1995); en este estudio se obtuvo un alto número de ejemplares, los que se analizaron usando el índice de diversidad de Simpson, con el cual se determinó aquellas estaciones de mayor o menor biodiversidad. Del segundo nivel encontrado, los consumidores macroinvertebrados bentónicos, se encontró ejemplares con mayor o menor grado de tolerancia a la contaminación, y a través del índice biótico ChBMWP se pudo determinar la calidad ambiental de cada estación muestreada. Por último con el nivel superior, correspondiente a los consumidores ícticos, se pudo determinar aquellas zonas de mayor o menor riqueza de especies, a través del número de familias colectado para cada estación; en este trabajo se capturó cinco familias de peces nativos y tres de introducidos, a diferencia del trabajo de Parra *et al* (1998), donde ese encontró un número mayor de familias. Esta diferencia puede deberse a que la captura de datos en el estudio del EULA fue realizada con pesca eléctrica a diferencia de este estudio, en que los datos fueron recolectados de manera tradicional (pesca con red y caña en forma racional);

principalmente porque la pesca eléctrica afecta los estadíos juveniles de las especies y, por lo tanto éstos no aparecen representados en la muestra; además el muestreo del estudio de Parra *et al* fue hace más de 10 años.

Bioindicadores de contaminación para el diagnostico de la calidad de aguas.

Para los ecosistemas acuáticos, los índices de diversidad son básicamente una aproximación a la calidad biológica a través de la estructura de la comunidad, en cambio los índices bióticos son una aproximación a la contaminación del agua haciendo uso del concepto organismo indicador, aunque estos no representen la estructura de la comunidad. En este estudio se utilizaron índices de diversidad para caracterizar las microalgas acuáticas y los ejemplares ícticos, y también se ocupó el índice biótico ChBMWP para caracterizar los macroinvertebrados bentónicos. Uniendo los resultados de los organismos bioindicadores se pudo obtener un diagnóstico de la calidad de las aguas del río Itata.

Los organismos bioindicadores señalan calidades del ambiente en el cual habitan. Un individuo estará en un hábitat definido si este es o no su nicho ecológico. Para que esto se dé, deberán concurrir una serie de parámetros que hagan existir a ese ser vivo. Por tal motivo es necesario contar con el mayor número de variables dentro de cada punto de muestreo, ya que así tendremos un análisis mas acabado.

En la segunda estación de muestreo, ubicada en el puente Cholguán, aledaño a las instalaciones de la empresa forestal Paneles Arauco S.A., área ritral del río Itata, los productores primarios indican la diversidad más baja, con respecto a las otras cinco estaciones muestreadas en este tema; los macroinvertebrados bentónicos señalan una calidad ambiental regular (índice ChBMWP); y por último en la fauna íctica (nivel superior de la trama) la riqueza es regular en cuanto a familias, ya que aparecen dos (pejerrey y trucha) de las ocho que se muestrearon en este trabajo. Si integramos estos tres resultados obtenemos una situación ecológica regular para esta área.

Es importante analizar el área puntual en donde se realizaran los vertidos de RILES, esto corresponde a la estación ubicada en la balsa Nueva Aldea. Aquí la diversidad de especies fitobentónicas es alta, ocupa el segundo lugar tras la estación 1; con respecto al índice ChBMWP señala una situación de calidad ambiental mala; y según la ictofauna, se

capturó ejemplares de pejerreyes y carpas, los que son bastante abundantes, pero en general la riqueza específica es regular. Lo cual significa en términos generales que la calidad ambiental en esta zona es regular.

La estación ubicada en el puente Itata en la comuna de Coelemu presenta los valores de ChBMWP más bajos de todo el muestreo, es decir, una situación de calidad ambiental muy mala. Además los peces capturados aquí fueron ejemplares salmonídeos, lo que avala que esta zona se encuentra fuertemente mermada de su condición natural, ya que no se capturó ejemplares nativos. Cabe destacar que según la clasificación ambiental usada por García de Vicuña *et al* (2003), las mejores situaciones ocurren cuando hay presencia de salmónidos y ciprínidos, lo cual no corre para Chile ya que éstas son especies introducidas, por lo que correspondería usar características ambientales óptimas para siluriformes o perciformes que son ordenes nativos¹. Con ambos resultados se determina una zona de mala calidad ambiental. Esto puede deberse a que principalmente los residuos domiciliarios de la ciudad de Coelemu son vertidos a pocos metros aguas arriba de donde se localizó este monitoreo.

