



REPÚBLICA DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS



**ANÁLISIS DE CRITERIOS HIDROAMBIENTALES
EN EL MANEJO DE RECURSOS HÍDRICOS.**

**DISEÑO DE PLAN DE MONITOREO PARA LA
DETERMINACIÓN DE CAUDALES ECOLÓGICOS**

**DIVISIÓN RECURSOS HÍDRICOS Y MEDIO AMBIENTE
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD DE CHILE**

Santiago, Noviembre, 1998

PERSONAL PARTICIPANTE

UNIVERSIDAD DE CHILE

Departamento de Ingeniería Civil
División Recursos Hídricos y Medio Ambiente

Jefe Proyecto

Ing. Civil Ximena Vargas M.

EQUIPO DE TRABAJO

Profesionales

Luis Ayala
Ernesto Brown
Gabriela Castillo
Carlos Espinoza
Matilde López
Yarko Niño
Ana María Sancha
Aldo Tamburrino
Ximena Vargas

Especialidad

Hidráulica Fluvial
Hidrología
Calidad Microbiológica
Análisis de Sistemas Ambientales
Ecología
Hidráulica Fluvial e Hidrodinámica Ambiental
Calidad Físico-Química
Hidráulica Fluvial e Hidrodinámica Ambiental
Hidrología

Ayudantes

Pablo Carrasco C.
Maricel Gibbs
Cristián Núñez
Mauricio Ruz
Carlos Sepúlveda
Luis Aguirre
Carlos Garín

Especialidad

Hidráulica e Hidrología
Hidráulica e Hidrología
Hidráulica e Hidrología
Hidráulica e Hidrología
Ecología
Ecología
Ecología

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

Departamento Conservación y Protección de Recursos Hídricos

Inspector Fiscal

Mónica Pardo

INDICE

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	1
2. METODOLOGÍA INCREMENTAL PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES MÍNIMOS ACONSEJABLES (IFIM)	2
2.1 Introducción	2
2.2 Esquema de Análisis Incorporado en IFIM	3
2.3 Etapas Incluidas en la Metodología IFIM	3
2.4 Aspectos Específicos de la Metodología IFIM	8
2.5 Requerimientos para la Aplicación de IFIM	13
2.6 Experiencia Internacional en el Uso de IFIM y PHABSIM	16
3. PROGRAMA DE SIMULACIÓN DE HÁBITAT (PHABSIM)	18
3.1 Introducción	18
3.2 Aplicación de PHABSIM	22
3.3 Requerimientos de Software y Hardware	30
4. RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES	31
4.1 Parámetros Bióticos	31
4.2 Parámetros de Calidad	32
4.3 Parámetros Hidráulicos	33
4.4 Parámetros Hidrológicos	33
4.5 Mapas Esquemáticos y Cuadros Resumen	33
4.6 Otra Información Disponible	34
5. CAMPAÑA DE TERRENO	35
5.1 Objetivos	35
5.2 Metodología Utilizada	38
5.3 Resultados	39
5.4 Uso de la Información de Terreno en la Metodología IFIM	42
6. DEFINICION DEL PLAN DE MONITOREO	44
6.1 Análisis Preliminar de la Zona	44
6.2 Estaciones de Muestreo	46
6.3 Variables a Muestrear	46
6.4 Frecuencia y Extensión Temporal del Muestreo	47
6.5 Caracterización Integral del Sistema en Estudio	47
6.6 Experiencia Internacional	47
7. ANALISIS ECONOMICO	49
8. PROPOSICION DE ESTUDIOS ESPECIFICOS	51
9. ANALISIS DE LA APLICABILIDAD DE LAS METODOLOGÍAS IFIM Y PHABSIM EN CHILE	52

REFERENCIAS

- ANEXO I ANTECEDENTES DE CURSOS PARA METODOLOGÍA IFIM**
- ANEXO II ANTECEDENTES RECOPIADOS**
- ANEXO III ANTECEDENTES RECOPIADOS EN CAMPAÑA DE TERRENO**
- ANEXO IV ANALISIS DE MACROZOOBENTOS Y ALGAS DE DERIVA EN DOS CAUCES DE LA REGION METROPOLITANA**
- ANEXO V INFORMACION BASICA PARA EVALUACION ECONOMICA**
- ANEXO VI COMPONENTES DE UN LABORATORIO DE BIOLOGIA ACUATICA**

CAPITULO 1
INTRODUCCION Y OBJETIVOS

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Frecuentemente, el concepto de caudal "ecológico" se asocia al caudal mínimo necesario para asegurar la supervivencia de un ecosistema acuático preestablecido. Estudios anteriores realizados en el país han dejado en evidencia que, a la fecha, sólo es factible utilizar metodologías con base hidrológica ya que no existe una sistematización en la recopilación de antecedentes biológicos, por cuanto, en general, no se han fijado planes o programas institucionales que tengan cobertura nacional que persigan objetivos distintos de los catastrales y los escasos estudios que existen, contienen información muy específica de interés para el investigador que la realiza.

En la actualidad, la valoración ecológica ha ido adquiriendo una significativa importancia y existe mayor conciencia acerca de la sustentabilidad ambiental que se debe asegurar para el futuro. La Dirección General de Aguas, ha internalizado esta problemática y a través de su Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos, se encuentra abocada a desarrollar proyectos que posibiliten la apropiada definición de estos caudales mínimos, usando metodologías que no admitan cuestionamiento de las instituciones que utilizan el recurso para distintos fines.

Tal como se describe en este informe, la sustentabilidad de un hábitat acuático no se asegura con el mantenimiento de un caudal mínimo, ya que la biota acuática, al igual que todas las otras, presenta distintos requerimientos en sus diferentes etapas de desarrollo. Igualmente, como en determinados períodos del año coexisten sólo algunos estados de vida y en otros todos ellos están presentes, el problema resulta sumamente complejo, especialmente si se tiene en cuenta que las interacciones diversas entre éstos no son conocidas en globalidad.

El objetivo de este proyecto es el estudio de las necesidades de información, variables a registrar y período de muestreo, destinadas a la aplicación de programas de simulación de hábitat, entre la IV y X Región del país. El objetivo fundamental es la evaluación de la implementación de la Metodología Incremental para la Determinación de Caudales Mínimos (IFIM) en aquellos cursos de agua donde se realicen obras importantes para el aprovechamiento del recurso hídrico.

En el presente informe se describe en primer lugar la metodología incremental para la determinación de caudales mínimos aconsejables (IFIM) y el programa de simulación de hábitat (PHABSIM) desarrollado por el Servicio de Pesca y Vida Silvestre de Estados Unidos. Además, contiene la recopilación de antecedentes relacionados con la metodología IFIM y con las aplicaciones del programa PHABSIM. En este sentido se ha sintetizado la información biológica, hidráulica, hidrológica y de calidad de aguas registrada o procesada por instituciones públicas y privadas para la zona de interés.

Se evalúa la utilidad de la información disponible en función de su compatibilidad con la aplicación de la metodología IFIM y del programa PHABSIM.

Posteriormente, se evalúan los requerimientos de información de la metodología IFIM analizando su aplicabilidad a nuestros sistemas fluviales y se propone un plan de monitoreo para estos efectos. Dicho plan de monitoreo es evaluado económicamente para distintas situaciones que puedan presentarse. Finalmente, se proponen estudios específicos y se analiza la aplicabilidad en Chile de la metodología IFIM.

CAPITULO 2

METODOLOGIA INCREMENTAL PARA LA DETERMINACION DE CAUDALES MINIMOS ACONSEJABLES (IFIM)

2. METODOLOGIA INCREMENTAL PARA LA DETERMINACION DE CAUDALES MINIMOS ACONSEJABLES (IFIM)

2.1 Introducción

La Metodología Incremental para la Determinación de Caudales Mínimos Aconsejables (IFIM: Instream Flow Incremental Methodology) es una herramienta de análisis cuyo objetivo principal es la determinación de una regla de operación para los caudales de un río, cuyo régimen natural es o será afectado por una obra o proyecto de ingeniería civil que considere la utilización de los recursos naturales del sistema hídrico.

La metodología IFIM fue desarrollada originalmente para el Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos (U.S. Fish and Wildlife Service) por un grupo interdisciplinario de científicos e ingenieros, provenientes de agencias federales y universidades norteamericanas. El primer paso en el desarrollo de esta metodología consideró la integración de técnicas que involucran aspectos tan diversos como ingeniería hidráulica y ambiental, biología acuática, ecología, así como ciencias sociales. Este carácter multidisciplinario es una de las ventajas más importantes que presenta la metodología IFIM comparada con otras técnicas de análisis de este tipo de problemas.

El proyecto inicial del IFIM ha sido motivo de distintas modificaciones a lo largo de los más de 15 años desde su desarrollo original (1982). Estas modificaciones obedecen tanto a mejoras en los aspectos técnicos de las distintas componentes del IFIM, como a cambios en los conceptos filosóficos detrás de la metodología.

El IFIM incluye un sistema de simulación de hábitat de tipo modular (PHABSIM), que está compuesto por una librería de modelos de simulación interconectados. Estos modelos permiten describir las características temporales y espaciales del hábitat que resulta de una determinada alternativa de regulación de un río. Esta metodología es de tipo adaptativa, en el sentido que los distintos modelos que la componen pueden ser combinados para adaptarse a distintos escenarios de análisis.

La aplicación del IFIM a un problema de manejo de los recursos hídricos en un curso natural permite obtener, para distintos caudales en el río y en un determinado estado de desarrollo, una medida del hábitat utilizable por una especie que se desea preservar (*objetivo*). Esta información es utilizada por un equipo multidisciplinario para determinar la magnitud de los caudales que deben ser asegurados en diversas secciones del río durante distintas épocas del año. De esta manera, la metodología IFIM no se utiliza para definir un único valor del caudal mínimo en el cauce (caudal ecológico) sino una regla de operación que debe satisfacer una serie de intereses diversos, algunos de ellos opuestos entre sí.

De acuerdo a lo anterior, uno de los primeros problemas que suscita la aplicación de esta metodología es la definición de la o las especies que se desea preservar, la que se debe identificar entre un gran número de especies que conviven en los diversos tramos del río en estudio. De acuerdo a la forma de desarrollo de cada una de ellas es probable que existan contradicciones en cuanto a los tipos de acciones que deban ser tomadas para permitir que cada una de estas especies se desarrolle en plenitud. Es así como algunas especies pueden requerir condiciones en el río contrapuestas a aquellas requeridas para la supervivencia de otras. De esta manera, el definir cual o cuales de estas especies serán consideradas como prioritarias, dentro de un análisis de la metodología IFIM, es un paso fundamental para asegurar el éxito de su aplicación.

La metodología IFIM no toma en cuenta los efectos ambientales que se producen en los ecosistemas ribereños, excepto si estos ecosistemas ribereños se encuentran relacionados con la especie *objetivo* definida para el estudio. En términos generales, la metodología IFIM incorporaría en forma directa el impacto que una baja de caudal causa sobre el hábitat de la especie *objetivo*, si durante esta época se produce una baja de caudal (y por lo tanto una reducción del nivel de agua en el río) los huevos pueden quedar desprotegidos y el ciclo reproductivo puede ser alterado, por lo tanto, una manera de incorporar los ecosistemas ribereños dentro de la metodología IFIM es a través de la selección de una especie *objetivo* cuyo hábitat más adecuado sea aquel proporcionado por las zonas ribereñas del río. De

acuerdo a la información entregada por USGS Colorado la metodología IFIM ha sido aplicada a muchas especies *objetivo* diferentes (no sólo peces), por lo que su extensión a especies comunes a ecosistemas ribereños no debiera causar muchas dificultades.

2.2 Esquema de Análisis Incorporado en IFIM

El esquema utilizado para desarrollar el modelo de análisis que forma la base técnica del IFIM incluye cinco categorías principales, las que están basadas en principios ecológicos (Karr et al., 1986). Estas categorías fueron sugeridas por Karr durante un estudio que incluía el desarrollo de un Índice de Integridad Biológica para evaluar el impacto de actividades humanas sobre sistemas hídricos. A partir de este estudio se identificó las siguientes categorías: *régimen hidrológico del cauce*, *estructura del hábitat*, *calidad del agua*, *fuentes de alimentación y energía*, e *interacciones bióticas*.

El *régimen hidrológico del cauce*, caudal en el río como función del tiempo, es primordial para la aplicación del IFIM. Uno de los principales elementos utilizados en la evaluación final de resultados es la relación entre el hábitat utilizable (área del cauce disponible para la especie seleccionada) y el caudal pasante, tanto en condiciones naturales como en una situación alterada por el proyecto en análisis.

La *estructura del hábitat* utilizada para un análisis de IFIM combina la descripción empírica del cauce (forma y propiedades hidráulicas), la información hidrológica, así como modelos matemáticos para determinar una serie de variables hidráulicas que serán utilizadas en la fase de análisis. Algunas de estas variables son la profundidad y ancho del escurrimiento, así como la velocidad de la corriente como una función de los caudales pasantes por una determinada sección. La *estructura del hábitat* se incorpora en la cuantificación del microhábitat mediante PHABSIM.

En el caso de la *calidad del agua* es importante indicar que ésta puede ser incorporada mediante el uso de modelos matemáticos para agua superficial (QUAL2 por ejemplo). En esos casos es necesario recolectar información de terreno que permita caracterizar la calidad actual del curso de agua en estudio, así como individualizar aquellos procesos químicos relevantes para el sistema analizado. Esta caracterización permite seleccionar los modelos matemáticos apropiados para predecir los cambios en la calidad del agua debidos a las diferentes alternativas que incluye el proyecto en análisis. La información generada a partir del uso de estos modelos de simulación se utiliza para la definición del hábitat total disponible para la especie *objetivo*.

Las dos últimas categorías, *fuentes de alimentación y energía e interacciones bióticas*, han sido incorporadas sólo recientemente en un esfuerzo por mejorar la capacidad predictiva de las componentes biológicas del IFIM. Estos dos aspectos incluyen la utilización de modelos de crecimiento de población para predecir el comportamiento de la o las especies *objetivo* del estudio de impacto IFIM. La metodología IFIM actualmente utilizada en los EEUU no incluye estas dos categorías pero ellas están incluidas en el texto de estudio que se prepara para futuros cursos de entrenamiento.

Es importante indicar que la metodología IFIM no está expresamente diseñada para estudiar problemas relacionados con la calidad de las aguas debido a descargas de efluentes contaminados (por ejemplo, al efecto de descargas de alcantarillado hacia cursos naturales sin tratamiento previo). En efecto, el énfasis de la metodología es en lo que respecta a determinar el efecto de variables hidráulicas (altura media y velocidad del agua) sobre la componente biológica del cauce, la cual queda definida por la especie seleccionada para desarrollar el análisis. En el esquema tradicional del IFIM la componente de calidad de aguas se utiliza como un elemento para definir el macrohábitat utilizable, el que se relaciona con la longitud del cauce que es apta para el desarrollo de la especie en estudio.

2.3 Etapas Incluidas en la Metodología IFIM

La metodología IFIM es un proceso que incluye cuatro actividades o fases interrelacionadas: identificación y diagnóstico del problema, planificación del estudio, implementación del estudio, y finalmente el análisis de alternativas y la resolución del problema. Un esquema que incluye las componentes más importantes de la metodología IFIM se incluye en la Figura 2.1.

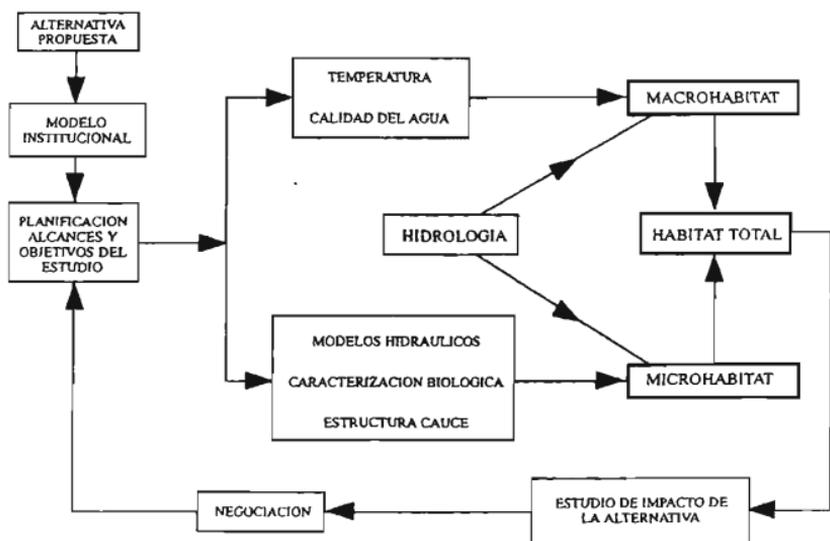


Figura 2.1 Componentes Principales de la Metodología IFIM

La primera actividad, *identificación y diagnóstico del problema*, consta de dos componentes principales: (a) un análisis legal e institucional para identificar el problema y el contexto más probable para su resolución, y (b) un análisis de los intereses de las distintas partes involucradas en un problema y la información necesaria para resolverlo.

La *planificación del estudio* incluye una comparación de la información requerida y aquella disponible. Durante la formulación de un plan de estudio, un equipo multidisciplinario debe estar de acuerdo en los siguientes puntos: objetivos y plazos del estudio, modelos apropiados e información requerida, niveles de detalle espacial y temporal para el análisis, roles y responsabilidades de los distintos actores, y presupuesto para el proyecto. La planificación del estudio debiera incorporar además el análisis del enfoque analítico que será utilizado para evaluar las distintas alternativas.

La fase de *implementación del estudio* incluye la recopilación de los datos necesarios, la calibración de los modelos a utilizar, así como la verificación de los resultados obtenidos de la aplicación de estos modelos. Finalmente, durante la fase de *análisis de alternativas y resolución del problema* se procede a analizar las condiciones hidrológicas que definen un punto de referencia o línea base. Todas las instituciones o partes involucradas en el problema presentan diversas alternativas, las que son comparadas con esta situación de referencia o línea base. Luego de esto se procede a analizar en forma colectiva las distintas alternativas de manejo de los recursos hídricos en términos de su efectividad, así como su factibilidad técnica y económica. La solución del problema se logra a través de negociación y compromiso, basada en el análisis de las distintas alternativas. Grupos multidisciplinarios pueden acercarse a una solución de compromiso a través de un proceso iterativo en el cual se analizan los elementos a favor y en contra de cada alternativa individual. En este sentido la metodología IFIM provee las bases para simplificar esta parte del proceso de análisis en problemas de alta complejidad.

A continuación se presentan en forma resumida, los aspectos más importantes incorporados en cada una de las cuatro fases que componen la metodología IFIM. De igual forma, se incluye algunos elementos preliminares para justificar la aplicación de esta metodología por parte de la Dirección General de Aguas. Una discusión más completa acerca del desarrollo de un estudio IFIM en nuestro país, el que incluye aspectos operativos de esta metodología, se incluye posteriormente.

2.3.1 Fase 1. Identificación y Diagnóstico del Problema

Como fue mencionado anteriormente, el tipo de problema que se puede analizar a través del IFIM incluye la investigación de alternativas u opciones de manejo de los recursos naturales de un sistema hídrico.

El concepto de uso *in situ* de los recursos hídricos de un cauce es fundamental para entender el tipo de problemas que se pueden abordar mediante esta metodología. En efecto, IFIM proporciona antecedentes para definir una nueva regla de operación para el sistema hídrico que permita mantener al máximo las condiciones de hábitat actuales y al mismo tiempo permita el desarrollo de nuevos proyectos de aprovechamiento. Esta situación genera problemas debido a los intereses, muchas veces contrapuestos, de las distintas partes involucradas en el proyecto. Esta primera etapa de la aplicación del IFIM, *Identificación y Diagnóstico del Problema*, se inicia con un diagnóstico del marco institucional del problema, en el cual se debe identificar no solamente las características principales de éste, sino que además las distintas instituciones y partes involucradas en el problema, así como su respectivo rol e intereses. Además se incluye en esta fase la fijación de los límites físicos del sistema en estudio.