La zona que presentó mayor riqueza de especies fue la ubicada en el área potamal con influencia estuarina del río Itata, la estación en la desembocadura. Aquí se encontraron especies ícticas como pejerreyes, cauques del Itata, lisas, bagres, carpas y percatruchas. Se puede hablar de un lugar de importante valor ecológico, alta riqueza específica. Los macroinvertebrados capturados dan cuenta de seres intolerantes a la contaminación, en su mayoría, pero al aplicar el índice ChBMWP, este determina un área de calidad ambiental regular, aunque con tendencia a buena calidad. En términos generales, esta zona representa una situación ambiental regular a buena, por lo que es importante continuar el monitoreo, ya que puede ser una de las más afectadas con las descargas aguas arriba del CFI Nueva Aldea.

Comparación de los datos bióticos y los datos abióticos.

Se comparó tres situaciones, una para el área ritral en la estación N° 2, otra para el área potamal en la estación N° 5 y finalmente para el área potamal con influencia estuarina en la estación N° 7.

¹ Profesora Laura Huaquin (conversación personal).

En la zona ritral del río Itata, se encuentran las estaciones N° 1 y 2, en esta última, río Itata en puente Cholguán, se encontró la más baja diversidad de microalgas, ejemplares de insectos acuáticos e individuos gastrópodos que indican una situación ambiental regular e individuos ícticos de dos familias (regular). Estos tres resultados promedian un estado regular de la calidad del río en este punto. Si se analizan los datos abióticos se confirma dicho escenario, ya que si bien son aguas capaces de albergar ejemplares ícticos, la producción primaria, es decir, la entregada por las plantas es muy baja. Esto último puede explicar la baja riqueza específica del lugar.

En el área potamal, zona media-baja del río, se ubican las estaciones N° 3, 4 y 5. La estación 5 corresponde a la ubicada justamente aguas abajo de la planta de celulosa Nueva Aldea. En esta zona, la situación ambiental según los indicadores biológicos es regular; los datos físico-químicos detallan un alto potencial piscícola pero de muy baja productividad primaria lo que desencadena baja composición específica en el resto de la trama trófica. Se puede encontrar un gran número de individuos pero pocas familias representadas y generalmente aquellas más resistentes a condiciones ambientales extremas.

En el área potamal con influencia estuarina, en la estación N° 7 se encontró gran riqueza de especies ícticas y macroinvertebrados. Estas especies dan cuenta de una zona regular a buena en cuanto a la calidad ambiental. A pesar de que faltan los parámetros físico-químicos entregados por la DGA, se puede caracterizar esta área a partir de las particularidades observadas *in situ*, al momento de realizar este monitoreo. Una de estas características físicas, es la presencia de gran cantidad de sustrato, particularmente limoso; a partir de esta característica se confirma que la cantidad de alimento para la biota es mayor. Estos sedimentos son los que han descendido a lo largo del río y también la materia entregada por la vegetación ribereña, además en ésta zona, en el periodo que se realizó éste muestreo, había gran presencia de aves migratorias las cuales también están entregando nutrientes al río. El sustrato, como se dijo anteriormente, es una de las variables físicas que más influye en el desarrollo de la vida acuática. Allan en 1995, señala que el sustrato es muy complejo debido a su heterogeneidad y no es fácil caracterizarlo de forma lineal como sí es posible para los otros factores. Principalmente porque el sustrato lo compone una parte orgánica y otra inorgánica, dentro de esta última se puede encontrar arena, grava, piedras y bolones o cantos rodados (según diámetro de

partícula); y dentro del otro componente se pueden encontrar desde pequeños fragmentos orgánicos hasta árboles caídos enteros, en los cuales enraízan plantas, algas filamentosas e incluso habitan otros animales. El sustrato es un factor importante en la abundancia y la diversidad de los organismos acuáticos. Como se detalla en el cuadro 25 reportado por Mackay & Kalff (1969), citado por Allan (1995), el tipo de sustrato influye en la abundancia, riqueza y diversidad de insectos acuáticos:

Cuadro 25: Abundancia y diversidad de especies de insectos acuáticos encontrados en cinco hábitats (caracterizado principalmente por su sustrato) en un río de Quebec. Valores anuales acumulados

Hábitat	Abundancia	Número de especies (Riqueza)	Diversidad
Arena	920	61	1.96
Grava	1300	82	2.31
Piedras y piedrecilla	2130	76	2.02
Hojas	3480	92	2.40
Detrito	5680	66	1.73

Fuente: Mackay & Kalff (1969), citado por Allan (1995).

Del cuadro 25 es posible reafirmar lo presentado para el caso del río Itata. En la última estación se encontró mayor abundancia y riqueza de insectos acuáticos, cuyo hábitat es más rico en sustrato, ya que se encuentran además del limo y la arena, partículas orgánicas como hojas, madera en descomposición, macrófitas, entre otros. En general, la diversidad y abundancia de invertebrados bentónicos incrementan en sustratos con partículas de tamaño medio, y algo de evidencia sugiere que la diversidad declina a medida que aumenta el tamaño de las partículas de sustrato (Allan, 1995). A todo esto se puede agregar que en la zona estuarina, vale decir en la desembocadura del río también es importante el viento y el oleaje que ayudan a elevar las masas de agua, así oxigenan el medio y además elevan los nutrientes del fondo (Nitrógeno y Fósforo), esto genera mas producción de algas y por ende mayor fuente de alimento para los ejemplares superiores².