La fase de identificación de los distintos interesados en el problema permite fijar las estrategias a utilizar durante el proceso de negociación que concluye la aplicación del IFIM para un caso de estudio definido. Esta fase del estudio es crítica para el completo desarrollo de esta metodología, por lo cual no puede o no debe ser eliminada. En efecto, si esta fase del estudio es deficiente o incompleta no es posible asegurar que el proceso de negociación pueda ser llevado a cabo en forma eficiente, a pesar de que los antecedentes técnicos recopilados para este proyecto sean de primera calidad. En esta parte del proceso se deben identificar las necesidades de las distintas instituciones afectadas por el proyecto, la información necesaria, el poder relativo de cada una de ellas, así como el proceso de decisión más probable que ellas utilicen en la solución de sus problemas. Luego de completar esta fase del estudio se tendrá una mejor comprensión del proyecto propuesto, los impactos más probables de éste, así como los objetivos de largo plazo de las distintas partes involucradas.

En la segunda parte de la Fase 1 del estudio se debe definir la extensión física del proyecto, la que incluye (1) la ubicación física y la extensión geográfica de los cambios físicos y/o químicos ocasionados al sistema natural, y (2) los recursos acuáticos y/o recreacionales de mayor importancia, junto con los respectivos objetivos de planificación. A menudo la identificación del problema se complementa con reuniones preliminares en las cuales las diversas instituciones interesadas en el proyecto comparten sus inquietudes. En estas reuniones se procede a seleccionar una alternativa de manejo, para la cual se genera una serie de tiempo hidrológica (con proyecto) la que junto a la serie hidrológica original (sin proyecto) se utilizará en la siguiente etapa del IFIM. Asimismo, en esta etapa se debe definir una serie de tiempo que será utilizada como línea base o de referencia para el estudio de alternativas. Esta serie de tiempo puede ser la correspondiente a la situación sin proyecto o alguna otra condición futura (por ejemplo la situación original pero considerando algún otro proyecto no existente en la actualidad pero que será realizado en el futuro).

2.3.2 Fase 2. Planificación del Estudio

Una planificación cuidadosa de un estudio IFIM es crítica y fundamental para obtener un resultado que sea aceptable para los distintos entes involucrados en el problema. Esta fase se debe enfocar hacia la identificación del tipo de información que se requiere para responder a las dudas planteadas por los diversos grupos, qué información se encuentra disponible, y cuál debe ser generada expresamente para este estudio. Como resultado de esta fase se debe generar un documento escrito, claro y conciso, que especifique: *quién se ocupará de qué tareas, cuál es el plazo, dónde y cómo se*

realizará, y cuánto costará. El estudio debe ser factible de realizar con los recursos humanos y financieros disponibles, y debe tener un objetivo claro.

Un grupo interdisciplinario para esta fase de planificación debe ser capaz de unificar las distintas necesidades y objetivos de los diversos grupos de trabajo. Este grupo no debe tratar de predecir el resultado final de este estudio sino que debe concentrarse en la recopilación de datos y la definición de los distintos métodos a utilizar para el estudio. Una planificación adecuada permitirá identificar los siguientes elementos claves para este estudio: (1) escalas de análisis temporal y espacial, (2) variables para las cuales se requiere obtener información, y (3) formas de recolectar la información en caso que ésta no exista (es decir, métodos de medición, simulación, opinión de expertos). En esta etapa se debe acordar los métodos a utilizar para estimar los efectos de cada una de las alternativas que se están analizando.

La información hidrológica seleccionada para representar la línea base (o condición de referencia de este estudio), durante la etapa de diagnóstico del problema, debe ser reexaminada a la luz de los nuevos antecedentes y nuevas personas que se han incorporado a este estudio. Debe tenerse en mente que durante esta etapa se define la conformación del grupo de trabajo interdisciplinario, el que tendrá a su cargo la implementación del estudio en la fase siguiente.

La agencia responsable por la selección de las especies a ser preservadas debe preparar una descripción completa de la información relevante para este estudio. Dicha información debe incluir elementos como la distribución geográfica de la especie, así como también las épocas del año en las cuales se presentan sus distintas etapas de desarrollo (desove, migración, etc.).

2.3.3 Fase 3. Implementación del Estudio

Esta fase consiste en una serie de actividades secuenciales: recolección de información, calibración de modelos, simulación predictiva, y síntesis de resultados. La implementación adecuada del estudio es crítica por cuanto puede incorporar credibilidad de tipo biológica al proceso de decisión que se incluye en la Fase 4 de un estudio IFIM.

Durante la implementación del estudio se procede a seleccionar los puntos de muestreo para la recolección de datos empíricos usados en los modelos predictivos. Entre los datos recolectados se incluye la temperatura del agua, su pH, el oxígeno disuelto, parámetros biológicos (especie objetivo, microzoobentos, microalgas, entre otras); mediciones del flujo tales como velocidad, profundidad y ancho medio; así como la cubierta vegetal y el material de fondo del lecho o sustrato. Estas variables se utilizan para describir la relación entre el flujo y el hábitat utilizable.

Es importante recalcar que IFIM se apoya fuertemente en el uso de modelos de simulación, lo que permite analizar situaciones distintas a aquellas medidas en terreno, así como estudiar nuevas alternativas o proyectos. Debido a esta situación, la calibración de los distintos modelos, así como las acciones encaminadas a asegurar la calidad de sus resultados son de una gran importancia. Si estas actividades se realizan en forma correcta se podrán obtener estimaciones confiables del hábitat total para una especie determinada y para distintas alternativas de manejo de los recursos hídricos.

El uso de modelos inadecuados así como una falla en su implementación y calibración puede resultar en grandes errores de apreciación acerca del real impacto de las distintas alternativas propuestas en el estudio. Debido a que todos los modelos de simulación de hábitat en sistemas hídricos se apoyan fuertemente en mediciones empíricas en los cauces se debe poner especial énfasis en la comprensión de los procesos ligados a la dinámica de los cauces, así como en el transporte de sedimento esperado en ellos. Si el cauce en estudio no se encuentra en un equilibrio sedimentológico o geomorfológico se deben tomar precauciones para incorporar esta información en el análisis de los resultados.

Un importante producto intermedio de esta fase es la serie de tiempo del hábitat utilizable, para diferentes especies y en distintas etapas de su desarrollo, obtenida a partir de la serie de tiempo hidrológica correspondiente a la situación base o de referencia. Esta información permite tomar

decisiones, bien fundamentadas, acerca de las diferentes alternativas de manejo propuestas para el sistema en estudio.

Una vez que la Fase 3 del IFIM ha sido completada en forma satisfactoria se pueden obtener estimaciones de la relación hábitat utilizable versus flujo. Esta información puede ser utilizada para construir relaciones que describan el hábitat disponible para la situación base o de referencia, así como para cada una de las alternativas propuestas. Esta cuantificación del hábitat disponible nos permite ir a la fase final del IFIM en la cual se compararán y evaluarán las distintas alternativas.

Finalmente es importante reiterar que esta tercera fase del IFIM se apoya en el uso de modelos de simulación, los que incluyen componentes tan variadas como simulaciones hidráulicas, biológicas, y de calidad de aguas. Todos estos submodelos o componentes se concentran en un único paquete computacional que se denomina PHABSIM (Physical HABitat SIMulation). PHABSIM es un modelo de simulación específico cuyo propósito fundamental es calcular un índice que represente el total del hábitat utilizable, para cada especie de interés, en cada estado de desarrollo, y para distintos caudales pasantes por la sección de río. Una breve descripción del programa PHABSIM se entrega en este informe de avance.

2.3.4 Fase 4. Análisis de Alternativas y Resolución de Problemas

Una vez finalizadas las tres fases anteriores de la metodología IFIM es posible enfrentar el proceso de análisis de las distintas alternativas. En esta fase se procede a comparar las distintas alternativas de manejo de los recursos hídricos respecto a la situación de referencia o base. Esta comparación permite visualizar los impactos potenciales de cada una de ellas y comenzar un proceso de negociación entre las partes interesadas, para construir una alternativa de manejo que sea compatible con los diversos intereses y objetivos que ellos han manifestado durante el proceso de análisis. Cada una de las alternativas estudiadas se examina para determinar su:

1. *Efectividad* - ¿Son los objetivos de cada una de las partes interesadas sostenibles?, ¿Existe la posibilidad de pérdida neta de hábitat debida a la implementación de esta alternativa? ¿Cuáles son los costos y beneficios, en términos de hábitat utilizable, para esta alternativa?
2. *Factibilidad Física*: ¿Existen derechos de agua no satisfechos debido a la selección de esta alternativa? ¿Existe la posibilidad de inundaciones (o faltas de agua prolongadas) debido a la implementación de esta alternativa? ¿Existe suficiente agua disponible?
3. *Riesgo*: ¿Con cuánta frecuencia se producen riesgos de colapso o falla del sistema biológico a causa de la aplicación de esta alternativa? ¿Es esta falla irreversible? ¿Existen algunos planes de contingencia que puedan ser desarrollados?
4. *Economía*: ¿Cuáles son los costos y/o beneficios de cada alternativa?

Una vez que esta fase se ha completado es posible volver a examinar nuevas alternativas que permitan ampliar el espectro de comparación y encarar la fase de solución de este problema en forma más completa y efectiva. Es importante recordar que la metodología IFIM no está implementada para garantizar una solución única al problema de manejo que se está estudiando. En efecto, una solución única no puede ser obtenida debido a que existe una serie de incertidumbres tanto en la información que se maneja como en los intereses de las personas e instituciones involucradas en el proceso de toma de decisiones. Algunas de estas incertidumbres se listan a continuación:

1. La información de tipo económica y biológica no puede ser medida en forma completa
2. Los modelos de simulación utilizados para la generación de la información necesaria se basan en una serie de supuestos que no siempre son válidos para las condiciones estudiadas.
3. Los datos utilizados en estos modelos no son completos o totalmente representativos.

4. Las decisiones tomadas por distintas personas y/o instituciones en base a la información generada pueden variar grandemente dependiendo de los intereses y objetivos de ellas.
5. Existe gran incerteza acerca del futuro del sistema hídrico.

IFIM fue diseñado para ayudar en el proceso de generación y formulación de alternativas por medio de grupos interdisciplinarios que integren su conocimiento y comprensión de un problema específico con un juicio de tipo profesional acerca de los recursos biológicos y de las necesidades sociales planteadas por el proyecto. La decisión final sobre la alternativa seleccionada debe incluir algún tipo de balance entre los distintos objetivos, muchas veces conflictivos, planteados por las partes en el proceso de negociación.

2.4 Aspectos Específicos de la Metodología IFIM

La metodología IFIM incluye una serie de elementos de tipo técnico y social que apoyan la tarea de análisis y selección de alternativas de manejo de caudales ecológicos o mínimos en un curso de agua. Algunos de estos elementos son: el análisis institucional, la definición de las áreas o zonas incluidas en estudios IFIM, y el desarrollo de curvas de utilidad para sistemas y especies definidas.

2.4.1 Análisis Institucional y Legal

Profesionales que laboran en agencias o instituciones relacionadas con recursos naturales se enfrentan en forma continua a negociaciones sobre problemas ambientales y sus posibles consecuencias, así como formas de mitigarlos.

Dentro del análisis de un problema a través de la metodología IFIM es muy importante el definir la forma en que las diferentes instituciones y agencias interesadas en el problema enfrentarán la negociación final sobre el caudal mínimo o ecológico que se adopte para un proyecto determinado. Este procedimiento se conoce en IFIM como Análisis Institucional y Legal.

Una negociación efectiva requiere de un análisis institucional y legal que sea exacto, así como práctico. La metodología IFIM incorpora un esquema de análisis institucional desarrollado expresamente para la solución de problemas relacionados con la asignación eficiente de recursos hídricos entre diversos usuarios de un sistema hídrico existente. Este modelo se conoce como LIAM (Legal-Institutional Analysis Model).

Este modelo parte de la base que existe un grupo muy heterogéneo de usuarios que está interesado en la definición de un caudal mínimo para el sistema en análisis. Cada uno de estos usuarios tiene un cierto porcentaje de poder de decisión en cuanto a los recursos disponibles en el cauce (por ejemplo, disponen de argumentos legales, poseen el control físico del recurso, o tienen un alto grado de conocimiento del sistema) y tienen además estrategias de corto y largo plazo respecto al uso del recurso disponible.

El modelo de análisis institucional (LIAM) permite estudiar un problema específico y determinar los roles que cumplen cada uno de los actores o potenciales interesados en la solución de dicho problema. LIAM dispone de herramientas para analizar las distintas instituciones interesadas en el problema y a partir de ese conocimiento tratar de predecir sus estrategias para la solución o análisis del problema en estudio. Las posibles estrategias que los usuarios pueden utilizar se conocen como roles, los que de acuerdo al análisis de LIAM pueden ser clasificados en cuatro diferentes opciones.

Los dos primeros roles se relacionan con la forma en que distintos grupos abordan el uso de recursos naturales. Así por ejemplo, el primer rol corresponde al grupo de los defensores, los que generalmente están por cambios drásticos con respecto al *statu quo* o buscan cambios importantes en el proceso tradicional de análisis utilizado para zanjar disputas ambientales. En problemas relacionados con manejo de recursos naturales los grupos ecologistas entran en esta categoría. Un segundo grupo son los productores, los que pretenden mantener el esquema tradicional de resolución de problemas y son

generalmente los que están a favor del desarrollo de proyectos de gran envergadura cuyo propósito es mejorar el uso actual de los recursos naturales con fines productivos.

Un tercer grupo o rol es el denominado **negociador**, el que pretende resolver situaciones a través del uso de herramientas de mercado y transacciones comerciales. En los EEUU este rol se relaciona principalmente con empresas que se encargan de manejar conflictos a través de mediación y negociación entre las partes. Finalmente, el cuarto grupo es aquel denominado **arbitrador**, el que busca definir o resolver problemas a través de un proceso de análisis objetivo con decisiones que deben ser acatadas por los usuarios (decisiones con carácter legal).

A través del uso de LIAM se analiza cada uno de los usuarios y se le identifica con alguno de los roles anteriores. En muchas situaciones un usuario puede presentar más de un rol y en ese caso se determina que porcentaje de cada uno de los roles caracteriza su comportamiento. Como parte del análisis IFIM se espera que cada grupo interesado en desarrollar un estudio de este tipo debe llevar a cabo la identificación de sus posibles competidores o retardadores. A partir de este análisis los usuarios podrán determinar de que manera van a enfrentar a los otros usuarios presentes que tiene puntos de vista conflictivos respecto al uso y manejo de los recursos naturales.

Una correcta identificación de los distintos actores de este problema a través de LIAM permitirá definir en forma precisa el alcance de las distintas fases que componen el proceso de análisis IFIM. En efecto, a través del análisis LIAM se determina que existen agencias con visiones claramente contrapuestas acerca del uso del recurso hídrico en disputa, se requerirá información técnica con un gran nivel de detalle y precisión para conseguir acercar posiciones en el proceso de negociación que se incluye en la Fase 4 de IFIM. Si el nivel de detalle no es suficiente existirá una mayor probabilidad que la negociación final falle debido a una falta de confianza en el análisis técnico de la información. Por el contrario, si el análisis LIAM determina que todos los grupos tendrán un comportamiento más o menos similar para enfrentar el problema no se requerirá un gran detalle en la información técnica utilizada para caracterizar el problema.

La Figura 2.2 muestra dos situaciones distintas que incluyen a tres agencias o usuarios involucrados en un análisis IFIM. La Figura 2.2a muestra una situación en la que existen dos usuarios con posiciones claramente divergentes, así como la presencia de un arbitrador que tendrá que tomar un rol muy importante en la resolución de este problema. La Figura 2.2b muestra una situación en la cual todos los usuarios muestran un acercamiento inicial en sus posiciones. Esta situación no requerirá gran esfuerzo para alcanzar una solución negociada para el problema que les compete.

2.4.2 Análisis de Tópicos de Interés

En una forma similar a la del análisis legal e institucional, durante la fase inicial del IFIM es necesario identificar los distintos tópicos de interés para los principales interesados en el problema en estudio. Este punto es de primordial importancia ya que el proceso de negociación final puede verse afectado si algún tópico de interés es dejado de lado en la etapa inicial y se transforma en algo de mucha importancia al final del estudio. Una situación como ésta puede significar una vuelta atrás en el estudio y una reevaluación de todo el avance alcanzado hasta el momento de la negociación.

La fase de planificación de IFIM debe comenzar con una evaluación cualitativa de los impactos potenciales asociados con una acción propuesta. Históricamente, las agencias **productoras** han propuesto proyectos (por ejemplo, construcción de una presa o extracción de aguas desde un cauce), los que son resistidos por grupos de **defensores**. En la actualidad esta situación puede ser distinta, ya que en muchos casos grupos **defensores** proponen acciones (cambiar la operación de un embalse) que son resistidas por los grupos **productores** debido a que afectan la productividad o rentabilidad del proyecto original.

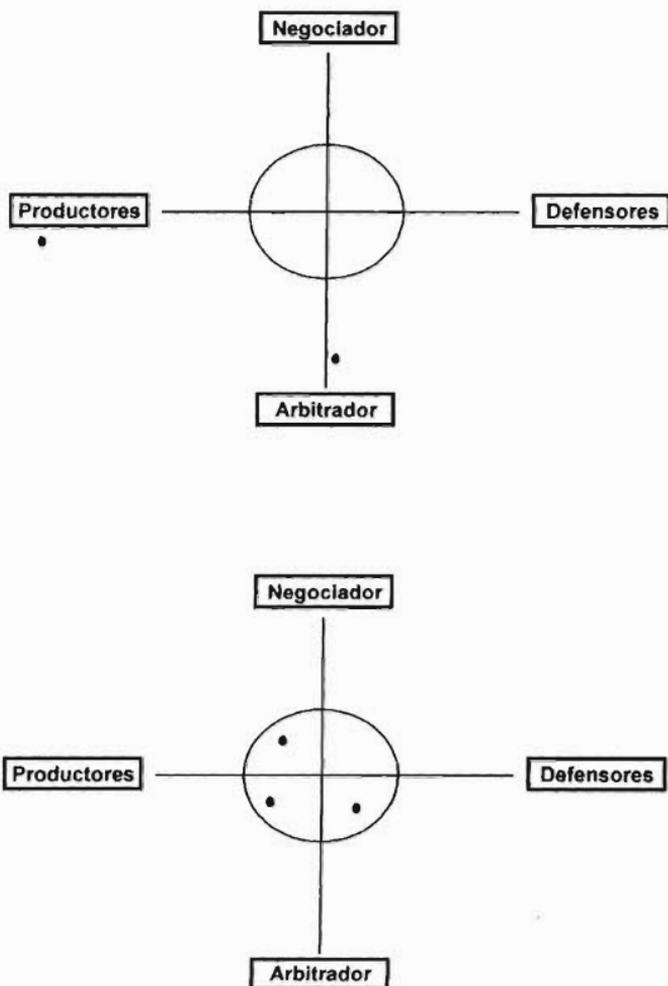


Figura 2.2 Dos Situaciones Extremas Obtenidas a partir de un Análisis LIAM
 Figura Superior: Posiciones Divergentes muy marcadas y presencia de un Arbitrador.
 Figura Inferior: Preferencias similares entre organismos interesados.

Un estudio IFIM, desde su comienzo hasta el final, es una evaluación de impacto ambiental y selección de alternativas. Este estudio parte con la identificación de los impactos potenciales de un proyecto y finaliza con una evaluación final de éstos. Entre ambos extremos se encuentra la planificación del estudio, la implementación de éste, y el análisis de alternativas.

2.4.3 Curvas de Utilidad

Las curvas de utilidad se desarrollan para representar una relación funcional entre una variable independiente (por ejemplo, altura de agua, velocidad o sustrato de un cauce) y la respuesta de una especie, en un estado de desarrollo definido, al valor de esa variable. Esto se expresa a través de una escala que va desde 0.0 (respuesta de la especie es muy mala) hasta 1.0 (respuesta es muy buena). La obtención de este tipo de relaciones funcionales depende de muchos factores, entre otros, disponibilidad de datos, técnica de análisis de información, y juicio profesional. El camino que se utilice para llegar a la obtención de una curva de utilidad es irrelevante si ésta representa adecuadamente la realidad biológica de la especie en estudio.

En el contexto de un estudio PHABSIM o IFIM las curvas de utilidad han sido divididas en dos grandes categorías.

Curvas de Categoría I

Este tipo de curvas se derivan a partir de estudios publicados en la literatura científica y/o a partir de experiencia y juicio profesional. Estas curvas pueden utilizarse en forma general sin importar la ubicación geográfica en que se desarrolla el estudio. En general estas curvas no se basan sólo en información de terreno sino también se utiliza en forma importante el juicio profesional.

Curvas de Categoría II

Estas curvas se basan en un análisis de frecuencia realizado a partir de datos de terreno, combinados con técnicas de ajuste de parámetros.