Especial mención se hace a los valores informados para el oxígeno disuelto. Si se analizan los datos desde el año 2000 hasta abril del presente, es posible ver que entre abril de 2005 y abril de 2006 hubo una fuerte caída de estos valores, dejándolos por

² Profesora Laura Huaquín (conversación personal).

debajo de la norma chilena. Se puede atribuir ésto a factores contaminantes, pero no se tienen los antecedentes para probar dicha hipótesis.

6. CONCLUSIONES

Analizando los componentes biológicos de un lugar, es posible caracterizar el estado ambiental en el que éste se encuentra, es decir, es posible bioindicar una situación ecológica en particular.

El primer nivel trófico, el de los productores primarios, señala que la zona alta del río (estación 1) es la más diversa, pero tiene una fuerte caída en la estación siguiente (nº 2), esto puede deberse a los vertidos de RILES que realiza la empresa Paneles Arauco S.A. en este punto. Luego en las estaciones sucesivas existe una tendencia a mejorar el índice de diversidad, aunque sólo se llega a un estado regular. Los datos físico-químicos, señalan una producción primaria muy baja para todo el río. Este punto es muy inquietante, ya los reportes de la DGA muestran una caída en los valores de oxígeno disuelto para el año en que se realizó este muestreo.

A través de las muestras de macroinvertebrados bentónicos fue posible caracterizar las estaciones según su grado de contaminación (índice biótico ChBMWP), lo que significa que son resultados mas confiables al momento de diagnosticar calidades. Éste método señaló que en general la calidad del río Itata es regular, siendo la zona de la desembocadura la con mejores resultados.

Con respecto a la fauna íctica, se capturó un número bajo de familias, en comparación a otros estudios, sin embargo esta colecta quizás no hubiese sido posible sin el valioso apoyo de los pescadores artesanales de la zona. El área de la desembocadura fue donde se capturó el mayor número de familias, ésto puede deberse principalmente a que hay intercambio de especies entre el río y el mar y también a que en el período que se realizó el muestreo los peces se encuentra apareándose en estas zonas para luego desovar aguas arriba.

Si se comparan las variables bióticas con las abióticas se puede determinar que ambas son dependientes entre sí. Por ejemplo en cuanto al pH , las estaciones muestreadas determinan un pH favorable para la presencia de peces, y con excepción de la estación nº 3, en todas las estaciones muestreadas se encontró representantes de esta fauna.

La mejor calidad ambiental de las aguas del río Itata se observó en la zona de la desembocadura, por tal motivo se propone un seguimiento de los factores aquí analizados, ya que podría verse muy afectada con las descargas de RILES del CFI Nueva Aldea, la cual ocurre a 52 kilómetros aguas arriba de este punto.

Finalmente se puede concluir que a través del uso de bioindicadores es posible determinar la calidad de las aguas del río Itata. Esta metodología podría ser aplicada a nivel nacional, integrándose al método tradicional que sólo usa parámetros físico-químicos, ya que es más representativa del estado ambiental del recurso hídrico que se desee analizar y además tiene dos grandes ventajas en su aplicabilidad: no es compleja y es económica.

7. BIBLIOGRAFIA

- ALBA-TERCEDOR, J. & SÁNCHEZ, O. 1988. "Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basada en el de Hellawell (1978)". *Limnética*. 4: 51-56 pp.
- ALBA-TERCEDOR, J. & SÁNCHEZ, O. 1996. "Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos". IV Simposio del agua en Andalucía (SIAGA). Almería. 2: 203-213 pp.
- ALLAN, D. 1995. "Stream Ecology. Structure and function of running Waters". School of Natural Resources and Environment. University of Michigan. United States of America. 388 p.
- ARENAS, J. 1993. "Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad del agua del río Bío-Bío, Chile". Tesis Doctor en Ciencias Ambientales. Universidad de Concepción. Concepción. Chile. 240 p.
- BARRÍA, S. & BORÉ, D. 1978. "Calidad de agua del estero Limache, como afluente del futuro embalse Los Aromos". Memoria Ingeniero de Ejecución en Pesquería. Universidad Católica de Valparaíso, Departamento de Pesquería. Valparaíso. Chile.
- BENTHOS. 2008. Estudios en aguas continentales. [En línea]. <http://www.benthos.cl/publica.htm>. Consultado: 15 de mayo de 2008.
- CAMOUSSEIGHT, A. 2006. "Estado de conocimiento de los *Ephemeroptera* de Chile". *Gayana*. 70(1): 50-56 pp.
- CANAVOS, G. 1995. "Probabilidad y estadística". Editorial McGraw-Hill. México, D.F. México. 651p.
- CFI NUEVA ALDEA, Proyecto. [En línea]. <http://www.complejonuevaaldea.cl>. Consultado: 24 de octubre de 2006.
- CONAMA. 2005. "Ley 19.300 de Bases Generales del Medio Ambiente". [En línea] <<http://www.conama.cl>> Consultado: 24 de octubre de 2006.
- CONAMA. Sala de Prensa. [En línea]. <<http://www.conama.cl/portal/1301/article-36159.html>>. Consultado: 06 de Octubre de 2007.
- DE LA LANZA, G., HERNÁNDEZ, S., CARBAJAL, J. 2000. "Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores)". Editorial Plaza y Valdés. México, D.F. México. 633 p.