Las curvas de utilidad se clasifican en tres grandes grupos atendiendo a la forma que ellas presentan o son expresadas. Las tres formas más comúnmente encontradas en aplicaciones prácticas son: criterios binarios, curvas univariadas, y superficies de respuesta multivariadas.

El formato binario para una curva de utilidad establece un rango de uso para cada variable independiente. Este tipo de curva está representada por una función escalón que tiene el valor 1.0 dentro de un rango predefinido (rango de la variable útil para la especie) y 0.0 fuera de ese rango. Un ejemplo de este formato se presenta en la Figura 2.3.

El formato univariado establece un rango de valores de la variable independiente para el cual la especie de interés expresa un determinado nivel de aceptación que va entre 0.0 y 1.0. En el caso del formato univariado la curva de utilidad puede expresar un nivel de aceptación o respuesta que no es óptimo (1.0) sino que intermedio. Un ejemplo de una curva de tipo univariado se presenta en la Figura 2.4.

Para el formato multivariado se define una curva de utilidad que depende de más de una variable de tipo hidráulico. La idea fundamental de este tipo de curva de utilidad es capturar efectos tales como interacción entre las distintas variables hidráulicas que no pueden ser representadas mediante una curva univariada. El uso de este tipo de enfoque no ha sido muy amplio debido a la dificultad de conseguir información confiable que permita validar el formato multivariado. En la práctica se utiliza en forma mayoritaria el formato binario y, cuando se dispone de mejor información, se utiliza el univariado.

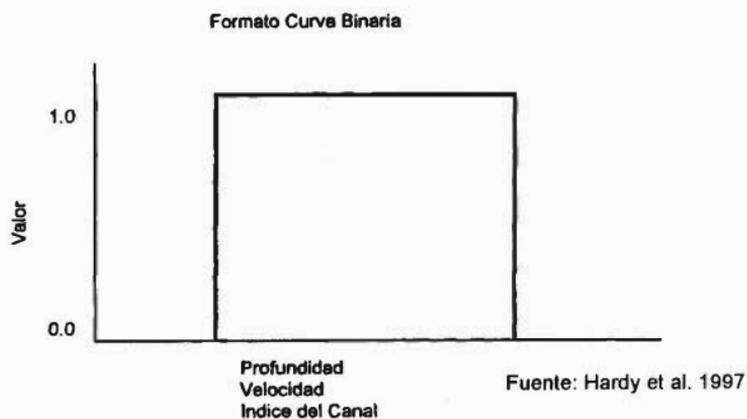


Figura 2.3 Ejemplo de una Curva de Utilidad Binaria según Formato PHABSIM

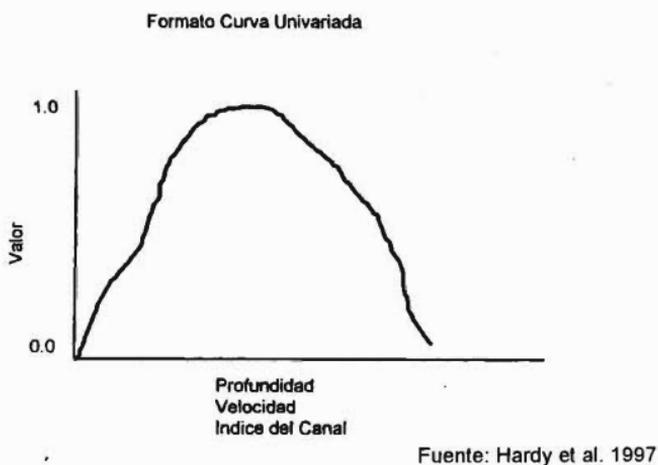


Figura 2.4 Ejemplo de una Curva de Utilidad Univariada según Formato PHABSIM

2.5 Requerimientos para la Aplicación de IFIM

2.5.1 Aspectos Generales

Un estudio de tipo IFIM se realiza únicamente en el caso de grandes proyectos de ingeniería cuyo desarrollo comprometerá, a juicio de algunos sectores, los recursos hídricos y ambientales (bióticos y abióticos) de un curso natural. Este estudio se traduce en una evaluación de impacto ambiental del proyecto indicado, a través de la cual las distintas facetas del problema se analizan por parte de un equipo de trabajo multidisciplinario compuesto por personas seleccionadas por distintas organizaciones (en adelante este grupo de trabajo se conocerá como **grupo técnico**). El distinto origen y percepciones del problema que tiene cada integrante del equipo de trabajo nos permite indicar una diferencia fundamental entre IFIM y una evaluación de impacto ambiental tradicional (EIA). En efecto, el equipo de trabajo para una EIA es seleccionado por el ente interesado en la aprobación ambiental del proyecto (mandante), por lo que el equipo tiene un objetivo y motivación común. En el caso de IFIM el equipo de trabajo incluye personas que pueden tener puntos de vista muy diversos acerca del proyecto, así como también formaciones disímiles por lo cual es muy común que a través del desarrollo del estudio se susciten conflictos que deben ser solucionados para evitar el estancamiento del proyecto. Esta situación se traduce en la existencia de herramientas de negociación, incorporadas explícitamente en la metodología IFIM, que permiten solucionar o al menos reducir los conflictos mencionados anteriormente.

Un estudio IFIM comienza con la existencia de un proyecto de ingeniería de gran magnitud que podría producir impactos ambientales apreciables a los ecosistemas actuales de la zona de estudio (no son necesariamente ecosistemas naturales ya que la zona puede tener algún grado de intervención, lo que se determina a través del estudio de línea base). El objetivo fundamental de IFIM es proveer de herramientas y técnicas para la evaluación efectiva de estos impactos antes de la puesta en marcha del proyecto. El objetivo principal de un estudio IFIM es la evaluación de los posibles impactos ambientales del proyecto (aquellos que comprometen el recurso biótico) y el estudio de alternativas del proyecto que permitan reducir las posibles consecuencias ambientales negativas.

Para iniciar el estudio IFIM una **autoridad competente** (en el resto del informe la **institución patrocinante**), cuya autoridad emana de una competencia de tipo técnica o política en el tema del manejo de los recursos hídricos de un sistema, llama a todos los organismos potencialmente afectados por el proyecto así como otros organismos, instituciones o particulares que tengan un interés comprobado en el manejo de los recursos hídricos y bióticos (por ejemplo, Ministerios Públicos y Organismos No Gubernamentales). Esta actividad permite elaborar un listado de los distintos organismos que podrían llegar a participar en el estudio IFIM. Una vez elaborado este listado no se debiera aceptar que más instituciones se incorporen a él durante el desarrollo del estudio. Esto último tiene como objetivo el impedir que el estudio sea entrabado durante su ejecución debido a la oposición de grupos que, por haberse incorporado más tarde, no estén de acuerdo con algunas decisiones que se han tomado con anterioridad.

Una vez que se dispone de un listado de las instituciones participantes en el estudio, la institución patrocinante (autoridad técnica o política) debiera dar inicio a las fases que componen la metodología IFIM. Para esto, se debe comenzar con el análisis institucional y legal (LIAM) de todas las instituciones incluidas en el listado para determinar *a priori* que tipo de roles son asumidos por cada una de ellas. El análisis anterior permitirá determinar si el estudio será altamente conflictivo (intereses muy opuestos e instituciones con roles muy extremos) o uno de fácil solución (intereses comunes para las distintas instituciones). En el caso de una situación de intereses muy opuestos entre distintos usuarios este análisis permite prever los posibles conflictos que puedan surgir durante el estudio y de esta manera definir posibles vías de solución o negociación para resolverlos. Este análisis es de tipo confidencial y sus resultados debieran ser conocidos únicamente por la entidad o institución patrocinadora del estudio IFIM. Sin perjuicio de lo anterior, un análisis similar debiera ser emprendido por cada una de las instituciones participantes en el estudio IFIM. Lo anterior les permitiría conocer a sus potenciales adversarios y prepararse para enfrentar en una forma adecuada los distintos procesos de negociación que se incluyen en las distintas actividades incluidas en IFIM.

A través del desarrollo del estudio IFIM la entidad patrocinadora debiera actuar como árbitro entre el **grupo técnico** y la institución interesada en el desarrollo del proyecto. De esta manera, se evita que acciones emprendidas por el **grupo técnico**, por ejemplo solicitud de ciertos estudios específicos, estén más allá del alcance del estudio y demoren innecesariamente su desarrollo final.

El financiamiento de un estudio de este tipo debiera abordarse en forma similar a un estudio de impacto ambiental tradicional. En este último, el costo del estudio corre por cuenta de la empresa interesada en desarrollar el proyecto y se incluye como una componente más de la fase de estudio. De acuerdo a la experiencia internacional, estudios de impacto ambiental ocupan entre un 0,5 y 1% del costo total de un proyecto durante su fase de estudio. Para efectos de un estudio de tipo IFIM se debiera crear un fondo especial cuyo monto se definirá entre la empresa interesada en el estudio y la entidad patrocinadora del IFIM. Este fondo debiera ser administrado por esta última y su monto debiera corresponder a valores aceptados nacional e internacionalmente. A través del desarrollo del estudio la entidad patrocinadora deberá administrar estos fondos y los utilizará para desarrollar las diversas actividades que se incluyen dentro de IFIM. La entidad patrocinadora podrá subcontratar partes del estudio a empresas especializadas en los temas que se desee abordar. La contratación de una de estas empresas debiera hacerse a través de los mecanismos tradicionales que se manejan en el país (licitación o llamado a concurso público con bases técnicas proporcionadas por el mandante) y deberá contar con la aprobación del **grupo técnico**.

2.5.2 Instituciones Involucradas en un Estudio IFIM en Chile

A partir de un análisis de la metodología IFIM y del tipo de problemas que es posible abordar con él, se ha confeccionado una lista, que no pretende ser exhaustiva, con las posibles instituciones que estén involucradas en su aplicación: *patrocinadoras e interesadas*. Las instituciones *patrocinadoras* serían aquellas que por su capacidad técnica o legal pueden actuar como cabeza o entidad directora de un estudio de este tipo. Una institución o entidad *interesada* sería aquella o aquellas que tienen un interés directo en la solución del problema.

Instituciones Patrocinadoras

Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA)
Dirección General de Aguas (M.O.P.)

Instituciones Interesadas

Ministerio de Salud
Ministerio de Planificación Nacional
Ministerio de Economía
Servicio Nacional de Turismo
Ministerio del Interior a través de Intendencias y Gobernaciones
Organismos No Gubernamentales
Servicios Sanitarios

2.5.3 Capacitación Específica Requerida para un Estudio IFIM

Para el desarrollo de un estudio de tipo IFIM se requiere capacitación específica que cubra diversas áreas incluidas dentro de la metodología. El USGS (United States Geological Service) proporciona entrenamiento específico que incluye las diversas componentes de un estudio IFIM. De esta manera, existe un entrenamiento dirigido a personas que tendrán a su cargo la coordinación o dirección de estudios de este tipo, así como cursos de capacitación para personal cuya labor directa será de apoyo técnico en la conducción de estudios específicos durante el desarrollo de IFIM.

Un listado e información específica de los cursos impartidos por USGS se pueden encontrar en la página WEB:

<http://webmesc.mesc.nbs.gov/rsm/IFIM.html>

Un resumen con información diversa acerca de estos cursos se incluye en el Anexo I.

2.5.4 Requerimientos de Personal y Computacionales

Para el desarrollo de un estudio IFIM la entidad patrocinadora debiera contar con personal que se encargue de la administración y dirección de éste. La persona que se encargue de la dirección de un proyecto de este tipo debiera tener una formación técnica que le permita identificar las necesidades de apoyo técnico durante la conducción del estudio, así como la necesidad de contratar trabajos específicos a consultoras especializadas. No es labor del organismo patrocinador el disponer de todo el personal necesario para desarrollar un estudio de este tipo. En muchas oportunidades personal de apoyo puede ser contratado por la duración de las actividades específicas del estudio. En el caso de estar manejando muchos proyectos de tipo similar se puede pensar en contratar una o más personas en forma continuada para prestar un apoyo a todos estos proyectos.

El personal encargado de los estudios de tipo IFIM debiera contar con capacitación específica en la metodología, así como conocimiento técnico en temas específicos que le permitan actuar como director o coordinador de estos estudios.

Los requerimientos computacionales de la metodología IFIM son bastante bajos y se limitan a los programas utilizados para el desarrollo de la actividad denominada PHABSIM. Este grupo de programas requiere de un servidor PC con sistema operativo Windows 95. Los programas computacionales que componen PHABSIM pueden ser obtenidos directamente desde la dirección WEB:

http://webmesc.mesc.nbs.gov/rsm/rsm_download.html#PHABSIM

La interpretación de resultados obtenidos de la aplicación de PHABSIM, el manejo de la información de entrada para los programas y la operación de los mismos requiere personal entrenado para este objetivo.

2.5.5 Requerimientos de Tiempo

El requerimiento de tiempo de un análisis IFIM depende entre otros aspectos de la complejidad del problema mismo, del grado de conflicto existente entre los diversos actores o entidades involucradas en el proyecto original, así como del financiamiento disponible para llevar a cabo el estudio.

Un problema de alta complejidad técnica (lo cual se define en términos de su entorno físico, químico, microbiológico o biológico) puede requerir de una alta inversión en términos de horas de estudio para poder entender en forma completa el sistema biológico, y en particular poder definir la especie *objetivo* para el estudio IFIM. La experiencia internacional se refiere a un muestreo sistemático que requiere de al menos 4 años para conseguir una caracterización sistemática de los ecosistemas naturales (Arthington and Pusey, 1994). Durante este período se realizan mediciones continuas de las comunidades biológicas para determinar el o los organismos *objetivo*, sus ciclos biológicos, y para conocer la respuesta de éstos ante las distintas variables hidráulicas incluidas en PHABSIM (velocidad media de la corriente, altura media del agua en el cauce, material de arrastre de fondo y material presente en la superficie y riberas).

Si el proyecto que se está estudiando mediante PHABSIM o IFIM presenta un alto grado de conflicto entre los diversos actores o entidades involucradas en el proyecto se requerirá un tiempo bastante largo para poder uniformar los criterios de las personas pertenecientes al grupo de estudio técnico. Asimismo, debido al alto grado de conflicto u oposición entre las partes, cada aspecto técnico deberá ser estudiado en gran detalle para prevenir situaciones posteriores que involucren la no aceptación de los resultados de este estudio debido a discrepancias con las metodología y técnicas de análisis.

Finalmente, los fondos disponibles para el estudio proporcionan una idea bastante acertada acerca de la posible duración de un estudio IFIM o PHABSIM. Si se dispone de fondos limitados, los estudios técnicos se reducirán a un mínimo, tratando de utilizar información previamente recopilada. Por el contrario, si los fondos disponibles son elevados existirá una tendencia a buscar o conseguir una mejor caracterización de la situación real a través de un mayor nivel de experimentación o muestreo en terreno.

2.6 Experiencia Internacional en el Uso de IFIM y PHABSIM

La metodología IFIM y el programa PHABSIM han sido motivo de revisiones y de análisis críticos a través de los más de 15 años desde su desarrollo original. A continuación se entrega una breve revisión de algunos trabajos en los cuales se analiza en forma crítica el funcionamiento, las bases conceptuales, la implementación y los resultados de la aplicación tanto de IFIM como PHABSIM.

Arthington and Pusey (1994) presentan una revisión de diversos métodos para la asignación de recursos hídricos a distintos usos, entre ellos el ecológico o ambiental. La revisión se centra en métodos que combinan las características hidrológicas del escurrimiento y las características biológicas de las comunidades que habitan en el ecosistema de un río. En forma específica se analizan una serie de métodos que van desde enfoques aproximados (rule-of-thumb methods) hasta los más elaborados que incluyen modelos de simulación como PHABSIM y RHYHABSIM. Este último corresponde a una variación de PHABSIM desarrollada en Nueva Zelanda. Este estudio incluye la descripción de una etapa de terreno que abarcó desde 1989 hasta 1994, y que fue diseñada para determinar la influencia de las condiciones de habitabilidad en el río (dadas por variables hidráulicas) sobre las poblaciones de peces en ríos de Australia. La idea final de este estudio fue generar información básica para lograr la aplicación de IFIM para estimar los requerimientos de caudal ecológico en ríos australianos. La segunda etapa de este estudio, la que actualmente se encuentra en desarrollo, tiene como objetivo realizar análisis comparativos en un grupo de ríos australianos para determinar el efecto de manipulaciones del hábitat sobre las poblaciones de peces.

Cullen (1994) presenta una revisión de métodos para la definición de caudales ecológicos o ambientales que abarca desde reglas o enfoques aproximados hasta métodos o modelos de desove, pasando por métodos de hábitat como IFIM. De acuerdo a este autor todos estos métodos presentan el mismo tipo de limitación, la cual se refiere a su dependencia de una única especie indicadora que se utiliza para determinar el caudal que permite mantener su hábitat y por lo tanto permitir su desarrollo en condiciones adecuadas. Cullen indica en su discusión que un método más adecuado para la definición de caudales ambientales o ecológicos debiera abordar el problema en su conjunto mediante el denominado enfoque holístico, en el cual el conjunto y no las piezas que lo componen son las importantes. En este tipo de enfoques se debe definir un caudal ecológico que permita mantener las condiciones generales del río en un nivel aceptable, para que todos los ecosistemas que coexistan en él puedan desarrollarse en forma adecuada.

Gore and Jury (1981) presentan una aplicación de la metodología IFIM, en la cual la especie objetivo seleccionada son macroinvertebrados presentes en el río. Este artículo muestra el ajuste de curvas de preferencia que se derivan a partir de mediciones de número de invertebrados encontrados como función de las variables hidráulicas (velocidad, altura del agua y sustrato) que se utilizan en la metodología IFIM.

Mathur et al (1985) presentan una revisión y análisis de literatura publicada acerca de aplicaciones de la metodología IFIM. A partir de este análisis ellos concluyen que existen una serie de aplicaciones en las cuales se ha violado en forma sistemática algunos de los postulados básicos de la metodología, lo que de alguna manera invalida los resultados que se han derivado de su aplicación.

Cubillo et al (1990) presentan un estudio que involucró el uso del programa de simulación de hábitat PHABSIM para determinar los caudales ecológicos o mínimos aconsejables para los cauces de la comunidad de Madrid. Este estudio tuvo como objetivo principal el abordar el uso racional de los recursos hídricos de la Comunidad en la doble perspectiva de abastecimiento de agua para la ciudad de Madrid y la protección ambiental del recurso. El estudio de la referencia incluyó la valoración ecológica actual de

los cauces a través de estudios de terreno, los que fueron complementados con el análisis de la información recolectada. Esta actividad dio origen a la generación de una línea base ecológica que caracteriza los diversos cauces de la zona de estudio. En forma complementaria se llevó a cabo la definición de caudales ecológicos o mínimos aconsejables a través del uso del programa de simulación PHABSIM. Este estudio finaliza con una serie de recomendaciones acerca de la gestión ecológica de los ríos de la Comunidad de Madrid.

Es importante mencionar que para desarrollar la etapa de valoración ecológica, Cubillo et al. (1990) seleccionaron 39 puntos de muestreo, situados en los tramos altos y medios de los ríos analizados, en los cuales se llevaron a cabo dos campañas de muestreo coincidiendo con las épocas de primavera-verano y otoño-invierno.

CAPITULO 3

PROGRAMA DE SIMULACION DE HABITAT (PHABSIM)

3. PROGRAMA DE SIMULACION DE HABITAT (PHABSIM)

3.1 Introducción

En muchas aplicaciones prácticas destinadas a definir caudales mínimos o ecológicos en cursos de agua natural existe una confusión entre la metodología IFIM y el conjunto de programas denominado PHABSIM. Un ejemplo claro de esta confusión es el hecho que en muchas aplicaciones de IFIM en los Estados Unidos (principalmente en California) se dejan de lado las distintas fases que componen esta metodología y lo que en realidad se desarrolla es un estudio básico que utiliza las herramientas computacionales de PHABSIM para la definición de caudales mínimos o ecológicos.

De acuerdo a su concepción original IFIM es un enfoque o metodología de tipo general que se utiliza para la definición de un conjunto de caudales en un río que permitan mantener condiciones de habitabilidad en el cauce que sean adecuadas para la supervivencia de una o más especies de interés. Esta metodología emplea técnicas de análisis de sistemas junto con un análisis de tipo técnico social para enfrentar situaciones de manejo de recursos naturales de alta complejidad. Por su parte, PHABSIM es un conjunto de modelos matemáticos cuyo propósito fundamental es calcular un índice de la cantidad de hábitat disponible en un cauce, para diferentes estados de vida de las especies y para distintos caudales en el río. Esta información es uno de los elementos técnicos que son utilizados dentro de la metodología IFIM para lograr la definición de los caudales mínimos o ecológicos en el río.