- DGA. 2004. "Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad, cuenca del río Itata". Ministerio de Obras Públicas. Gobierno de Chile. Santiago. Chile. 127 p.
- DONOSO, C. 1998. "Bosques templados de Chile y Argentina". Editorial Universitaria. Santiago. Chile. 484 p.
- ERRAZURIZ, A, CERECEDA, P., GONZALEZ, J., GONZALEZ, M., HENRIQUEZ, M. & RIOSECO, R. 1998. "Manual de geografía de Chile". 3^{ra} edición. Editorial Andrés Bello. Santiago. Chile. 443 p.
- FIGUEROA, R., PALMA, A., RUIZ, V. & NIELL, X. 2007. "Análisis comparativo de índices bióticos utilizados en la evaluación de la calidad de las aguas en un río mediterráneo de Chile: río Chillán, VIII Región". Revista Chilena de Historia Natural. 80: 225-242 pp.
- FIGUEROA, R., VALDOVINOS, C., ARAYA, E. & PARRA, O. 2003. "Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile". Revista Chilena de Historia Natural. 75: 275-285 pp.
- GARCÍA DE BIKUÑA, B., FRAILE, H., AGUIRRE, A., LEONARDO, J.M., MOSO, M. & ARRATE, J. 2003. "Seguimiento y caracterización de las aguas superficiales en el Parque de Salburua. Informe final 2003-2004". Centro de Estudios Ambientales, Ingurugiro Galetarako Ikastegia. Vitoria-Gasteiz. Informe inédito.
- HABIT, E., DYER, B. & VILA, I. 2006. "Estado de conocimiento de los peces dulceacuícolas de Chile". Gayana. 70(1): 100-113pp.
- HICKMAN, C., ROBERTS, L. & LARSON, A. 1994. "Zoología principios integrales". 9^{na} edición. Editorial Mc Graw Hill interamericana. 1074 p.
- IBARRA, M. 2002. "Clasificación de la Vegetación y de los Bosques en Chile". Apuntes Cátedra Ecología Forestal año 2002. Departamento de Silvicultura. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. Santiago. Chile.
- INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. 1978. "Norma Chilena Oficial N°1333 (NCH 1333 OF. 1978)". Aprobada por Decreto Supremo N°867 del 07/04/1978 del Ministerio de Obras Públicas. Publicado en el Diario Oficial del 22/05/1978.
- JEREZ, V. & MORONI, J. 2006. "Diversidad de coleópteros acuáticos en Chile". Gayana. 70(1): 72-81 pp.
- KOLKWITZ, R. & MARSSON, M. 1909. "Oekologie der tierischen Saprobien". Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie und Hydrographie. 2: 126-152 pp.

- LÓPEZ, M. & SANCHEZ, L. 1995. "Problemas causados por la contaminación de las industrias elaboradoras de celulosa". Documento técnico nº 94. Chile Forestal. 1-7 pp.
- MARAMBIO, C. 2001. "Formulación de indicadores hidrobiológicos de contaminación en cursos fluviales chilenos". Memoria Ingeniero Forestal. Universidad de Chile, Departamento de Manejo de Recursos Forestales. Santiago. Chile.
- MERRIT, R. & CUMMINS, K. 1984. "An Introduction to the Aquatic Insects of North America". 2nd Edition. Kendall-Hunt Publishing Company. Iowa. United States of America. 441 p.
- MEYBECK, M. 1990. "La contaminación de los ríos". Mundo Científico Nº 104. Vol. 10.
- NISBET, M. & VERNEAUX J. 1970. "Composantes chimiques des eaux courantes. Discusion et proposition de classes en tant que bases d'interprétation des analyses chimiques". Annales de Limnologie 6(2): 161-190 pp.
- ODUM, E. 1973. "Ecología". Editorial Interamericana. México D. F. México. 639 p.
- PARRA, O. & DE MATTO BICUDO, C. 1990. "Algas de aguas continentales". Gráfica Andes Ltda. Santiago. Chile. 268 p.
- ROJAS, F. 2006. "Estado de conocimiento de los *Trichoptera* de Chile". Gayana. 70(1): 65-71 pp.
- ROLDAN, G. 1988. "Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua". Ecología, Revista de la Academia Colombiana de Ciencia. Colombia. 88: 375-387pp.
- RUPPERT, E. & BARNES, R. 1996. "Zoología de los invertebrados". 6^{ta} edición. Editorial Mc Graw Hill interamericana. 1114 p.
- STOLPE, N. 2006. "Descripción de los principales suelos de la VIII región de Chile". Departamento de suelos y recursos naturales. Facultad de Agronomía. Universidad de Concepción. Concepción. Chile
- SILVA, R. 2006. "Industria de celulosa y papel: calidad, medioambiente y biotecnología". Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. Ambiente Forestal. 1(1): 26-33 pp.
- VÁZQUEZ, G., MEJÍA, G., GONZÁLEZ, I., PÉREZ, R. & CASTRO, T. 2006. "Bioindicadores como herramientas para determinar la calidad del agua". Departamento el Hombre y su Ambiente. Universidad Autónoma de México (UAM-X). México, D.F. México. 1-7 pp.