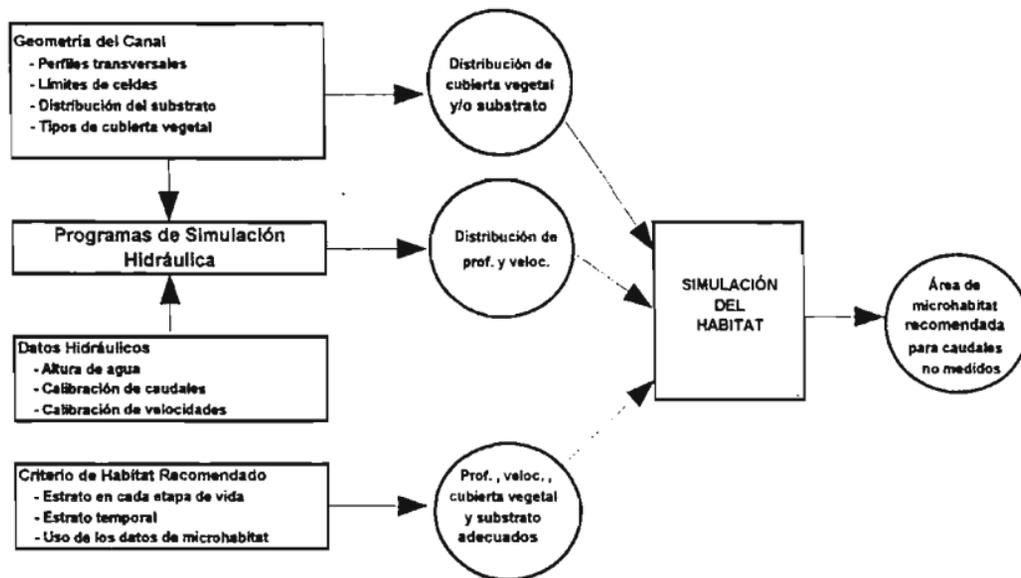
Para cumplir con su objetivo técnico PHABSIM posee dos componentes analíticos principales: programas de simulación hidráulica y criterios de habitabilidad para diversas especies. Un esquema general que muestra las distintas componentes de la metodología PHABSIM se presenta en la Figura 3.1.

La componente hidráulica de PHABSIM (Programas para Simulación Hidráulica) está diseñada para predecir profundidades y velocidades del agua en secciones transversales del cauce en estudio para distintos caudales pasantes por la sección. La utilización de estos programas conlleva una primera etapa de calibración en la cual diversos parámetros hidráulicos (por ejemplo rugosidad del lecho) son modificados de tal manera que los resultados del modelo sean capaces de reproducir variables de tipo global medidas en distintas secciones transversales del cauce. Algunos de los datos medidos son la profundidad y velocidad media del agua en verticales repartidas uniformemente a través de la sección transversal, así como el material que compone la cubierta de fondo o coraza del cauce.

Los puntos de muestreo utilizados para la fase de calibración se seleccionan tratando de representar sectores del cauce en el cual se observan condiciones hidráulicas o de hábitat homogéneos. La selección de los puntos de muestreo debe ser realizada por el equipo interdisciplinario que es organizado para la Fase 2 de IFIM. De esta manera se consigue que todos los participantes de esta metodología estén de acuerdo en las técnicas de muestreo y en las técnicas de análisis de la información, lo que simplifica las etapas de decisión y evaluación de alternativas que se llevan a cabo posteriormente.

Una vez que los modelos hidráulicos de PHABSIM están debidamente calibrados es posible utilizarlos para realizar predicciones de altura y velocidad media correspondiente a caudales distintos a los medidos en las campañas de terreno. En la mayoría de estos casos es posible suponer que el material de fondo, así como la cobertura vegetal del cauce, no cambian con el aumento o disminución del flujo en el río. En algunos casos específicos este supuesto no es válido por lo cual se requiere recolectar una mayor cantidad de información en terreno que permita estimar la variación de estas dos condiciones con el flujo.

La información generada mediante el uso de los modelos hidráulicos permite asignar diversos atributos (velocidad, altura del agua, material de sustrato y cobertura) a celdas o secciones horizontales características que cubren toda el área del cauce entre dos secciones transversales. Para un caudal determinado la suma de las áreas de dichas celdas corresponde a la superficie del cauce cubierta totalmente por agua.



Fuente : Hardy et al. (1997)

Figura 3.1 Esquema General del Programa Computacional PHABSIM

La subcomponente de hábitat (Criterios de Habitabilidad) utiliza información de tipo biótica para calcular o definir índices de utilidad del hábitat que se relacionan con variables o atributos de tipo hidráulico (por ejemplo velocidad, altura del agua, material del sustrato y de la capa superficial del lecho). Estos índices de utilidad se encuentran entre 0 y 1, donde un valor 0 indica que dicha condición hidráulica no es adecuada para un correcto desarrollo de la especie estudiada, mientras que un valor cercano a 1 describe un hábitat adecuado. Estos índices de utilidad deben ser definidos, para cada especie de consideración y para sus diferentes etapas de desarrollo, por un equipo de trabajo interdisciplinario que incluya biólogos, ecólogos, hidrólogos e ingenieros civiles. Los índices de utilidad o funciones de preferencia se desarrollan a partir de observaciones directas del efecto que cada atributo hidráulico tiene sobre una especie determinada, o a partir de la opinión de expertos en el tema. La definición de estos índices de uso del hábitat es una de las grandes controversias suscitadas por la aplicación de la metodología IFIM por cuanto conlleva una componente cualitativa de gran importancia.

En el último paso de la aplicación del programa de simulación PHABSIM las estimaciones hidráulicas de altura y velocidad para diferentes caudales son combinadas con los índices de utilidad para determinar un índice global de habitabilidad, que es propio de la especie en estudio, de su fase de desarrollo, y del caudal pasante por la sección. Este índice global de habitabilidad que se obtiene a partir de la utilización de los modelos de simulación que conforman PHABSIM está relacionado directamente con aquel porcentaje del área del río que puede ser utilizada por la especie de interés. Es así como este índice global se denomina en general área ponderada utilizable (APU o WUA: weighted usable area). Esta área ponderada utilizable o APU no es el área real que dispone la especie para su desarrollo sino que es un índice de tipo relativo que describe la utilización del hábitat por parte de la especie. Este índice se utiliza dentro de la metodología IFIM para comparar distintas alternativas de manejo de los recursos hídricos.

El área ponderada utilizable (APU), definida para una especie en particular, recibe la denominación genérica de microhábitat. Como se ha señalado anteriormente este microhábitat depende de las condiciones hidráulicas del cauce, así como de algunos índices o funciones de utilidad que se describirán con mayor detalle en puntos posteriores. Un esquema que ilustra esta parte de la metodología se presenta en la Figura 3.2.

Las condiciones de calidad del agua (físico-químicas y bacteriológicas) no están incorporadas directamente en el cálculo del microhábitat que se realiza mediante el programa PHABSIM. El efecto de la calidad y temperatura del agua sobre las condiciones de habitabilidad se estudia en forma paralela mediante modelos de simulación específicos, por ejemplo QUAL2, que permiten describir la variación espacial de distintos parámetros de interés (oxígeno disuelto, temperatura, demanda bioquímica de oxígeno, carbono orgánico total, entre otros). El análisis de estos resultados y su comparación con los requerimientos de la o las especies estudiadas permite definir el concepto de macrohábitat. Este concepto se refiere principalmente a la longitud del cauce (pensado como un sistema unidimensional) que es adecuado para la especie de interés.

La combinación del microhábitat y de las características de macrohábitat definidas por las condiciones de temperatura y calidad del agua dan origen al hábitat total que se utiliza para la fase de análisis que continúa a la aplicación del modelo de simulación PHABSIM. Un esquema que ilustra esta situación se presenta en la Figura 3.3.

La metodología IFIM y el programa PHABSIM incluyen los conceptos de microhábitat y macrohábitat como una forma de sistematizar y ordenar los conceptos utilizados en el análisis de resultados. Como se menciona en el texto, el concepto de microhábitat se relaciona con el indicador Área Ponderada Utilizable (APU) que se obtiene de la aplicación de PHABSIM a una sección transversal de río. Si junto con lo anterior se considera las características de calidad física, química y bacteriológica del curso de agua se logra definir el concepto de macrohábitat, el que da cuenta de la longitud del cauce a través de la cual estas características son adecuadas para la especie *objetivo* del estudio. Al juntar ambas informaciones se consigue definir el hábitat total asociado a dicha especie. En resumen, el concepto de microhábitat se relaciona con los atributos biológicos e hidráulicos, mientras que el concepto de macrohábitat refleja las características de calidad del curso de agua.

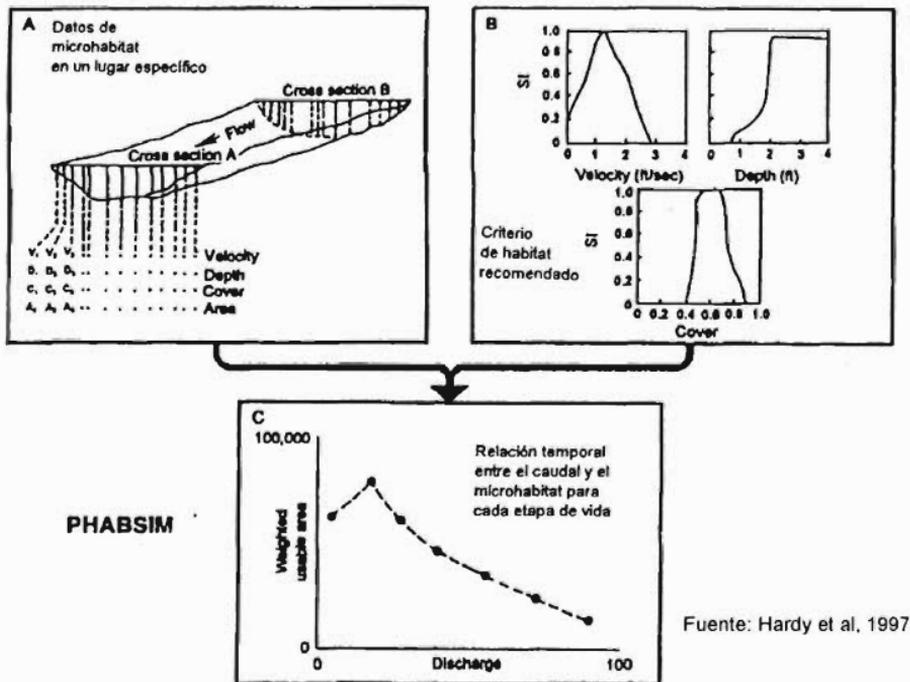


Figura 3.2 Determinación de la Componente de Microhábitat Mediante PHABSIM

Dependiendo de las características propias del proyecto a analizar y de las necesidades específicas de la especie seleccionada para el análisis, existe una serie de variaciones al esquema de cálculo presentado anteriormente. Sin embargo, muchas de las posibles variaciones se pueden implementar en forma muy simple en el grupo de programas que conforman PHABSIM.

Es importante recalcar que, como parte de la metodología IFIM, la o las curvas de área utilizable se combinan con series de tiempo hidrológicas para determinar, para cada especie y estado de vida, el impacto del proyecto en estudio sobre la pérdida y/o ganancia de hábitat.

Existe una serie de elementos que deben ser reiterados acerca de la metodología PHABSIM. En primer lugar, su aplicación provee un índice de la disponibilidad de microhábitat, que no es una medida del hábitat realmente utilizado por las especies sino un índice de habitabilidad que permite comparar distintas alternativas de un proyecto entre sí.

El uso de PHABSIM requiere de un gran nivel de información por lo que su aplicación debe contemplar la recopilación de antecedentes y la generación de información propia para definir las curvas de preferencia relativas a la especie seleccionada. En algunos casos muy específicos es posible utilizar la información de las curvas de preferencia generada en otros estudios. En esas oportunidades es necesario realizar análisis estadísticos cuyo propósito es determinar si el traslado de dicha información de un cauce a otro es totalmente válido. Finalmente es necesario mencionar que la aplicación de esta metodología conlleva

una gran cantidad de trabajo de terreno así como requerimientos de análisis computacional que complemente los datos obtenidos en terreno.

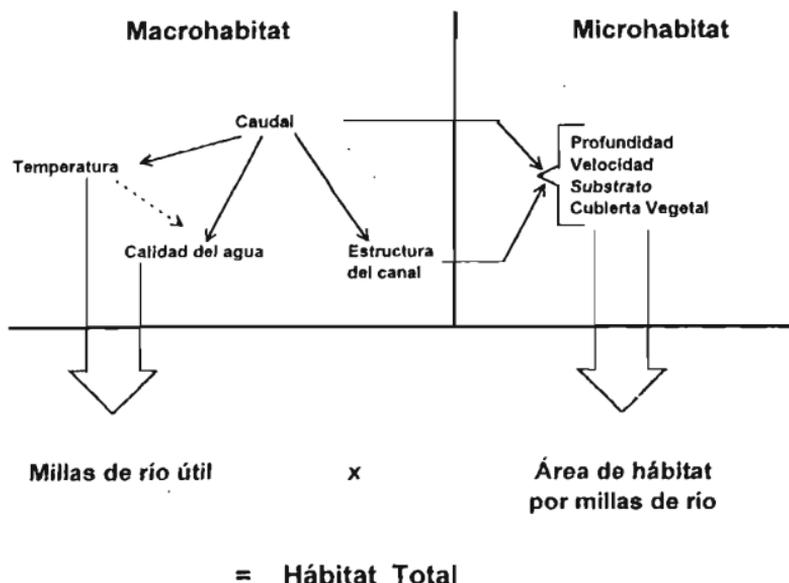


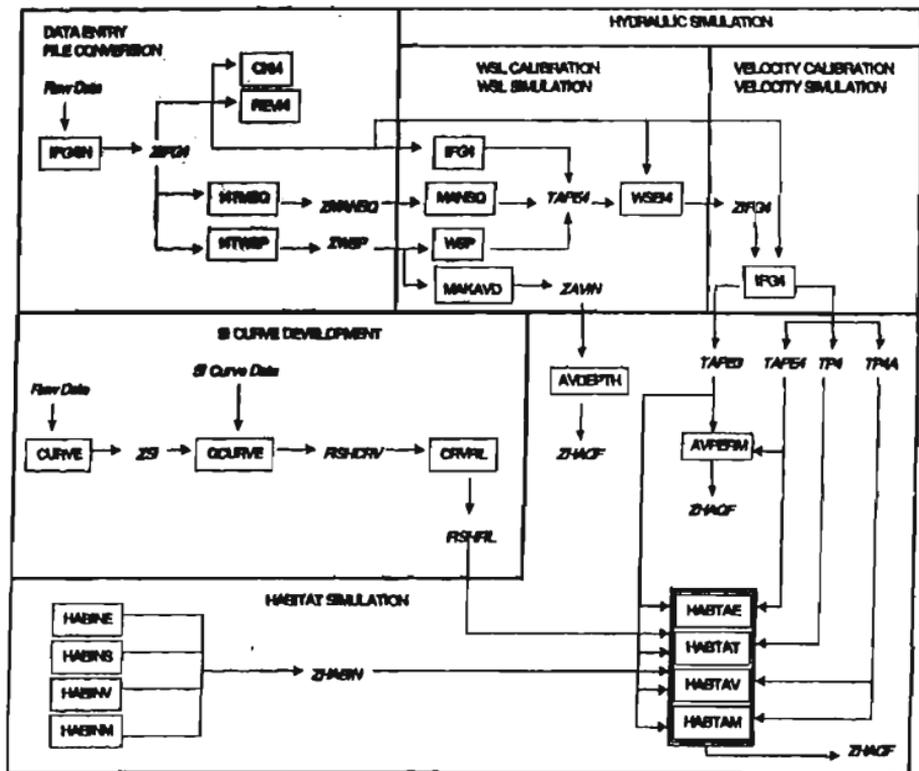
Figura 3.3 Determinación del Hábitat Total

A modo informativo, un diagrama esquemático que indica los principales programas y pasos conceptuales incluidos en el programa PHABSIM se incluye en la Figura 3.4. Una breve descripción de los componentes más importantes de PHABSIM se incluye en el siguiente punto de este informe. Esta figura muestra en forma esquemática las cuatro grandes áreas incluidas en PHABSIM: entrada de datos, simulación hidráulica (niveles y velocidades), generación de curvas de preferencia, y simulación de hábitat. Las flechas indican el movimiento de información al utilizar PHABSIM para el análisis de hábitat en un estudio IFIM.

3.2 Aplicación de PHABSIM

Desde un punto de vista operacional, el enfoque general para la aplicación de PHABSIM puede ser dividido en siete pasos o etapas individuales. Estos pasos constituyen un marco igual para la aplicación del modelo y una guía para algunos de los problemas que se abordan. Es importante mencionar que estudios específicos pueden desviarse de estos siete pasos propuestos en cuyo caso es necesario justificar las modificaciones realizadas. Las etapas que se incluyen en la aplicación de PHABSIM son las siguientes:

1. Alcances
2. Selección de la especie a estudiar y las curvas de utilidad
3. Selección del sector de estudio y caracterización del hábitat
4. Selección de las secciones transversales y recolección de datos de terreno
5. Modelación hidráulica
6. Modelación de hábitat
7. Interpretación de los resultados



Fuente Hardy et al, 1997

Figura 3.4 Diagrama Esquemático del Programa Computacional PHABSIM

Algunas de estas etapas han sido previamente definidas dentro de las actividades correspondientes a la aplicación de la metodología IFIM, con lo cual quedan definidas de antemano. En muchas aplicaciones prácticas el programa PHABSIM se utiliza en forma separada de la metodología IFIM. Debido a lo anterior, en estos casos se hace necesario desarrollar actividades propias de IFIM antes de utilizar PHABSIM. En estos casos, la lista de actividades descrita anteriormente cobra plena vigencia y debe ser seguida en forma completa para asegurar el éxito de la utilización de PHABSIM.

3.2.1 Alcances

El alcance del proyecto debería estar limitado por la importancia de los distintos problemas que serán abordados. De acuerdo a lo anterior se puede plantear una serie de sugerencias que pueden ser seguidas durante esta etapa de PHABSIM.

1. El o los objetivos del estudio deben estar claros. Los posibles resultados y los requerimientos de información para el estudio deberían ser establecidos con gran nivel de detalle en forma inicial.
2. Las áreas incluidas en el estudio deben ser claramente identificadas. Una decisión acerca del mejor enfoque para seleccionar el sitio de estudio debe ser tomada en forma conjunta por los participantes en el estudio PHABSIM. Dentro de este tema se considera la definición del sistema de muestreo que se utilizará para caracterizar cada tramo del cauce a estudiar. Una consideración muy importante en este caso se refiere a la localización de puntos de muestreo biológicos en sectores situados cerca de estaciones fluviométricas que puedan proporcionar registros hidrológicos continuos.
3. Identificación del personal necesario para llevar a cabo el estudio. En general, las aplicaciones de PHABSIM requieren un equipo multidisciplinario que incluya biólogos acuáticos, especialistas en hidrología e hidráulica, así como expertos en modelación de hábitat e interpretación de resultados.
4. Confirmar que los factores limitantes del hábitat son una limitante para el desarrollo de la especie seleccionada. Esto incluye la caracterización de los problemas relacionados con elementos de macrohábitat. Entre estos elementos se incluye la temperatura y calidad del agua, explotación y almacenamiento de agua, disponibilidad de alimentos y competencia con otras especies, dinámica del cauce y transporte de sedimentos. Algunos de estos aspectos son abordados generalmente con la ayuda de otros modelos (por ejemplo QUAL2) o usando técnicas de tipo estadística.
5. Selección de la o las especies seleccionadas y sus estados de vida. En general es muy difícil evaluar el efecto que cambios en el hábitat físico o de un río tienen sobre seres vivos. Estudios que involucran el uso de PHABSIM seleccionan una especie indicadora que puede ser muy sensible a cambios en el hábitat. Esa especie es estudiada en gran detalle y las conclusiones que se deriven de su análisis son extendidas a otras especies que pueden coexistir con ella. Este punto es bastante controversial por cuanto la metodología IFIM no incluye ningún tipo de modelo que tome en cuenta la interacción entre diversas especies. De esta manera, en sistemas complejos no es posible aseverar que lo que es adecuado para una especie también lo será para otra especie diferente. De igual modo, dada las limitaciones de las técnicas de muestreo y las incertidumbres propias de sistemas biológicos, no es posible ni siquiera aseverar que lo que es adecuado para una especie en un sector determinado lo será para la misma especie en una zona diferente a la de muestreo.