- VERA, A. & CAMOUSSEIGHT, A. 2006. "Estado de conocimiento de los *Plecópteros* de Chile". *Gayana*. 70(1): 57-64 pp.
- WETZEL, R. & LIKENS, G. 1979. "Limnological Analyses". W. B. Saunders Company. Philadelphia. United States of America. 357 p.
- WHITON, A. B. 1975. "River Ecology". Blackwell Scientific Publications. Oxford. England. 725 p.

ANEXOS

Anexo N° 1: Formulario de solicitud de información al sistema Banco Nacional de Aguas (BNA)

Datos del o la solicitante

Nombre: María Fernanda Hurtado Roa

Rut (solicitante): 14.146.921-5

Dirección: Simón Bolívar 6400-F, la Reina, RM.

Fono y/o fax: 09-9694940

E-mail: marife.hurtado@gmail.com

Motivo de la consulta

	Estudio para DGA		Proyecto MOP	X	Memoria titulo
	Estudio hidrológico		Proyecto inmobiliario		Estudio mercado
	Informe jurídico		Otros		

Tipo de variables

F	Fluviometría	AS	Aguas subterráneas
N	Embalses y lagos	CA	Calidad de aguas
M	Meteorología	P	Pluviometría

Frecuencia

D	Diaria
M	Mensual
A	Anual

Completar con los datos requeridos y marcar con una X la frecuencia

PARÁMETROS DE REFERENCIA (llenar a lo menos una de las columnas)			PERIODO		Tipo variable	FRECUENCIA		
Código	Nombre Estación	Región	Desde	Hasta		D	M	A
08123001-3	RIO ITATA EN CHOLGUAN	VIII	01-12-2005	31-12-2005	CA		X	
08124002-7	RIO ITATA EN TRILALEO	VIII	01-12-2005	31-12-2005	CA		X	
08135002-7	RIO ITATA EN BALSA NUEVA ALDEA	VIII	01-12-2005	31-12-2005	CA		X	
08141001-1	RIO ITATA EN COELEMU	VIII	01-12-2005	31-12-2005	CA		X	

Por favor seleccionar los Informes del Sistema BNA que requiera para cada estación seleccionada, al reverso

Observaciones: (Si es necesario, entregar mayores características de la zona o tipo de información solicitada)

APÉNDICES

Apéndice N° 1: Macroinvertebrados bentónicos encontrados en los tres métodos de muestreo.

A través de contenidos estomacales:

Composición íctica y sus contenidos estomacales para cada estación de muestreo.

Estación	Especie íctica	Contenido estomacal
Río Itata en salto Cholguán	Alevín de percatrucha	Restos de <i>Coleóptera</i>
Río Itata en puente Cholguán	Alevín de pejerrey	Vacío
	Alevín de trucha	Restos de <i>hemíptera</i>
Río Itata en puente El Roble	Alevín de pejerrey	Restos de <i>Coleóptera</i>
Río Itata en Balsa Nueva Aldea	Pejerrey	Restos de <i>Coleóptera</i> y grasas
	Carpa	Restos de <i>Coleóptera</i> y grasas
Río Itata en Coelemu	Trucha arcoiris	Restos de otro pez
Río Itata en desembocadura	Percatrucha	<i>Oligochaeta</i> y grasas
	Cauque del Itata	Restos de <i>ephemeroptera</i> , de <i>decaoada (Aeglas)</i> y grasas
	Pejerrey	Restos de <i>amphipoda</i> y grasas
	Bagre	Restos de <i>decapoda (Aeglas)</i>

A través de la red Surber:

Composición específica del macrozoobentos colectado con red Surber para cada estación de muestreo.

Estación	Macroinvertebrado bentónico
Río Itata en salto Cholguán	<i>Gerridae</i> y <i>Chiliniidae</i>
Río Itata en puente Cholguán	<i>Gerridae</i>
Río Itata en puente El Roble	<i>Corixidae</i> e <i>Hydrophilidae</i>

A través del transecto de rocas:

Composición específica del macrozoobentos colectado a través del transecto de rocas para cada estación de muestreo.

Estación	Macroinvertebrado bentónico
Río Itata en salto Cholguán	Gastrópodos (decapados), larvas de coleóptero (<i>Elmidae</i> sp), plecóptero y nemátodos
Río Itata en puente Cholguán	Gastrópodos (<i>Ancylidae</i> sp)
Río Itata en General Cruz	<i>Dipteros</i> y <i>Odonata</i>
Río Itata en puente El Roble	<i>Basommatophoras (Chiliniidae)</i>
Río Itata en Balsa Nueva Aldea	Coleópteros

Apéndice N° 2: Síntesis de las microalgas encontradas siguiendo la clasificación propuesta por Bourrelly (1979), citado por Parra (1990) y recuento de éstas para cada estación de muestreo.

Estación M1, Salto Cholguán

Clase	Orden	Familia	Especie	GOTA1		GOTA2		GOTA3		Totales	
				C1	C2	C1	C2	C1	C2		
Bacillariophyceae	Pennales	Achnantheaceae	<i>Achnanthes sp</i>							0	
	Pennales	Diatomaceae	<i>Fragilaria sp</i>	2	1	1	3	1	3	11	
	Pennales	Diatomaceae	<i>Synedra sp</i>							0	
	Pennales	Epithemiaceae	<i>Epithemia sp</i>							0	
	Pennales	Epithemiaceae	<i>Rhopalodia sp</i>							0	
	Pennales	Naviculaceae	<i>Cymbella sp</i>	2		2	2	4	1	11	
	Pennales	Naviculaceae	<i>Cymbella spp</i>							0	
	Pennales	Naviculaceae	<i>Gomphonema sp</i>							0	
	Pennales	Naviculaceae	<i>Amphora sp</i>	4	3	3	2	3		15	
	Pennales	Naviculaceae	<i>Naviculla sp</i>							0	
	Pennales	Naviculaceae	<i>Mastogloia sp</i>							0	
	Pennales	Nitzschiaceae	<i>Nitzschia sp</i>							0	
	Pennales	Surirellaceae	<i>Cymatopleura solea</i>							0	
	Centrales	Melosiraceae	<i>Aulacoseira sp</i>							0	
	Total										37
Chlorophyceae	Chlorococcales	Chlorellaceae	<i>Chlorella sp</i>							0	
	Chlorococcales	Hydrodictyaceae	<i>Pediastrum sp</i>							0	
	Chlorococcales	Oocystaceae	<i>Oocystis sp</i>							0	
	Zygnematales	Zygnemaceae	<i>Zygnemopsis sp</i>							0	
Total										0	
Cyanophyceae	Chroococcales	Chroococcaceae	<i>Gloeocapsa sp</i>							0	
	Nostocales	Nostocaceae	<i>Anabaena sp</i>							0	
Total										0	
Totales en la submuestra	1	2	3	8	4	6	7	8	4	37	
Celulas/cm2				26,09	28,26	26,09					80,4

Estación M2, Puente Cholguán

Clase	Orden	Familia	Especie	GOTA1		GOTA2		GOTA3		Totales
				C1	C2	C1	C2	C1	C2	
Bacillariophyceae	Pennales	Achnantheaceae	<i>Achnanthes sp</i>	1	3	6	1	5	4	20
Total	Pennales	Diatomaceae	<i>Fragilaria sp</i>	2		2				4
	Pennales	Diatomaceae	<i>Synedra sp</i>							0
	Pennales	Epithemiaceae	<i>Epithemia sp</i>							0
	Pennales	Epithemiaceae	<i>Rhopalodia sp</i>							0
	Pennales	Naviculaceae	<i>Cymbella sp</i>	4	1	2	2			9
	Pennales	Naviculaceae	<i>Cymbella spp</i>			2				2
	Pennales	Naviculaceae	<i>Gomphonema sp</i>	6	3	4	3	3	4	23
	Pennales	Naviculaceae	<i>Amphora sp</i>					2		2
	Pennales	Naviculaceae	<i>Naviculla sp</i>					1	4	5
	Pennales	Naviculaceae	<i>Mastogloia sp</i>							0
	Pennales	Nitzschiaceae	<i>Nitzschia sp</i>							0
	Pennales	Surirellaceae	<i>Cymatopleura solea</i>	1				1		2
	Centrales	Melosiraceae	<i>Aulacoseira sp</i>	8	2	6	6	2	1	25
	Total									
Chlorophyceae	Chlorococcales	Chlorellaceae	<i>Chlorella sp</i>					2		2
Total	Chlorococcales	Hydrodictyaceae	<i>Pediastrum sp</i>							0
	Chlorococcales	Oocystaceae	<i>Oocystis sp</i>						1	1
	Zygnematales	Zygnemaceae	<i>Zygnemopsis sp</i>					7		7
Total										8
Cyanophyceae	Chroococcales	Chroococcaceae	<i>Gloeocapsa sp</i>							0
Total	Nostocales	Nostocaceae	<i>Anabaena sp</i>							0
Total										0
Totales en la submuestra	4	7	12	22	9	22	12	23	14	102
Celulas/cm2				67,39		73,91		80,43		221,7