3.2.2 Selección de la Especie a Estudiar y sus Curvas de Utilidad

Uno de los más importantes elementos de un estudio PHABSIM es la selección de la especie a estudiar, así como el desarrollo y/o selección de las curvas de utilidad para su uso en los modelos de hábitat.

En la Tabla 3.1 se muestra un ejemplo de distintas especies y sus períodos de desarrollo a través del año. El ejemplo incluye la trucha Café y Salmón.

Tabla 3.1 Especies y su Período de Desarrollo a Través del Tiempo en el Hemisferio Norte

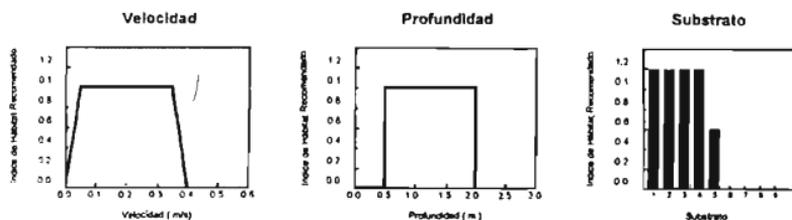
	Otoño			Invierno			Primavera			Verano		
	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A
Especie Objetivo												
Etapa de Vida												
Trucha Café Adulta	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Trucha Café Juvenil								x	x	x	x	x
Trucha Café Alevín						x	x	x	x			
Trucha Café en etapa de desove		x	x	x	x							
Salmón en etapa de desove		x	x	x	x							

Fuente: Hardy et al. (1997)

Las curvas de utilidad son un índice que permite describir el impacto de variables de tipo físico en el desarrollo de una especie definida, durante una fase específica de su vida. Las condiciones de microhábitat se calculan a partir de la información de altura y velocidad media del agua, material de sustrato (material de fondo) y cobertura vegetal que se obtienen desde la operación de los modelos de simulación incluidos en PHABSIM. Todos estos elementos son importantes para definir los requerimientos de hábitat físico por parte de una especie determinada. Las curvas que relacionan las variables de tipo hidráulico con el hábitat posible de utilizar se conocen comúnmente como índices de utilidad, criterios de utilidad o curvas de utilidad. Un ejemplo de un conjunto de curvas de utilidad que describen el efecto de la velocidad, altura de agua y sustrato sobre una especie cualquiera se presenta en la Figura 3.5. Es importante mencionar que estas curvas tienen valores entre 0 y 1, adecuadas para un correcto desarrollo de la especie estudiada, mientras que un valor cercano a 1 describe un hábitat más cercano a lo ideal. Las curvas de utilidad han sido clasificadas en dos categorías utilizando el siguiente criterio (Bovee, 1986):

Categoría I: Curvas definidas a partir de la opinión de expertos.

Categoría II: Curvas de utilidad calculadas directamente desde la observación de datos.



Fuente: Hardy et al, 1997

Figura 3.5 Ejemplos de Curvas de Utilidad

En el caso de curvas de categoría II, las que son definidas a partir de datos medidos en terreno, es necesario mencionar que ellas son específicas para el cauce que se estudia y no es posible transferirlas a otros sistemas de características similares. Sólo en casos muy justificados es posible realizar estudios específicos que transferir una curva de un sistema a otro.

3.2.3 Selección del Sector de Estudio y Caracterización del Hábitat

Existe una serie de enfoques que se utilizan para seleccionar los sectores en los cuales se realizará estudios de terreno para tratar de caracterizar el sistema biótico que representa al tramo estudiado. De este grupo se han seleccionado los tres más característicos.

1. Identificación de uno o más "tramos críticos"
2. Ubicación de perfiles transversales en sectores con características específicas
3. Ubicación de perfiles transversales en un "tramo representativo" o seleccionado mediante un "esquema de caracterización de hábitat"

La selección de uno u otro enfoque va a depender de las características especiales de los estudios. En algunos casos es posible incluir más de algún procedimiento al definir los sectores de muestreo a lo largo de un río.

El enfoque de "tramo crítico" es apropiado cuando es posible identificar, a través de los datos existentes, un área (o áreas) del río que es más sensible a cambios en el caudal pasante, o es crítico para la sobrevivencia de un estado de vida de una especie en particular. Por ejemplo, si se reconoce que el hábitat necesario para el desove de una especie es el factor limitante para el desarrollo de ésta, será necesario identificar y caracterizar aquellas áreas de desove presentes en el tramo de río en estudio.

En el caso de definición del hábitat en aquellos sectores de características específicas se debe identificar segmentos con características de macrohábitat similares (geomorfología y canalización, entre otros).

Otra forma de seleccionar sectores de muestreo es a través de un análisis global en el cual se identifican tramos con características hidráulicas similares (velocidad media del agua, altura media, material de sustrato y cobertura vegetal). Luego de definir estos tramos se define en forma aleatoria un punto de muestreo dentro de él.

3.2.4 Selección de las Secciones Transversales y Recolección de Datos de Terreno

El número y ubicación de las secciones transversales a analizar para un estudio PHABSIM se determina a partir de la identificación de hábitat tipo definidos en el punto anterior. Si la distribución de hábitat dentro del río lo permite, una serie de perfiles transversales, hidráulicamente conectados deben ser escogidos para facilitar la recolección de datos de terreno y aumentar la flexibilidad de la modelación hidráulica y de hábitat. El número total de perfiles transversales dependerá de la diversidad de hábitat, el tamaño del área de estudio, y de los recursos disponibles para el estudio.

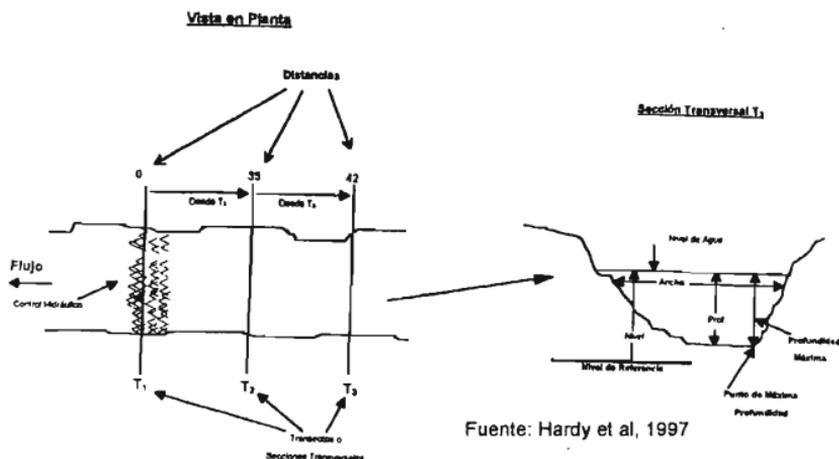
Además de los perfiles que se utiliza para la caracterización de hábitat es necesario analizar perfiles adicionales ubicados en zonas con controles hidráulicos. Estas zonas generalmente se ubican en los sectores de aguas rápidas con caídas muy fuertes.

La recolección de datos incluye los siguientes pasos o etapas:

1. Definición del sistema de unidades
2. Selección del número de caudales individuales (a lo menos tres) para los cuales se tomará datos de terreno (velocidad y altura de aguas entre otros datos). En aquellos sectores con morfología compleja se debe analizar más de tres caudales
3. Descripción topográfica del fondo del cauce a lo ancho del perfil transversal
4. Recopilar información del sustrato (material de fondo) y cobertura vegetal en cada perfil transversal
5. Medición de velocidades del agua en distintas verticales situados a lo ancho del perfil transversal

Un esquema que muestra una sección de río en planta y un detalle de una sección transversal se presenta en la Figura 3.6. Esta figura muestra un tramo de río que ha sido caracterizado mediante tres

perfiles transversales (T_1 , T_2 y T_3), en donde T_1 designa un control hidráulico (ubicación de una zona de rápidos).



Fuente: Hardy et al, 1997

Figura 3.6 Sección de Río en Planta y detalle de un Perfil Transversal

3.2.5 Modelación Hidráulica

Las técnicas usadas para simular las condiciones hidráulicas en un río pueden tener un impacto significativo sobre la relación hábitat versus caudal que se determina a partir del modelo PHABSIM.

Los programas de simulación hidráulica incluidos en PHABSIM suponen que la forma del canal no cambia a través del rango de caudales que se analiza. En la práctica, la topografía del cauce cambiará a través del tiempo debido a la alternancia de caudales altos y bajos. Si los cambios en el cauce son de pequeña magnitud el supuesto anterior es correcto; sin embargo, si existen cambios drásticos en el lecho se haría necesario medir la topografía cada vez que se realice un estudio de terreno con caudales diferentes.

Los modelos hidráulicos tienen dos fases o pasos. El primer paso incluye el cálculo de la elevación de la superficie del agua en una sección determinada y para un flujo especificado. Lo anterior, junto a las cotas del fondo del cauce, permite conocer la profundidad del agua en distintas verticales. El segundo paso es calcular la velocidad del agua en las mismas verticales anteriores a partir de la información de altura del agua en ese punto. Cada uno de estos pasos utiliza técnicas basadas en la teoría de ejes hidráulicos en secciones naturales o en enfoques puramente empíricos. La selección de uno u otro método depende de las circunstancias específicas de cada problema.

Modelación de la Elevación de la Superficie Libre

El primer paso en la modelación hidráulica con PHABSIM es la calibración y simulación de la elevación de la superficie libre. Dependiendo de la naturaleza de los datos de terreno disponible, los siguientes programas pueden ser utilizados:

IFG4: Este modelo usa curva de descarga para calcular la altura de la superficie libre en una sección transversal a partir del caudal pasante a través de ella. La curva de descarga se

obtiene a partir de una regresión estadística que incluye toda la información correspondiente a aforos practicados en terreno.

MANSQ: Este programa utiliza la ecuación de Manning para calcular la altura de aguas en una sección cualquiera, por lo que supone que todas las secciones transversales son independientes entre ellas. Este modelo debe ser calibrado para lo cual se utiliza información recolectada en terreno.

WSP: Este programa se basa en la teoría de ejes hidráulicos en secciones naturales, para lo cual determina las alturas de agua en cada perfil transversal a partir de condiciones de conservación de energía. Este modelo debe ser calibrado para lo cual se utiliza información recolectada en terreno.

De los tres programas anteriores, el WSP tiene una mayor base teórica detrás de él por lo que sus resultados son más confiables que los de los otros dos métodos. Sin embargo, la utilización de WSP requiere mayor dedicación y conocimiento del sistema en estudio y de la teoría correspondiente. El modelo IFG4 es el más simple de los tres ya que está basado en criterios puramente estadísticos. Su uso requiere un análisis muy cuidadoso de los resultados ya que en muchos casos éstos pueden ser poco confiables.

Las técnicas de tipo empírico (IFG4) requieren una mayor cantidad de información preliminar que aquellos métodos con base teórica (MANSQ y WSP). Muchas aplicaciones requieren el uso de ambos tipos de técnicas para poder analizar los rangos de caudales que se presentan a través de los años con información disponible.

En la Figura 3.7 se muestra un ejemplo de una sección transversal y los niveles de la superficie libre calculados mediante la aplicación de uno de los módulos indicados anteriormente (IFG4, MANSQ, o WSP) para cuatro caudales distintos.

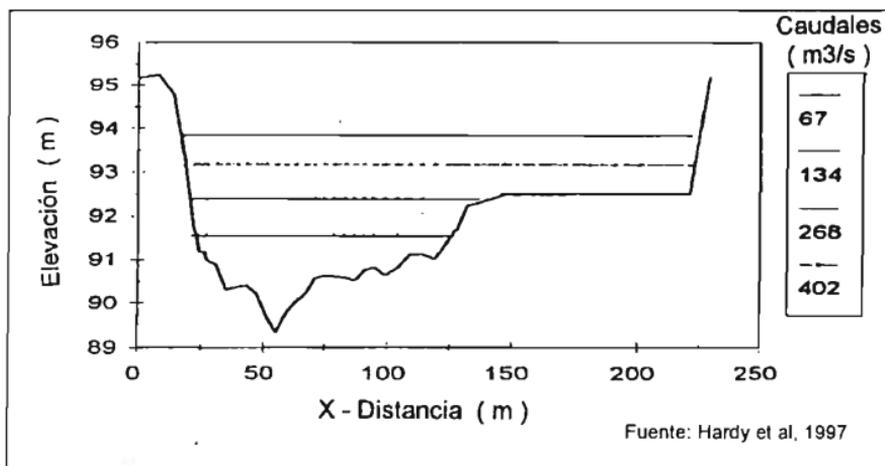


Figura 3.7 Niveles de Agua Calculados Mediante PHABSIM

Modelación de Velocidad

En PHABSIM se utiliza una versión especial de IFG4 para calcular la distribución de velocidad en una sección transversal del cauce, y para un grupo de caudales definidos previamente. Este modelo usa la ecuación de Manning para calcular la velocidad promedio del agua en una vertical a partir del conocimiento de la topografía del fondo del cauce y del nivel de la superficie libre para el caudal en estudio. La calibración de este modelo se basa en la modificación del coeficiente de Manning de tal manera que la velocidad simulada por el modelo para un caudal conocido coincida con la velocidad medida en terreno.

3.2.6 Modelación de Hábitat

La modelación de hábitat toma información acerca de la estructura del canal, niveles de agua modelados así como velocidades, y los combina con la información de curvas de utilidad para una especie definida para generar un índice de la cantidad y calidad del hábitat disponible. En muchas aplicaciones este índice se conoce como el área ponderada utilizable (APU) y se calcula, para distintos caudales, en celdas ubicadas sobre un perfil transversal del cauce. El valor de APU de las distintas celdas se suma para obtener un APU que es característico de la sección analizada.

Dentro de la modelación de hábitat existen distintas opciones o alternativas. Por ejemplo, el programa HABTAT calcula el valor del APU a partir de las condiciones dentro de cada celda individual y para un caudal definido. El programa HABTAE calcula el área ponderada utilizable a partir de las condiciones de velocidad en la celda misma y en las celdas adyacentes. Otra alternativa dentro de la modelación de hábitat se obtiene con la aplicación del programa HABEF. En este caso, se determina el hábitat disponible que es adecuado no para un único caudal sino para una secuencia de caudales que tienen la misma importancia dentro del manejo del sistema hídrico.

3.2.7 Interpretación de los Resultados

El producto final de la aplicación de PHABSIM es la generación de curvas que relacionan el hábitat disponible con el caudal pasante por una sección. Un ejemplo de esta situación se muestra en la Figura 3.8. Estas relaciones son el punto de inicio para el análisis del impacto del proyecto analizado o para la definición de caudales mínimos ecológicamente aceptables. Es importante que se indique que análisis adicionales son necesarios para incorporar factores tales como calidad de aguas y modelación de temperatura.

Desafortunadamente no existe una forma estándar para desarrollar el análisis e interpretación de los resultados de un estudio con PHABSIM. Sin embargo, existen una serie de enfoques analíticos que permiten completar el análisis de los resultados de PHABSIM. Por ejemplo, una manera típica de realizar un análisis utilizando los índices de hábitat generados por PHABSIM es a través de un análisis de frecuencia basado en el régimen de flujo (caudales) que se anticipa para el sistema hídrico, una vez que el proyecto comience a operar. Las curvas de hábitat versus caudal generadas por PHABSIM, para una especie en particular, permiten generar series de tiempo de hábitat a partir de series de tiempo de caudales. Este esquema de análisis permite estudiar la ganancia o pérdida de hábitat neto al comparar el efecto de dos o más alternativas para un mismo proyecto.

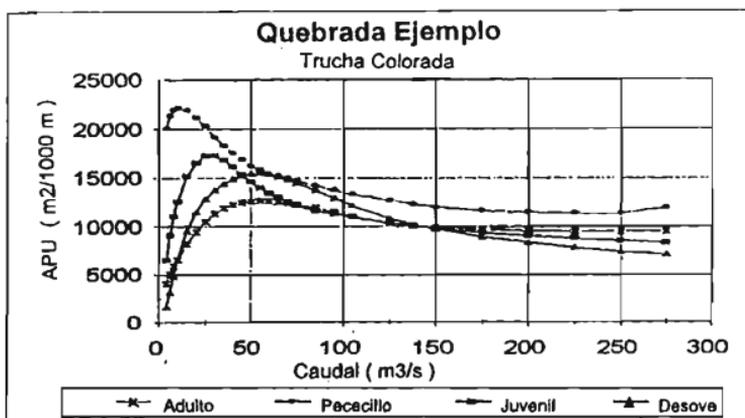


Figura 3.8 Función de Hábitat Total versus Caudal

3.3 Requerimientos de Software y Hardware

Para utilizar este modelo de simulación se requiere un computador que opere en Windows 95 o Windows 3.1, con al menos 8 Mb de RAM. El programa PHABSIM está escrito en Fortran 77 y se entrega compilado para su uso en un computador IBM PC o compatible. En la actualidad se está desarrollando una nueva versión que correrá únicamente en Windows 95. Esta versión actualizada de PHABSIM está distribuida a mediados de 1998.

Los requerimientos computacionales de la metodología IFIM son bastante bajos y se limitan a los programas utilizados para el desarrollo de la actividad denominada PHABSIM. Este grupo de programas requiere de un servidor PC con sistema operativo Windows 95. Los programas computacionales que componen PHABSIM pueden ser obtenidos directamente desde la dirección WEB:

http://webmesc.mesc.nbs.gov/rsm/rsm_download.html#PHABSIM

La interpretación de resultados obtenidos de la aplicación de PHABSIM, el manejo de la información de entrada para los programas y la operación de los mismos requiere personal entrenado para este objetivo.

El modelo de simulación PHABSIM, así como sus manuales de uso correspondientes, se obtiene además al inscribir y asistir al curso de entrenamiento dictado por USGS en su oficina de Fort Collins, Estados Unidos. Mayor información puede ser conseguida a través de la siguiente página WEB:

<http://www.mesc.nbs.gov/training/mesc-training.html>

CAPITULO 4

RECOPILACION DE ANTECEDENTES

4. RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES

Con el objetivo de analizar la aplicabilidad en nuestro país de la metodología IFIM y del programa de simulación de hábitat PHABSIM, se definió una etapa de recolección de la información existente para caracterizar la situación actual relativa a la cantidad y calidad del recurso hídrico existente en el país. Esta información será considerada como base para futuras mediciones y además permitirá determinar su utilidad para cumplir con los objetivos perseguidos en este estudio.

La caracterización se realizó con base en la presencia o ausencia de información medida o procesada, relativa a los siguientes aspectos del recurso hídrico: parámetros bióticos, parámetros de calidad, parámetros hidráulicos e hidrológicos. Para estos efectos se revisó la bibliografía disponible, extractando directamente de estas fuentes la información de interés o se visitó aquellas instituciones que eran mencionadas como poseedoras de información relevante, con el objeto de recabar dichos antecedentes. Una lista con la información bibliográfica revisada durante este proyecto se incluye en el capítulo de referencias, al final de este informe.

Como parte de esta etapa de recopilación de antecedentes se analizó algunos índices mencionados en la literatura para la determinación de la calidad biológica de las aguas corrientes (Leynaud, 1982) y se recopiló algunas clasificaciones de las aguas propuestas en función de valores de diferentes parámetros físico-químicos (Nisbet y Verneaux, 1970).

4.1 Parámetros Bióticos.

Como parte de la recopilación de antecedentes para este estudio se recabó información referente a índices de calidad biótica que engloban información de tipo biológica en un indicador único que es de más fácil interpretación. Lo que se persigue con estos índices es condensar la información existente con el fin de facilitar las comparaciones espaciales y temporales correspondientes a campañas de muestreo realizadas con ocasión de estudios específicos. De igual modo, estos indicadores permiten simplificar el análisis de la información para aquellas personas que no posean formación técnica en el área.

Un ejemplo de estos índices de calidad biótica es aquel propuesto por Leynaud (1982), el que es usado por el Centro Nacional de Estudios Técnicos y de Investigaciones Tecnológicas para la Agricultura, los Bosques y el Equipamiento Rural (CERAFER) de Francia; éste se basa en el conocimiento actual de la ecología de las especies acuáticas y requiere de información cuantitativa acerca de las unidades sistémicas identificables. Las técnicas utilizadas para coleccionar información, tanto en terreno como en laboratorio, son sencillas y se apoyan fundamentalmente en una buena formación biológica de los especialistas participantes. El método propuesto valoriza el límite de la determinación más simple, por lo que cualquier unidad sistémica diferente (género, especie, tribu, subfamilia o familia) en cada grupo es considerada, con lo que se elimina la excesiva dependencia de expertos taxónomos para cada especie encontrada. Esto es de especial importancia para el caso de insectos acuáticos, cuyos estados inmaduros son difíciles de relacionar con los adultos. Este índice se evalúa para dos elementos o *facies* considerándose que los organismos prevalentes en una *facie* (léntica) están compensados por los existentes en la otra (lótica), de manera que la diferencia entre ambas caracteriza la calidad del agua en el punto estudiado. Mayores antecedentes acerca de este índice pueden ser consultados en Leynaud (1982).

Índices como el recién descrito, podrían aplicarse en Chile para calificar el grado de contaminación de un curso de agua, si se recopila la información biótica necesaria. Se estima sin embargo que, en función del grado de conocimiento que existe en el país sobre las diversas unidades sistémicas propuestas, podrían modificarse los límites de la determinación de dichas unidades. La valorización del límite de determinación más simple implica conocer, en detalle y con anterioridad, las especies y su ecología para posteriormente en base a esta información establecer unidades sistemáticas menos específicas que representen los requerimientos ambientales de algún grupo de organismos determinado.

Índices como el anterior pueden ser muy útiles para establecer la calidad del agua en cauces intervenidos y definir o determinar una línea base para un estudio específico. Se debe señalar que índices como el de Leynaud, deben ser validados para utilizarlos en nuestros sistemas fluviales, ya que obedecen a características locales y estudios específicos de las zonas para las cuales fueron creados.

En este estudio no se ha estimado pertinente establecer un índice biótico ya que la información existente en el país es, en general, cualitativa lo que dificulta el cálculo de este índice. En consecuencia, para caracterizar el medio acuático desde el punto de vista biótico, sólo se recabó la información existente que permite verificar el grado de complejidad de la cadena trófica presente en un determinado sector. Para estos efectos se consideró el siguiente ordenamiento de la cadena trófica:

Productores Primarios	Microalgas y Macrófitas
Consumidores Primarios	Bacterias
Consumidores Secundarios	Macrozoobentos Moluscos y Crustáceos Peces Anfibios

Es conveniente destacar que la información disponible no es de control sistemático y ella se refiere, en general, a los antecedentes extraídos de campañas de terreno realizadas puntualmente en determinados cauces en fechas específicas, las que no necesariamente coinciden con épocas de estiaje o con épocas significativas para las especies encontradas. En algunos casos se dispone de información cuantitativa respecto de los consumidores primarios y secundarios.

4.2 Parámetros de Calidad Físico-Química y Microbiológica

La información existente en el país con relación a los parámetros físico-químicos puede separarse en:

- Datos procesados al nivel de cuenca; estos antecedentes fueron procesados a base de la información recopilada por la Dirección General de Aguas a través de su red básica de calidad de aguas.
- Datos medidos puntualmente en algún curso de agua. Estos datos no corresponden a mediciones sistemáticas realizadas en la red de monitoreo de la Dirección General de Aguas sino aquellas mediciones realizadas para estudios específicos.

Los parámetros físico-químicos de determinación más corriente son *pH*, conductividad eléctrica, temperatura, oxígeno disuelto, metales y macroelementos, siendo eventualmente medidos parámetros como turbiedad, color, dureza, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y sólidos totales disueltos. En cuanto a la cobertura nacional, se observa que la densidad de medición, tanto espacial como temporal, es mayor en las regiones IX y X. Es importante indicar que los parámetros físico-químicos de determinación habitual de la DGA se encuentran metales (más de 20) y macroelementos.

En relación con los parámetros bacteriológicos que caracterizan la contaminación biológica de los cursos de agua se han recopilado tanto los antecedentes procesados consignados en estudios anteriores (Universidad de Chile, 1996) como aquellos medidos por SESMA. Los parámetros típicos en este caso corresponden a coliformes totales y coliformes fecales, mientras que los colifagos, *escherichia coli* y el recuento heterótrofo son registrados con menor frecuencia. Desde 1994 en adelante se presenta un control casi permanente del vibrión cólera, parámetro controlado por SESMA en mediciones que se realizan 5 veces al mes. En general, en los puntos de medición, todos estos parámetros son de registro más continuo, lo que permite el análisis de la variabilidad estacional que puede ocurrir en dicho lugar.

4.3 Parámetros Hidráulicos

Estos parámetros se refieren a aquellos que caracterizan el escurrimiento en el cauce. Corresponden a datos medidos directamente en terreno (altura de escurrimiento, velocidad del flujo, granulometría) o procesados a base de antecedentes cartográficos o topográficos (área de la cuenca, pendiente del cauce, longitud del cauce) o de los valores medidos en terreno (caudal volumétrico, gasto sólido).

La información fue recopilada de diversos estudios efectuados en el país o facilitada por oficinas consultoras que han realizado este tipo de mediciones. En general corresponde a información procesada por lo que los valores consignados podrían considerarse como valores promedio.

4.4 Parámetros Hidrológicos

Para los efectos de este estudio se considera de interés el caudal registrado en los distintos puntos del país. La base de la información recopilada corresponde a aquella proveniente de las estaciones fluviométricas controladas por la Dirección General de Aguas, donde se controla la altura de escurrimiento. Se debe hacer notar que, de todos los antecedentes descritos, esta información corresponde a la única que, en general, se registra en forma periódica, lo que permite realizar estimaciones sobre algunos de los parámetros hidráulicos que caracterizan el escurrimiento en el cauce, si se conocen los antecedentes topográficos y la curva de descarga correspondiente.

4.5 Mapas Esquemáticos y Cuadros Resumen

Como resultado de esta actividad se generó cuadros resumen, en los cuales se indica la presencia o ausencia de información de tipo hidrológica, hidráulica, físico-química, bacteriológica o biótica, en una serie de estaciones o puntos de control situadas en ríos y esteros de las regiones Cuarta a Décima de nuestro país. En cada una de las regiones se ha considerado aquellas estaciones fluviométricas pertenecientes a la red de control de la Dirección General de Aguas, así como estaciones de muestreo esporádico que han sido establecidas para estudios puntuales. Cuadros resumen con esta información se incluyen en el Anexo II.

Utilizando la información resumida contenida en el Anexo II se ha confeccionado una serie de mapas esquemáticos que permiten realizar una representación espacial de la información disponible en cada región de nuestro país. De este modo, las Figuras 4.1 a 4.8 muestran los resúmenes correspondientes a las regiones Cuarta a Décima, respectivamente. La información incluida en estas figuras se presenta mediante un esquema de ausencia/presencia, para distintas estaciones fluviométricas y puntos de control identificados a partir de las diversas fuentes de información consultadas. Cada estación se identifica mediante un rectángulo con seis espacios. El primer espacio contiene el número correlativo de la estación dentro de la región correspondiente, el que posee un código del Banco Nacional de Aguas (BNA) que puede ser consultado en el Anexo II. En el caso de aquellos puntos de muestreo esporádico, se incluye únicamente el número correlativo sin existir un código oficial del BNA. Los restantes cinco espacios se han utilizado para indicar la presencia o ausencia de información hidrológica, hidráulica, calidad físico-química, calidad microbiológica y biótica, respectivamente. Así, un espacio ennegrecido indica la existencia de información, mientras que un espacio en blanco indica la falta de ésta. Es importante recalcar que este diagrama no hace mención a la calidad o longitud de los registros de datos medidos, sino que únicamente a su existencia. Es importante mencionar que no todas las estaciones han sido incluidas en los mapas esquemáticos al no contar con la ubicación específica de las estaciones.

El análisis de esta información muestra que en términos generales la situación en nuestro país es bastante precaria por cuanto no existen estaciones que cuenten con registros completos, es decir, que incluyan las cinco áreas indicadas anteriormente. Esto es especialmente relevante para el caso de un estudio de caudales ecológicos, por cuanto en este tipo de estudios se requiere información completa para poder estimar el efecto de cambios en el caudal del río sobre los ecosistemas aledaños. Lo anterior permite visualizar que si se desea realizar estudios de tipo IFIM para evaluar el impacto de determinados



72 00'

71 00'

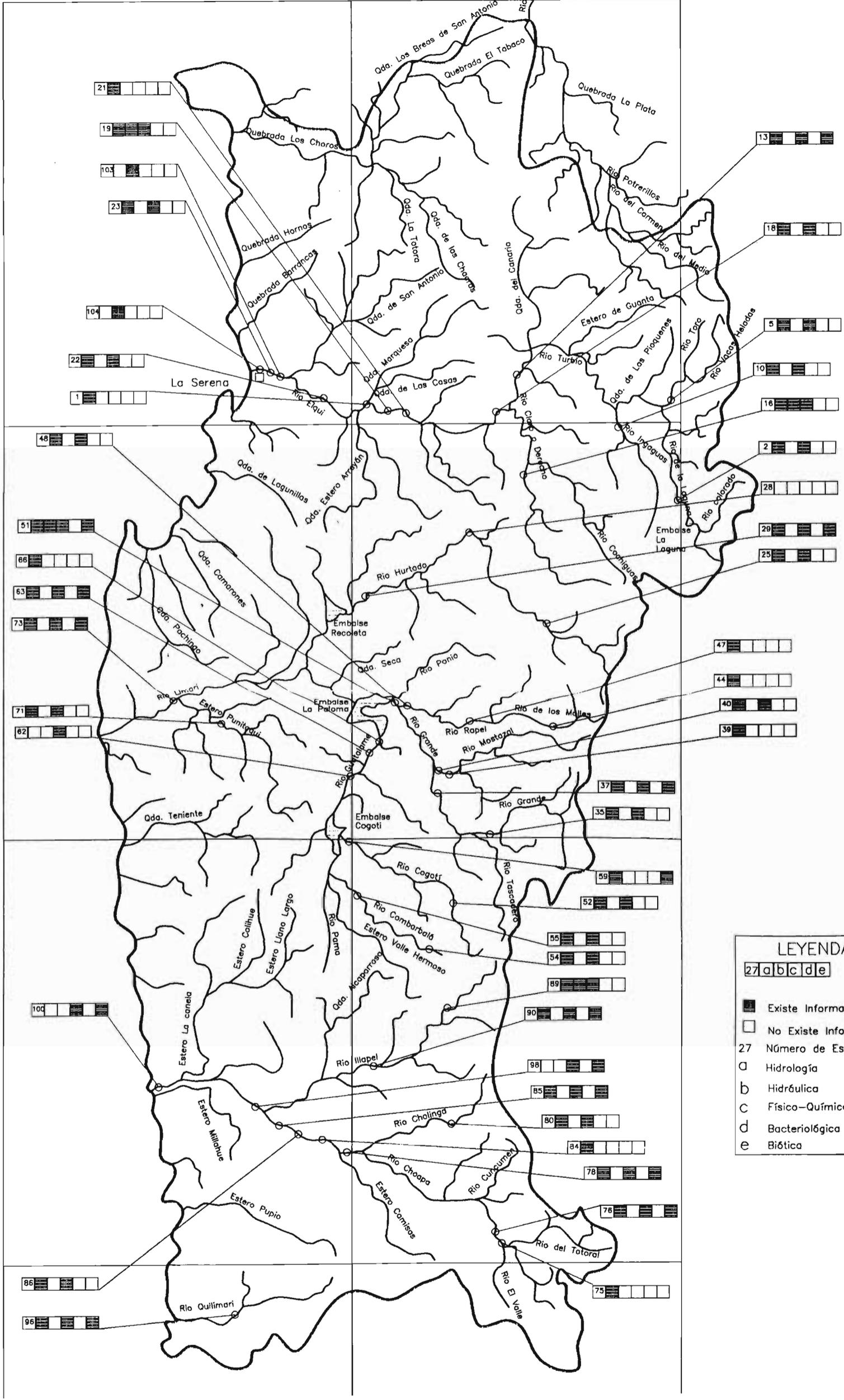
70 00'

29 00'

30 00'

31 00'

32 00'



LEYENDA

27 a b c d e

- Existe Información
- No Existe Información
- 27 Número de Estación
- a Hidrología
- b Hidráulica
- c Físico-Química
- d Bacteriológica
- e Biótica

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
 DIRECCION GENERAL DE AGUAS
 DEPTO. DE CONSERVACION Y PROTECCION DE REC. HIDRICOS

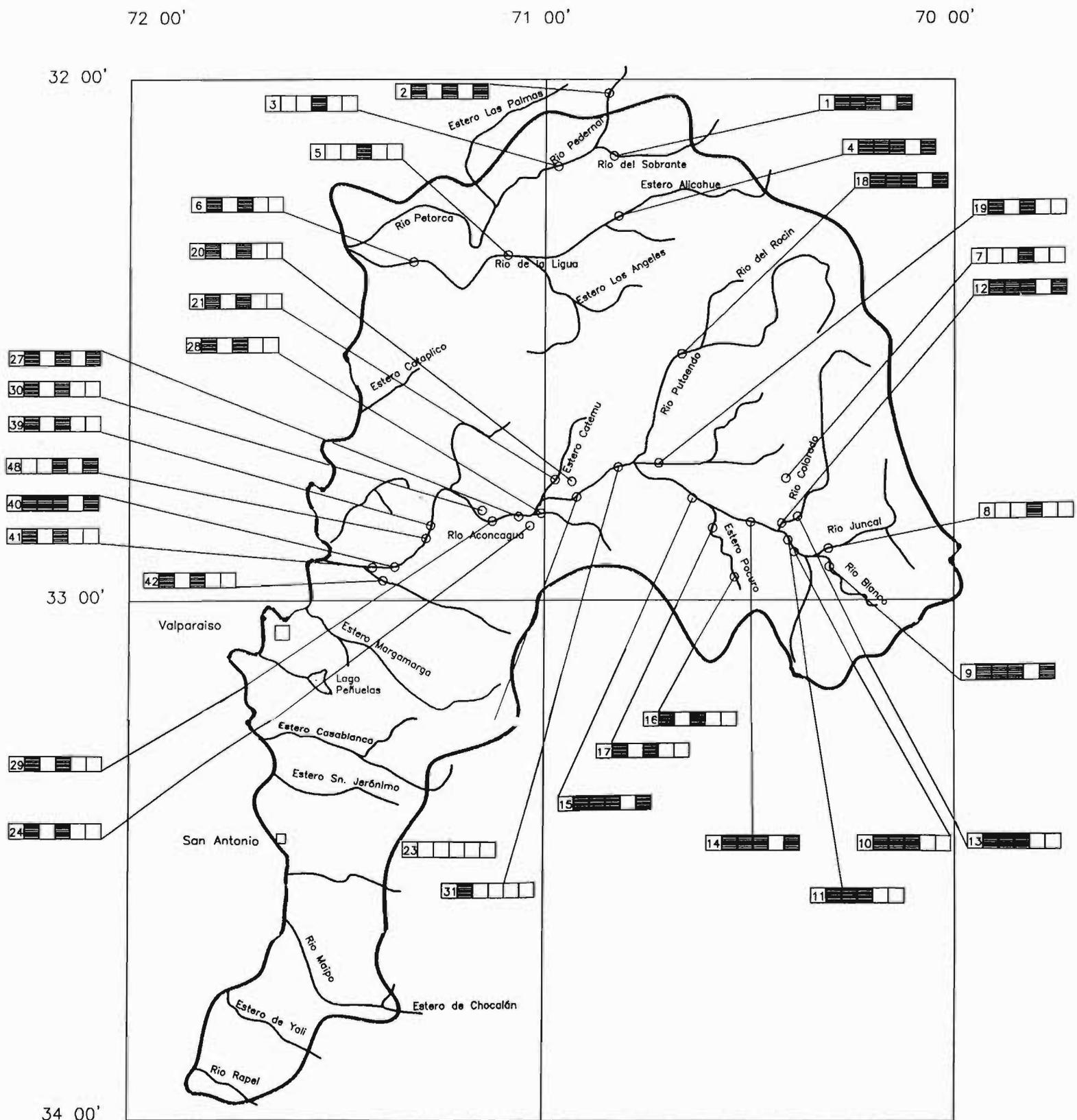
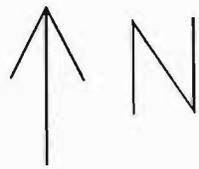
UNIVERSIDAD DE CHILE
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
 DIVISION RECURSOS HIDRICOS Y MEDIO AMBIENTE

DISEÑO DE PLAN DE MONITOREO PARA LA DETERMINACION DE CAUDALES ECOLOGICOS

FIGURA 4.1.a

REGION : CUARTA

ESCALA 1: 1.300.000 Aprox.



LEYENDA

27	a	b	c	d	e
<p>■ Existe Información</p> <p>□ No Existe Información</p> <p>27 Número de Estación</p> <p>a Hidrología</p> <p>b Hidráulica</p> <p>c Físico-Química</p> <p>d Bacteriológica</p> <p>e Biótica</p>					

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
 DIRECCION GENERAL DE AGUAS
 DEPTO. DE CONSERVACION Y PROTECCION DE REC. HIDRICOS

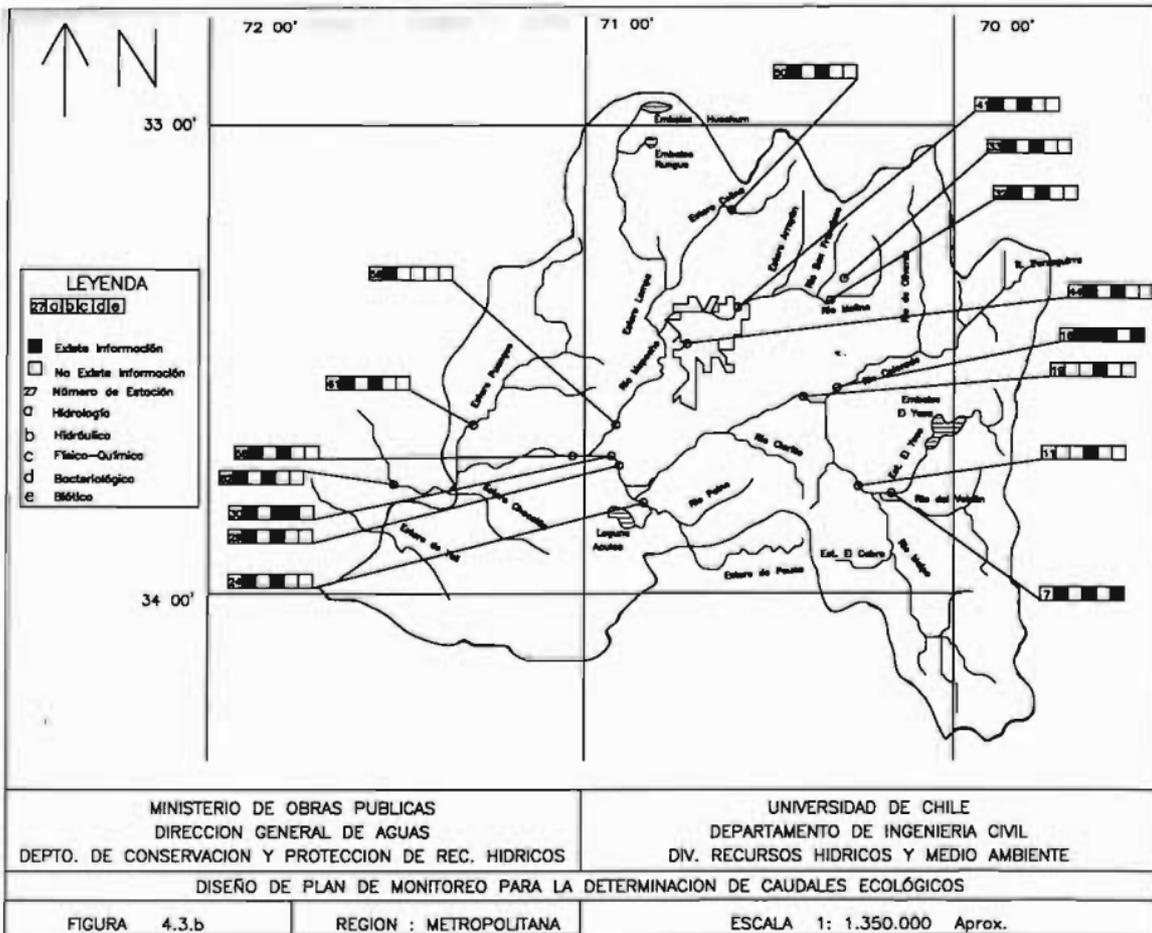
UNIVERSIDAD DE CHILE
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
 DIVISION RECURSOS HIDRICOS Y MEDIO AMBIENTE

DISEÑO DE PLAN DE MONITOREO PARA LA DETERMINACION DE CAUDALES ECOLOGICOS

FIGURA 4.2

REGION : QUINTA

ESCALA 1: 1.300.000 Aprox.