Estación M3, General Cruz

Clase	Orden	Familia	Especie	GOTA1		GOTA2		GOTA3		Totales
				C1	C2	C1	C2	C1	C2	
Bacillariophyceae	Pennales	Achnantheaceae	<i>Achnanthes sp</i>	4	2	1	3			10
Total	Pennales	Diatomaceae	<i>Fragilaria sp</i>	1			2	2		5
	Pennales	Diatomaceae	<i>Synedra sp</i>			1				1
	Pennales	Epithemiaceae	<i>Epithemia sp</i>			1				1
	Pennales	Epithemiaceae	<i>Rhopalodia sp</i>					1		1
	Pennales	Naviculaceae	<i>Cymbella sp</i>	1				3	1	5
	Pennales	Naviculaceae	<i>Cymbella spp</i>					1		1
	Pennales	Naviculaceae	<i>Gomphonema sp</i>	2		3	1			6
	Pennales	Naviculaceae	<i>Amphora sp</i>	1	1	2				4
	Pennales	Naviculaceae	<i>Naviculla sp</i>	1				1		2
	Pennales	Naviculaceae	<i>Mastogloia sp</i>							0
	Pennales	Nitzschiaceae	<i>Nitzschia sp</i>							0
	Pennales	Surirellaceae	<i>Cymatopleura solea</i>	2						2
	Centrales	Melosiraceae	<i>Aulacoseira sp</i>	4	1	2	1		1	9
	47									
Chlorophyceae	Chlorococcales	Chlorellaceae	<i>Chlorella sp</i>	3						3
Total	Chlorococcales	Hydrodictyaceae	<i>Pediastrum sp</i>							0
	Chlorococcales	Oocystaceae	<i>Oocystis sp</i>							0
	Zygnematales	Zygnemaceae	<i>Zygnemopsis sp</i>							0
3										
Cyanophyceae	Chroococcales	Chroococcaceae	<i>Gloeocapsa sp</i>							0
Total	Nostocales	Nostocaceae	<i>Anabaena sp</i>							0
	0									
Totales en la submuestra	3	6	13	19	4	10	7	8	2	50
Celulas/cm2				50		36,96		21,74		108,7

Estación M4, Puente El roble

Clase	Orden	Familia	Especie	GOTA1		GOTA2		GOTA3		Totales	
				C1	C2	C1	C2	C1	C2		
Bacillariophyceae	Pennales	Achnantheaceae	<i>Achnanthes sp</i>	14	8		1	2	1	26	
Total	Pennales	Diatomaceae	<i>Fragilaria sp</i>	11	4	3	5	4	2	29	
	Pennales	Diatomaceae	<i>Synedra sp</i>							0	
	Pennales	Epithemiaceae	<i>Epithemia sp</i>							0	
	Pennales	Epithemiaceae	<i>Rhopalodia sp</i>	1	1					2	
	Pennales	Naviculaceae	<i>Cymbella sp</i>	6	4	1	9	2	3	25	
	Pennales	Naviculaceae	<i>Cymbella spp</i>	2						2	
	Pennales	Naviculaceae	<i>Gomphonema sp</i>	13	7	3	2	3	3	31	
	Pennales	Naviculaceae	<i>Amphora sp</i>				1	1	1	3	
	Pennales	Naviculaceae	<i>Naviculla sp</i>	9	7	2	1	3	1	23	
	Pennales	Naviculaceae	<i>Mastogloia sp</i>	3		1		1	1	6	
	Pennales	Nitzschiaceae	<i>Nitzschia sp</i>							0	
	Pennales	Surirellaceae	<i>Cymatopleura solea</i>							0	
	Centrales	Melosiraceae	<i>Aulacoseira sp</i>	16	13	9	4		4	46	
	Total										193
	Chlorophyceae	Chlorococcales	Chlorellaceae	<i>Chlorella sp</i>							0
Total	Chlorococcales	Hydrodictyaceae	<i>Pediastrum sp</i>							0	
	Chlorococcales	Oocystaceae	<i>Oocystis sp</i>							0	
	Zygnematales	Zygnemaceae	<i>Zygnemopsis sp</i>							0	
Total										0	
Cyanophyceae	Chroococcales	Chroococcaceae	<i>Gloeocapsa sp</i>							0	
Total	Nostocales	Nostocaceae	<i>Anabaena sp</i>			1	3			4	
										4	
Totales en la submuestra	3	6	11	75	44	20	26	16	16	197	
	Celulas/cm2			258,7	100	69,57				428,3	