73 00' 72 00' 71 00' 70 00'

34 00'

35 00'

36 00'

60

32

LEYENDA

27	a	b	c	d	e
■	Existe Información				
□	No Existe Información				
27	Número de Estación				
a	Hidrología				
b	Hidráulica				
c	Físico-Química				
d	Bacteriológica				
e	Biótica				

78

37 00'

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION GENERAL DE AGUAS
DEPTO. DE CONSERVACION Y PROTECCION DE REC. HIDRICOS

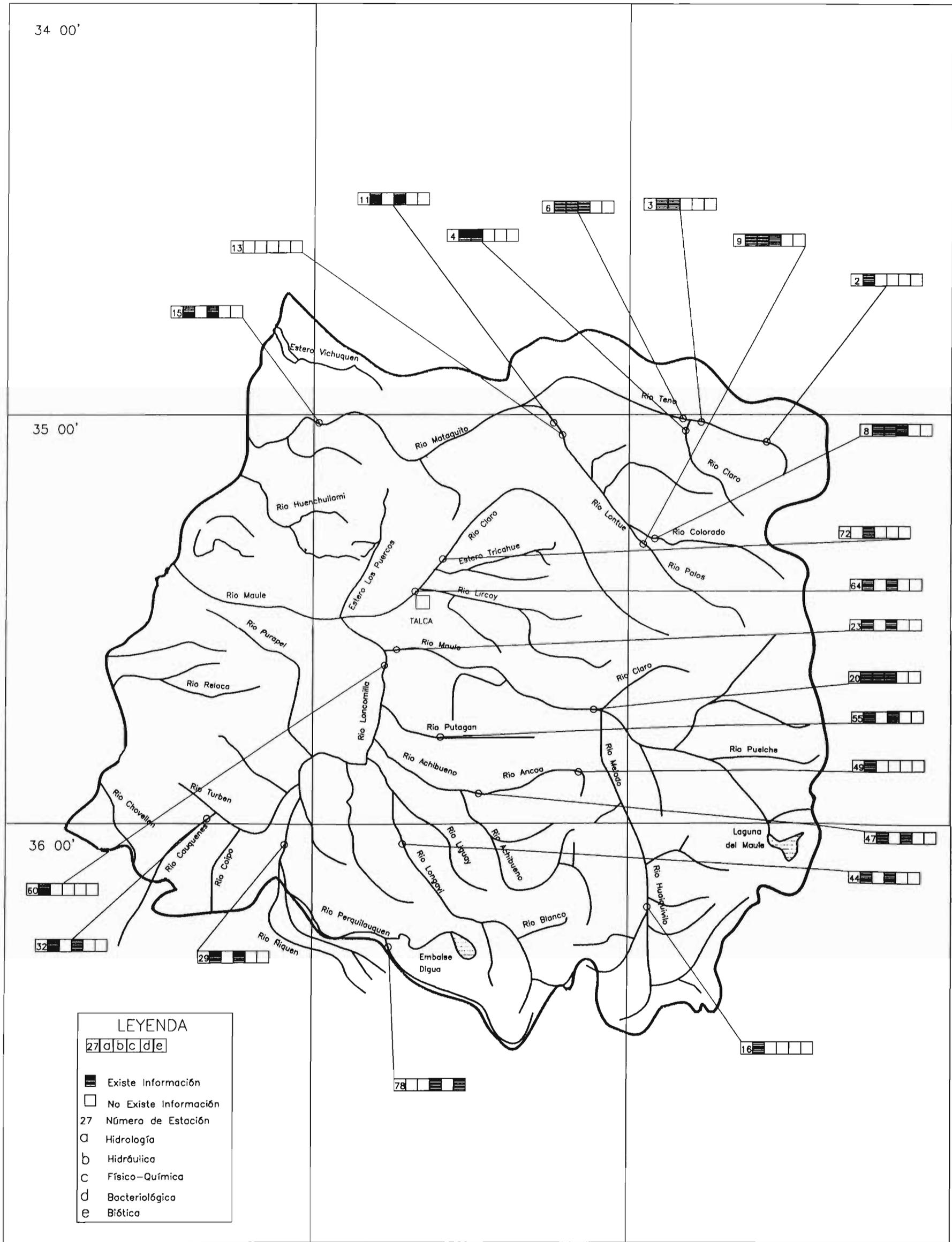
UNIVERSIDAD DE CHILE
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
DIVISION RECURSOS HIDRICOS Y MEDIO AMBIENTE

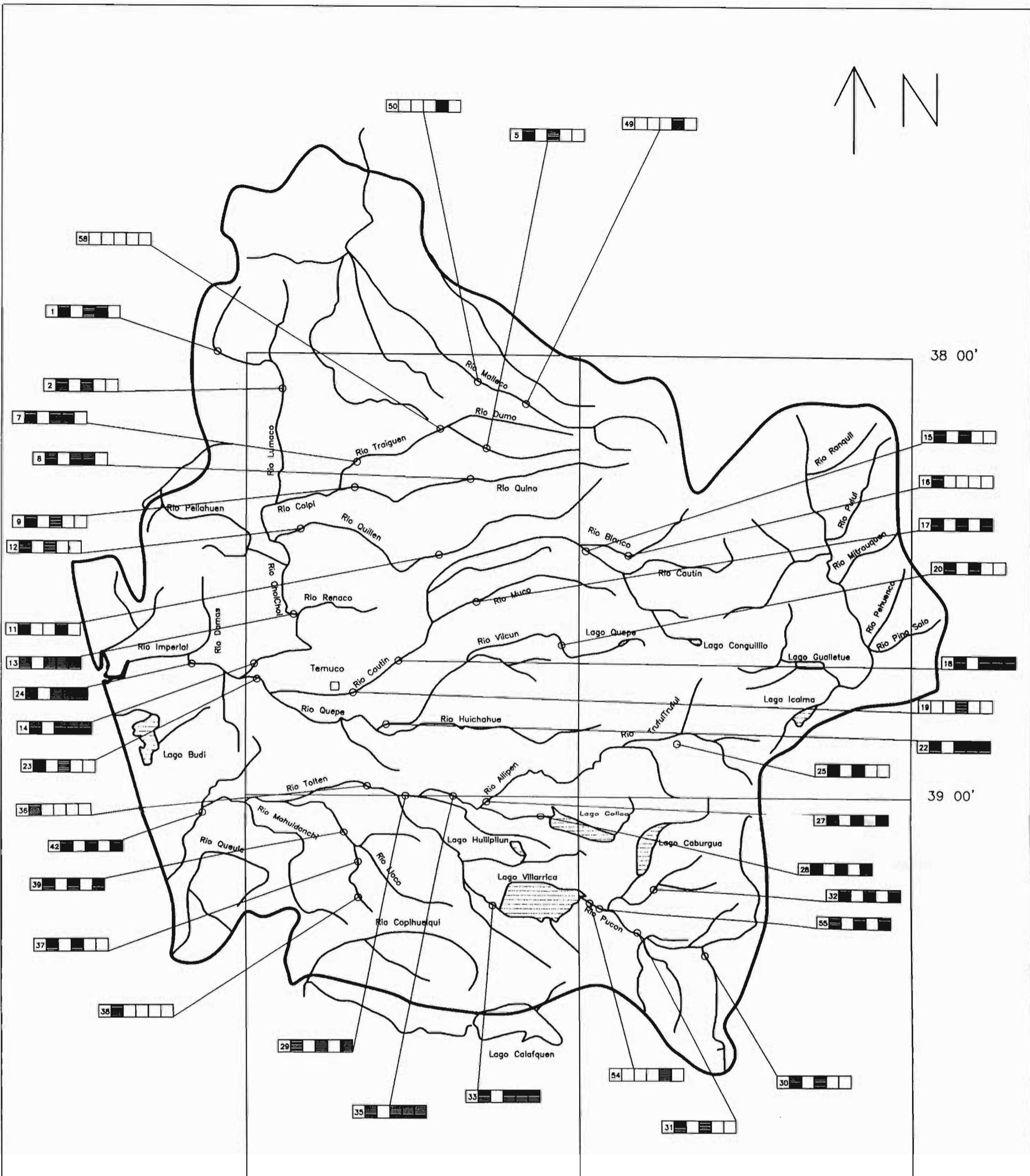
DISEÑO DE PLAN DE MONITOREO PARA LA DETERMINACION DE CAUDALES ECOLOGICOS

FIGURA 4.5.a

REGION : SEPTIMA

ESCALA 1: 1.300.000 Aprox.





LEYENDA

27 a b c d e

- Existe Información
- No Existe Información
- 27 Número de Estación
- a Hidrología
- b Hidráulica
- c Físico-Química
- d Bacteriológica
- e Biótica

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
 DIRECCION GENERAL DE AGUAS
 DEPTO. DE CONSERVACION Y PROTECCION DE REC. HIDRICOS

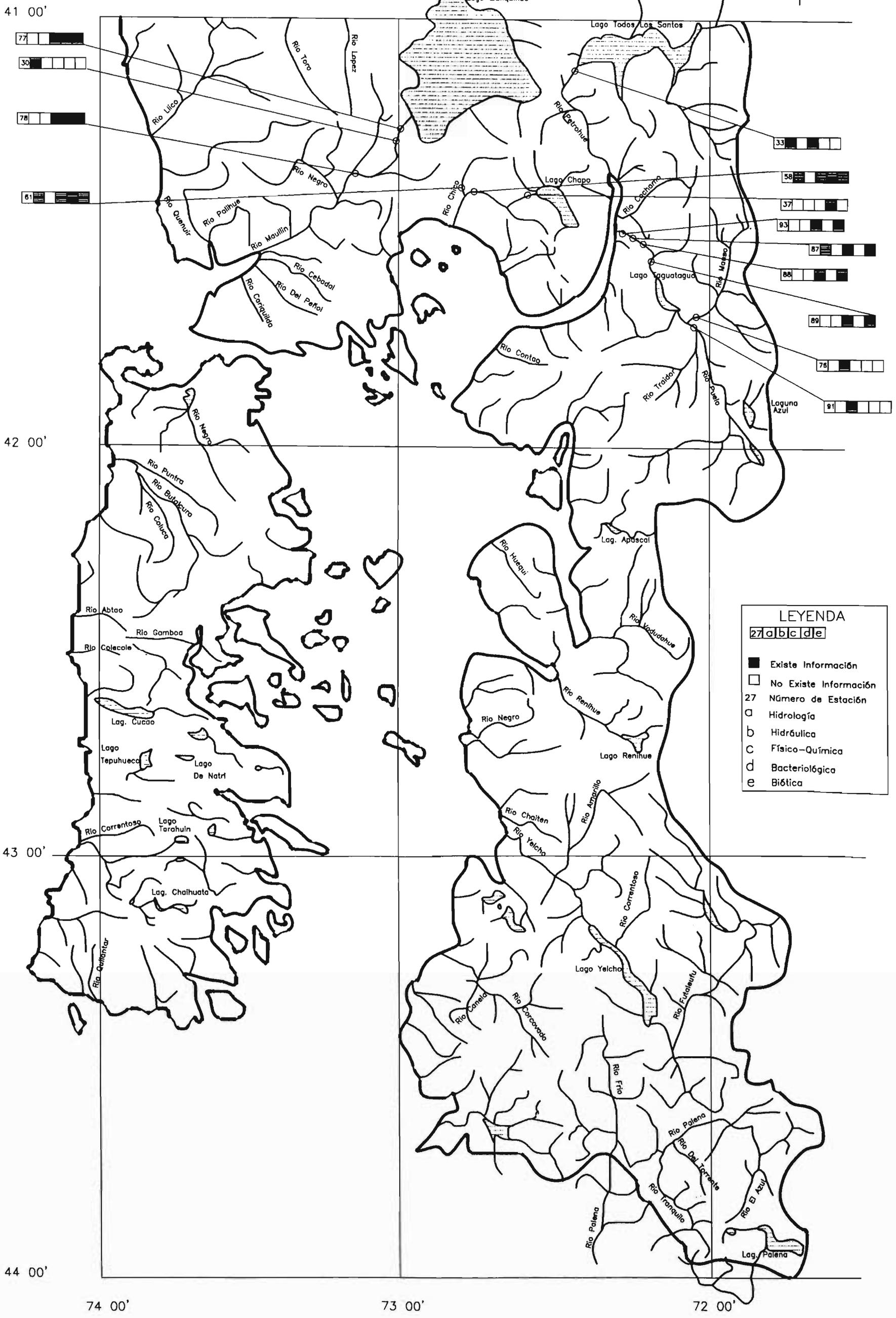
UNIVERSIDAD DE CHILE
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
 DIVISION RECURSOS HIDRICOS Y MEDIO AMBIENTE

DISEÑO DE PLAN DE MONITOREO PARA LA DETERMINACION DE CAUDALES ECOLOGICOS

FIGURA 4.7

REGION : NOVENA

ESCALA 1: 1.300.000 Aprox.



LEYENDA

27	a	b	c	d	e
■	Existe Información				
□	No Existe Información				
27	Número de Estación				
a	Hidrología				
b	Hidráulica				
c	Físico-Química				
d	Bacteriológica				
e	Biótica				

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
 DIRECCION GENERAL DE AGUAS
 DEPTO. DE CONSERVACION Y PROTECCION DE REC. HIDRICOS

UNIVERSIDAD DE CHILE
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
 DIVISION RECURSOS HIDRICOS Y MEDIO AMBIENTE

DISEÑO DE PLAN DE MONITOREO PARA LA DETERMINACION DE CAUDALES ECOLOGICOS

FIGURA 4.8.b

REGION : DECIMA

ESCALA 1: 1.300.000 Aprox.

proyectos de ingeniería sobre el medio ambiente acuático se debiera implementar planes de monitoreo adecuados para cumplir con este objetivo.

4.6 Otra Información Disponible

Junto a la recopilación de información especificada anteriormente se desarrolló una búsqueda de antecedentes a través de organismos públicos y privados que pudieran complementar los datos incluidos en el Anexo II. Este proceso resultó ser el más lento de lo que se estimó originalmente, pues no todos los organismos públicos y privados que disponían de información accedieron a entregar dichos datos. A continuación se entrega una lista de los organismos consultados, persona entrevistada, su entrega o no de datos y el tiempo de espera de los datos.

CODELCO, se buscó información en este organismo debido a una publicación de la CONAMA, donde presentaba a la Corporación del Cobre teniendo información de interés para el presente proyecto. No se logró establecer contacto.

D.G.A., organismo que entrega todos sus antecedentes físico-químicos y pluviométricos a nivel nacional sin ningún problema, en un plazo aproximado de una semana.

E.M.O.S, recinto Quebrada San Ramón, facilitó toda la información requerida, tras haber enviado una carta al jefe de la Planta de Tratamiento.

S.A.G., la autoridad consultada accedió a entregar la información sin ningún requerimiento especial, sin embargo ésta no ha sido facilitada hasta la fecha.

S.E.S.M.A., se debe enviar una carta al Director de dicho organismo, la cual una vez aprobada pasa al departamento respectivo y la información se entrega al interesado dentro de dos semanas desde que se presentó la carta.

S.N.S., la información cuando existe se encuentra en el nivel regional por lo que debe solicitarse en esas instancias. No existen impedimentos para su entrega.

U. Chile, se recopiló toda la información pertinente que posea la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Civil, División de Recursos Hídricos y Medio Ambiente. Cabe mencionar que se facilitó información pública, es decir, Memorias de Titulación, información recabada por Consultores externos y proyectos propios.

CAPITULO 5
CAMPAÑA DE TERRENO

5. CAMPAÑA DE TERRENO

5.1 Objetivos

Con el objetivo de analizar la aplicabilidad en nuestro país de la metodología IFIM y del programa de simulación de hábitat PHABSIM, se desarrolló una etapa de recolección y muestreo de información hidráulica, de calidad físico-química y microbiológica, así como antecedentes biológicos, en dos cursos de aguas ubicados en la Región Metropolitana. Los objetivos principales de esta campaña de terreno se indican a continuación:

- Implementación y desarrollo de técnicas de terreno necesarias para llevar a cabo una caracterización integral de ríos de la zona comprendida entre la Cuarta y Décima regiones de nuestro país.
- Cuantificar los requerimientos técnicos y económicos para llevar a cabo la caracterización anterior en una forma lo más eficiente y completa posible.
- Cuantificar el tiempo requerido para conseguir una caracterización que sea representativa del sistema en análisis.
- Analizar técnicas de muestreo en función de los requerimientos de información para la aplicación de IFIM y PHABSIM en nuestro país.

Basado en lo anterior se seleccionó dos puntos de muestreo para el desarrollo de este estudio, los que se encuentran localizados en la Región Metropolitana, lo que facilitó la toma de muestras y su posterior análisis en laboratorio. Para este estudio se utilizó los servicios de un laboratorio particular (AQUA) para los análisis físico químicos, el laboratorio de la División de Recursos Hídricos y Medio Ambiente de la Universidad de Chile para los análisis microbiológicos, y el laboratorio de Ecología Acuática de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad de Chile para los análisis biológicos. Los aforos y trabajos topográficos fueron realizados por personal de la División de Recursos Hídricos y Medio Ambiente de la Universidad de Chile.

La primera estación o zona de muestreo seleccionada para este estudio corresponde a aquella ubicada en las cercanías de la bocatoma de la Planta de Tratamiento de Agua Potable Quebrada San Ramón, perteneciente a la Empresa Metropolitana de Obras Sanitarias (EMOS S.A.). Un plano de ubicación de esta estación se presenta en la Figura 5.1. Esta zona de muestreo fue seleccionada ya que corresponde a un sector en el cual se realiza una extracción de agua en forma continua, lo que puede ocasionar algún efecto sobre los ecosistemas que componen este sistema hídrico. Para este efecto se llevó a cabo una caracterización del sistema hídrico de la Quebrada San Ramón, utilizando dos sitios, uno localizado antes de la bocatoma de E.M.O.S. y el otro alguna distancia aguas abajo de ella.

El segundo punto de muestreo seleccionado para este estudio está ubicado en las cercanías de la estación fluviométrica del río Maipo en El Manzano, operada por la Dirección General de Aguas. La selección de esta estación o zona de muestreo tiene como objetivo el analizar un sistema hídrico cuyas características naturales han sido alteradas debido a diversas acciones de origen humano. La ubicación de esta estación de muestreo se presenta en la Figura 5.2.

Cabe mencionar que dado el desconocimiento inicial de las características biológicas de ambos sectores se realizó una serie de modificaciones al plan de monitoreo a lo largo de su desarrollo. Es así como el número de muestras de tipo biológico (algas y macrozoobentos) es bastante menor al de las muestras hidráulicas o de calidad (físico-química y microbiológica). Otro elemento desconocido al momento de comenzar con la campaña de monitoreo era la complejidad y los requerimientos de tiempo para realizar el análisis de tipo biológico, por lo que su conocimiento fue parte importante de este estudio. Es también importante recalcar que la metodología seguida para este estudio no es la que se recomienda para un estudio de tipo IFIM, por cuanto ésta fue definida en forma unilateral por los participantes en este estudio, sin existir una interacción con grupos o instituciones afectadas por algún proyecto de uso de los recursos hídricos involucrados.



Figura 5.1 Quebrada San Ramón



Figura 5.2 Río Maipo en el Manzano

Finalmente, se debe dejar constancia que la participación de algunos integrantes del grupo de trabajo en los cursos IFIM en los EEUU se realizó durante el mes de Enero de 1998, una vez que los estudios de terreno llevaban un porcentaje de avance bastante alto.

5.2 Metodología Utilizada

Este proyecto consideró una etapa de toma de muestras que abarcó un período de seis meses, en los cuales se realizó salidas a terreno cada 15 días. En cada oportunidad se visitó la estación de muestreo de la D.G.A. Maipo en El Manzano, y dos sectores situados en las inmediaciones de la Planta de Tratamiento de E.M.O.S. en la Quebrada San Ramón, en el recinto de EMOS-CONAF. Las tareas de terreno varían de un cauce a otro dependiendo de las características de éste, en particular se aprecian algunas diferencias entre el trabajo de la Quebrada San Ramón y el trabajo de Maipo en El Manzano. Estas diferencias son, por ejemplo, los insumos necesarios y el tiempo de muestreo. Para los propósitos de describir la metodología utilizada en el presente estudio se ha desglosado en cuatro áreas distintas: caracterización hidráulica, caracterización físico-química, caracterización microbiológica y caracterización biológica. A continuación se describen los aspectos más relevantes de cada una de estas etapas.