Estación M5, Nueva Aldea

Clase	Orden	Familia	Especie	GOTA1		GOTA2		GOTA3		Totales			
				C1	C2	C1	C2	C1	C2				
Bacillariophyceae	Pennales	Achnantheaceae	<i>Achnanthes sp</i>	11	6	4	5	16	10	52			
	Pennales	Diatomaceae	<i>Fragilaria sp</i>	14	9	4	16	7	7	57			
	Pennales	Diatomaceae	<i>Synedra sp</i>			3	11	6	2	22			
	Pennales	Epithemiaceae	<i>Epithemia sp</i>							0			
	Pennales	Epithemiaceae	<i>Rhopalodia sp</i>	2			1	4		7			
	Pennales	Naviculaceae	<i>Cymbella sp</i>	6	6		1	1	1	15			
	Pennales	Naviculaceae	<i>Cymbella spp</i>	8	3			1		12			
	Pennales	Naviculaceae	<i>Gomphonema sp</i>	10	8	4	9	2	3	36			
	Pennales	Naviculaceae	<i>Amphora sp</i>							0			
	Pennales	Naviculaceae	<i>Naviculla sp</i>	6	5	2	14	5	3	35			
	Pennales	Naviculaceae	<i>Mastogloia sp</i>		2		4	1		7			
	Pennales	Nitzschiaceae	<i>Nitzschia sp</i>	4	2			1		7			
	Pennales	Surirellaceae	<i>Cymatopleura solea</i>	1			1			2			
	Centrales	Melosiraceae	<i>Aulacoseira sp</i>	18	4	7	36	13	4	82			
Total										334			
Chlorophyceae	Chlorococcales	Chlorellaceae	<i>Chlorella sp</i>							0			
	Chlorococcales	Hydrodictyaceae	<i>Pediastrum sp</i>				1			1			
	Chlorococcales	Oocystaceae	<i>Oocystis sp</i>							0			
	Zygnematales	Zygnemaceae	<i>Zygnemopsis sp</i>							0			
Total										1			
Cyanophyceae	Chroococcales	Chroococcaceae	<i>Gloeocapsa sp</i>	3						3			
	Nostocales	Nostocaceae	<i>Anabaena sp</i>							0			
Total										3			
Totales en la submuestra				3	8	14	83	45	24	99	57	30	338
Celulas/cm2							278,3	267,4	189,1				734,8

Apéndice N° 3: Listado de microalgas según Abundancia (A) y Abundancia relativa (Ar)

Especie	E1			E2			E3			E4			E5		
	A	Ar	(Ar) ²	A	Ar	(Ar) ²	A	Ar	(Ar) ²	A	Ar	(Ar) ²	A	Ar	(Ar) ²
<i>Achnanthes sp</i>	0,0	0,0	0,0	20,0	0,2	0,0	10,0	0,2	0,0	26,0	0,1	0,0	52,0	0,2	0,0
<i>Fragilaria sp</i>	11,0	0,3	0,1	4,0	0,0	0,0	5,0	0,1	0,0	29,0	0,1	0,0	57,0	0,2	0,0
<i>Synedra sp</i>	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,0	0,1	0,0
<i>Epithemia sp</i>	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Rhopalodia sp</i>	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	1,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	7,0	0,0	0,0
<i>Cymbella sp</i>	11,0	0,3	0,1	9,0	0,1	0,0	5,0	0,1	0,0	25,0	0,1	0,0	15,0	0,0	0,0
<i>Cymbella spp</i>	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	12,0	0,0	0,0
<i>Gomphonema sp</i>	0,0	0,0	0,0	23,0	0,2	0,1	6,0	0,1	0,0	31,0	0,2	0,0	36,0	0,1	0,0
<i>Amphora sp</i>	15,0	0,4	0,2	2,0	0,0	0,0	4,0	0,1	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Naviculla sp</i>	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	23,0	0,1	0,0	35,0	0,1	0,0
<i>Mastogloia sp</i>	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	0,0	0,0	7,0	0,0	0,0
<i>Nitzschia sp</i>	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	0,0	0,0
<i>Cymatopleura solea</i>	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0
<i>Aulacoseira sp</i>	0,0		0,0	25,0	0,2	0,1	9,0	0,2	0,0	46,0	0,2	0,1	82,0	0,2	0,1
<i>Chlorella sp</i>	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Pediastrum sp</i>	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	3,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0
<i>Oocystis sp</i>	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Zygnemopsis sp</i>	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Gloeocapsa sp</i>	0,0	0,0	0,0	7,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0
<i>Anabaena sp</i>	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total (Σ)	37,0		0,3	102,0		0,2	50,0		0,1	197,0		0,1	338,0		0,1