5.2.1 Caracterización Hidráulica

Para realizar la caracterización hidráulica se comienza con la definición de la sección de escurrimiento, la que se realiza a partir de un levantamiento topográfico del cauce. En el caso de ríos o cauces con bajo caudal se puede determinar el caudal pasante por la sección a partir de un aforo con molinete, para lo cual se requieren dos técnicos, uno a cargo del molinete utilizado para el aforo en el cauce del río y el otro a cargo de controlar el tiempo de medición y del registro de datos. El tiempo de aforo fluctúa alrededor de una hora, sin considerar tiempos de traslado entre un punto de aforo y otro, los cuales dependerán de cada cauce en particular. En el caso de ríos de mayor tamaño, que cuenten con un punto o sección de control se realizan aforos con molinete en un número reducido de ocasiones y se genera una curva de descarga para su uso posterior. En este caso, en futuras mediciones se determina la altura del escurrimiento, lo que permite calcular el caudal pasante a partir de la curva de descarga calculada.

La información recolectada en cada salida a terreno permite calcular el caudal pasante a través de la sección de control considerada para el presente estudio. Además, es posible estimar el tipo y tamaño del material que conforma el lecho de fondo del cauce, así como el tipo de material que se encuentra en las riberas de éste.

La información recopilada en este estudio permite construir estadísticas hidrológicas, las que pueden complementar aquella información proveniente de alguna estación fluviométrica con muestreo más regular y continuo.

5.2.2 Caracterización Físico-química

Para los efectos de la caracterización de calidad físico-química se toman dos muestras por cada punto de muestreo, una para DBO y otra para DQO. Estas muestras se toman con una frecuencia mensual. Junto a las muestras anteriores se procede a tomar muestras para un análisis de oxígeno disuelto. En este caso el OD debe ser fijado en el lugar de muestreo para su posterior análisis en laboratorio, o se mide directamente en terreno. En todo caso esto último debe ser especificado claramente en las tablas de resumen de resultados.

Como complemento a lo anterior se realiza la medición de la temperatura del agua, y en forma complementaria se determinan en laboratorio los siguientes parámetros: pH, Color, Conductividad, entre otros.

5.2.3 Caracterización Microbiológica

Esta caracterización se lleva a cabo mediante la extracción de muestras para su posterior análisis en laboratorio con el propósito de realizar la medición de Coliformes Fecales y Totales, E. coli, así como recuentos heterotróficos en placa. La frecuencia de muestreo es mensual. Las técnicas de análisis utilizadas en esta actividad son las estandarizadas u oficiales para estudios de calidad de aguas. A continuación se listan estas normativas:

NCh 1620/1 Of.84. Determinación de Coliformes Totales, Método de Tubos Múltiples

NCh 2313/22 Of.95. Determinación de Coliformes Fecales en Medio EC

Standard Methods, APHA. 18th Ed. 1992. Differentiation of the Coliform Bacteria. Section 9225 C.(E.coli)

Standard Methods, APHA. 18th Ed. 1992. Heterotrophic Plate Count. Section 9215 B (Recuento de Bacterias Heterotrofas)

5.2.4 Caracterización Biológica

Esta caracterización se lleva a cabo mediante la clasificación y recuento de invertebrados acuáticos, así como la medición de microalgas de derivas. Dadas las características de los dos cursos de agua analizados en este estudio, importante grado de influencia antrópica, no se consideró relevante incluir la identificación de otras especies o elementos de la cadena trófica, por ejemplo peces, ya que éstos no se encuentran presentes.

Es importante mencionar que los muestreos biológicos definidos para este estudio son específicos para la zona en la cual se van a realizar y para el tipo de vida acuática que se espera encontrar. El análisis de sistemas diferentes a los del presente estudio requiere de la definición de metodologías apropiadas, las que debieran dar motivo a una planificación específica. En todo caso, es importante señalar que la caracterización o valoración ecológica de un sistema hídrico debería contar, al menos, con los elementos señalados en el punto 4.1 del presente informe.

Para el desarrollo de este muestreo se utiliza una red Surber de 30 x 30 cm y un colector de Microderiva, es decir, dos muestras por punto. La recolección de estas muestras debe ser muy detallada y minuciosa, por lo cual son tomadas por un especialista en el tema, con un tiempo de recolección de aproximadamente 1,5 horas por punto. Este trabajo es similar en ambos puntos de muestreo, variando la dificultad de la recolección de la muestra debido a las diferencias de caudal entre uno y otro sitio de análisis.

5.3 Resultados

Un resumen con la información recopilada para el presente estudio se entrega en el Anexo III. En dicho anexo se incluye la información de tipo hidráulica, calidad físico-química y microbiológica, así como los datos utilizados para la caracterización biológica de los sectores analizados.

Un análisis muy simplificado de los resultados obtenidos a partir de la campaña de terreno se presenta a continuación para la Quebrada San Ramón y río Maipo en el Manzano. Un análisis más detallado de la presencia de macrozoobentos y algas de deriva en los dos cauces estudiados se presenta en el Anexo IV.

Es importante mencionar que se ha preferido presentar en forma de anexo los resultados de la caracterización biológica de los dos cauces considerados dado que el principal objetivo de este estudio no es la caracterización biológica de los sistemas hídricos, sino que la definición y puesta a punto de metodologías para lograr dicha caracterización. En este entendido, la caracterización biológica de los

sistemas hídricos incluidos en este estudio se debe considerar sólo como un antecedente preliminar, dado que algunas técnicas fueron afinadas a medida que se realizaba el estudio.

Quebrada San Ramón

La **Quebrada San Ramón** es un cauce de características de torrente ubicado en la zona precordillerana de la Región Metropolitana. Este cauce tuvo un caudal medio, en el periodo de muestreo, de 400 l/s, con velocidades que fluctúan entre 0,35 - 0,90 m/s y con alturas medias entre 0,20 - 0,41 m, aguas arriba de la Toma, y con un caudal medio de 155 l/s, con rango de velocidades entre 0,85 - 0,06 m/s y con alturas medias entre 0,30 - 0,06 m, aguas abajo de la Toma.

Las características físico químicas y microbiológicas de este cauce demuestran que se trata de un sistema no intervenido (excepto por la extracción de agua para la Planta de Tratamiento de Agua Potable de E.M.O.S.).

La fauna de macroinvertebrados bentónicos de la Quebrada San Ramón determinada en esta investigación, se encuentra constituida por 24 taxa (familias) de los cuales 21 corresponden al phylum Arthropoda, 1 Mollusca, 2 Annelida. La totalidad de los 21 Arthropoda, corresponden a estados inmaduros de insectos acuáticos de los cuales los más representativos son: 6 Diptera y 2 Ephemeroptera.

En relación a la abundancia de microalgas, es notorio el predominio de las Bacillariophyta (diatomeas), estableciéndose para éstas la siguiente escala de frecuencias:

Muy frecuentes	: Gomphonema sp, Cocconeis sp, Flagilaria sp, Cymbella sp. y Synedra sp.
Frecuentes	: Amphora sp y Achnantes sp.
Poco frecuentes	: Anomoeoneis sp y Cyclotella sp.

Los otros grupos representados correspondieron a individuos aislados. No es de extrañar esta marcada abundancia del grupo de las Bacillariophyta, en particular de Gomphonema sp y Cymbella sp, ya que estos géneros presentan estructuras de fijación muscilaginosas que les permiten proliferar en este tipo de sustrato (rocoso-pedregoso).

Es importante destacar la baja representatividad del grupo de las Cyanophyta, indicadores de sistemas eutroficados, con lo que se concluye que este es un sistema de aguas prístinas.

Notorio es además, la diferencia cuantitativa y cualitativa de grupos de microalgas entre las dos zonas muestrales, mermando su representatividad en la zona de aguas abajo.

Estas microalgas de la deriva corresponden al sustrato alimentario del macrozoobentos, en particular de los grupos Ephemeroptera, Trichoptera, Hemiptera, Lepidoptera, etc. de manera que las variaciones que estas experimenten se relacionan directamente con las variaciones de estos grupos de invertebrados.

Maipo en El Manzano

En la estación **Maipo en El Manzano**, cauce de características de río de un caudal medio en el periodo de muestreo de 158 m³/s, con velocidades que fluctúan entre 1,85 - 3,70 m/s y con alturas medias entre 0,70 - 2,10 m, se realizaron las mismas labores de muestreo bacteriológico, físico-químicas y bióticas que en la Quebrada San Ramón, sin embargo es necesario notar ciertas consideraciones.

La topografía hecha en este cauce fue en la sección de aforo de la Estación de la DGA., en una extensión de aproximadamente 150 m alrededor de ésta. La dificultad de este levantamiento es mayor al de la Quebrada San Ramón debido a las características del cauce, es por esto que en ríos de estas magnitudes se recomienda hacer levantamientos aerofotogramétricos del lugar, con el fin de obtener una

topografía mas exacta y en una extensión mayor para poder realizar cálculos hidráulicos, como por ejemplo el eje hidráulico del cauce.

Todos los muestreos se realizaron en la orilla del cauce en aguas semiestancadas y otras un poco corrientosas. No se realizó aforos, como en el caso de Quebrada San Ramón, sino que se recurrió a los datos sintetizados por la D.G.A. en su estación fluviométrica.

La fauna de macroinvertebrados del río Maipo determinada en esta investigación se encuentra constituida por 12 taxa (familias) del phylum Arthropoda, casi todos corresponden a estados inmaduros de insectos acuáticos de los cuales los más representativos son : Chironomidae y Baetidae.

En general las especies están confinadas a tipos de sustrato bien definidos disminuyendo en otros. Un mismo tipo de sustrato puede albergar una fauna más densa dependiendo de otros factores, así, la existencia de macrófitas suministra refugio y alimento a especies que habitan sustratos pedregosos, aumentando éstas su densidad pero variando poco su composición. Ganan entonces importancia las familias Chironomidae, Simuliidae, Elmidae, Baetidae y algunos Plecoptera.

Las macrófitas y algas tienden a disminuir con el aumento de sólidos suspendidos, condición que altera indirectamente a la fauna reduciendo su densidad. Respecto a la calidad, los ordenes Plecoptera, Ephemeroptera y Trichoptera se verían más afectados que otros taxa. En casos extremos sólo los quironómidos rojos y tubificidos (anélidos) sobrevivirían dependiendo del alimento disponible.

Al aumentar el contenido de materia orgánica disuelta, los tubificidos y quironómidos rojos crecerían en importancia. Sin embargo, si el río es turbulento debería estar razonablemente oxigenado pudiendo entonces encontrar a los quironómidos acompañados de invertebrados de las aguas limpias, por otra parte si el sustrato se erosiona por la alta velocidad de la corriente la fauna se hace escasa y dispersa (Hynes 1966).

El tramo que se estudió del río Maipo contiene una combinación de estos factores, actuando en distintas gradaciones: alto contenido de materia orgánica, alta oxigenación y una erosión moderada lo que da como resultado la presencia de una fauna reducida y aglomerada en parches.

Los representantes más permanentes del río Maipo en el Manzano son los Ephemeroptera de la familia Baetidae (*Baetis* sp.), Trichoptera Hydropsychidae (*Smicridea* sp.), y Diptera de las familias Chironomidae y Simuliidae.

En lo que respecta a muestreo de algas, se realizó un campaña en el río Maipo, cuyo período de muestreo está comprendido entre el 29/12/97 al 27/04/98, obteniéndose de cada mes una muestra a examinar, a excepción de los meses de marzo y abril, de los cuales se obtuvieron dos muestras, representativas de cada quincena.

Las muestras comprendidas entre Diciembre y la primera quincena de Marzo presentaron una baja abundancia y diversidad algológica. Pero contrario a esto, mostraron una gran cantidad de sedimentos orgánicos e inorgánicos (debido posiblemente a las condiciones de toma de muestra), en particular de tipo arcilloso. Esto podría explicar el mínimo establecimiento de algas bentónicas (fitobentos). En el periodo precedente (fines de Marzo y mes de Abril), la diversificación y abundancia, en particular de Bacillariophytas, aumento significativamente y en directa relación a la aparición en las muestras de arenas, con notoria disminución de otro tipo de sedimento. Estos granos consolidados permiten el establecimiento de taxas epipélicas (que crecen sobre el sedimento) y eipsámicas (que crecen o se mueven sobre granos de arena), constituyendo las diatomeas (Bacillariophyta) la mayor parte de la comunidad de algas adheridas en las aguas continentales, lo cual se relaciona con su mayor representatividad en estas muestras.

El mayor porcentaje de frecuencias correspondió a *Ulothrix* sp.(Chlorophyta). Los representantes de este grupo prefieren sistemas de flujos rápidos, adhiriéndose en rocas sumergidas o elementos que hayan caído al agua (e.g. troncos caídos).

Trachelomona sp. Se encontró en una frecuencia de un 29%. Las taxas de esta división (Euglenophyta) son encontradas preferentemente en pequeñas lagunas, charcos y pozas con aguas ricas en sustancias orgánicas; en estas aguas se desarrollan masivamente provocando "blooms" o floraciones algales que tiñen las aguas de un color verde intenso.

5.4 Uso de la Información de Terreno en la Metodología IFIM

La información recolectada en este estudio fue analizada pensando en su potencial uso para la definición de caudales ecológicos mediante la metodología IFIM. Como fue mencionado anteriormente, el estudio de terreno correspondiente a esta etapa del proyecto fue definido con anterioridad a la participación de uno de los miembros del equipo de trabajo en los cursos de capacitación para la metodología IFIM y el programa PHABSIM, dictados por USGS en los EEUU. Debido a lo anterior la motivación original de los estudios de terreno fue cambiando a medida que el conocimiento de la metodología IFIM se hacía más completo. Desafortunadamente, las características propias de los cursos de agua seleccionados para este estudio no permitieron, a pesar de las modificaciones incorporadas al estudio de terreno, desarrollar en plenitud una caracterización hidrobiológica acorde con los requerimientos de la metodología IFIM. Sin embargo, la presente campaña de terreno permitió avanzar en el conocimiento y desarrollo de las técnicas de muestreo que se recomienda utilizar en posteriores estudios de este tipo. En particular, este proyecto permitió iniciar la implementación de un Laboratorio de Ecología Acuática, que permita desarrollar los estudios específicos que se requieran en futuras aplicaciones de la metodología IFIM.

Es importante mencionar que los sectores seleccionados para el presente estudio fueron definidos al inicio de este trabajo, antes de realizar los cursos de la metodología IFIM, por lo que no se tuvo en consideración las necesidades específicas de un estudio de este tipo, como por ejemplo la existencia de una especie *objetivo* cuyo valor intrínseco (económico, estético, ecológico u otro no mencionado aquí) sea de una importancia elevada. Por tal razón la información recopilada en ambos sectores de muestreo no se ha utilizado para estimar las condiciones de habitabilidad para una determinada especie *objetivo* (básico para un estudio IFIM) sino que se ha utilizado para conocer las características de ambos sistemas hídricos y evaluar las técnicas de muestreo, los tiempos involucrados en éstas y los recursos que deben ser definidos para su evaluación adecuada.

En el caso que se desea aplicar un estudio IFIM en un sistema que no cuenta con una especie *objetivo* claramente identificable, o si por el contrario se cuenta con demasiados candidatos a especie *objetivo*, se puede desarrollar un estudio basado en condiciones de hábitat *objetivo*. En este tipo de estudio IFIM se busca preservar condiciones de hábitat que sean adecuadas o deseables por razones técnicas, ambientales u otras que estime convenientes el organismo a cargo del manejo del sistema hídrico. Esta situación se ha presentado en algunas aplicaciones de la metodología IFIM, en las cuales se ha optado por definir un caudal ecológico o mínimo aceptable basado en el concepto de mantener condiciones de habitabilidad genéricas, dadas por restricciones en la velocidad media de la corriente, y altura o profundidad media, entre otras (Bovee K. Comunicación Personal, 1998). En este sentido cabe reiterar que IFIM fue desarrollada inicialmente para manejar sistemas hídricos en la zona norte de los Estados Unidos, en la cual se generó conflictos entre productores de truchas y salmones con empresas generadoras de energía hidroeléctrica. En estas situaciones, la especie *objetivo* estaba claramente definida por lo que no existió ningún problema para su identificación. Con posterioridad, se extendió este tipo de estudios a otras regiones de los Estados Unidos, e incluso otros países, en las cuales puede ser bastante difícil, y a veces conflictivo, el definir una especie como *objetivo* del estudio IFIM.

Una aplicación directa de los datos derivados de los estudios de terreno es la elaboración de la línea base ambiental para el sistema hídrico que se encuentra en estudio. Esta información es de suma importancia para estudios de tipo IFIM ya que permite tener una línea de referencia sobre la cual evaluar el impacto asociado al proyecto que se desea llevar a cabo en el sitio seleccionado.

Las técnicas y metodología de muestreo utilizadas en el presente estudio demostraron ser adecuadas para los fines de caracterizar la componente biológica de los dos sistemas analizados. Sin embargo, es importante mencionar que estudios similares llevados a cabo en sistemas hídricos de

características diferentes deben considerar una etapa de evaluación preliminar para definir las metodologías adecuadas y el plan de trabajo que debe ser seguido para lograr extraer suficiente información útil para un estudio IFIM. A este respecto es importante señalar que en el Capítulo 6 se incluye una descripción de un plan de monitoreo genérico que se propone para abordar estudios de tipo IFIM. En este plan de monitoreo se define una primera etapa de identificación, en la cual se realiza una evaluación preliminar del sistema hídrico, la que permite diseñar una etapa de monitoreo temporal que abarque un lapso de tiempo representativo de las condiciones propias de este sistema hídrico.

CAPITULO 6
DEFINICION DEL PLAN DE MONITOREO

6. DEFINICIÓN DEL PLAN DE MONITOREO

El uso de la metodología IFIM requiere de una completa caracterización del sistema hídrico que se desea estudiar, lo cual se realiza a partir de información recolectada en terreno. Esta información debe ser suficiente para lograr una completa caracterización de tipo hidrológica, hidráulica, calidad físico-química y microbiológica, así como también biológica o biótica. La definición de un plan de monitoreo que contemple todos estos atributos debe considerar además la distribución espacial y temporal de las distintas variables, lo que de origen a una red de monitoreo (una serie de estaciones situadas en puntos de interés a lo largo del río) con una frecuencia de medición suficiente para incorporar la variabilidad de los fenómenos de interés.

La definición de una red de monitoreo (y por lo tanto de un plan de mediciones asociado a ella) tiene como objetivo el lograr una caracterización representativa de un sector geográfico, por lo cual es específica del estudio que se desea desarrollar. Las componentes de un plan de monitoreo general son las siguientes:

- Análisis preliminar de la zona
- Puntos de muestreo
- Variables a muestrear
- Frecuencia de muestreo
- Caracterización del ecosistema

La Figura 6.1 muestra un esquema de un plan de monitoreo general que se inicia en la visita a terreno y finaliza con la caracterización de los componentes del ecosistema, para lo cual se utiliza la información generada durante este estudio.

Es importante mencionar que la definición de este plan de monitoreo se ha planteado en forma independiente a las actividades que se deben desarrollar durante la ejecución de un estudio IFIM. Lo anterior se explica por el hecho que en muchas ocasiones (por ejemplo un Estudio de Impacto Ambiental) se requiere un plan de monitoreo de similares características, sin que sea necesario proseguir con el resto de las fases de un estudio IFIM. Las actividades que se han incluido en este plan de monitoreo forman parte integral de algunas fases de la metodología IFIM.

6.1 Análisis Preliminar de la Zona

La definición de un plan de monitoreo comienza con una visita a la zona de estudio, junto con un análisis exhaustivo de la información cartográfica existente (planchetas IGM, y levantamientos topográficos de detalle entre otros). Toda esta información permitirá adquirir un conocimiento más detallado de la zona de estudio, lo que redundará en un análisis preliminar más completo. El grupo de trabajo que realizará este estudio preliminar debe incluir ingenieros civiles e hidráulicos, biólogos, ecólogos, así como personal de apoyo para algunas labores específicas.

El recorrido por la zona de estudio (o el trabajo de gabinete en el caso de algunos estudios) permitirá identificar zonas de características hidráulicas similares en las cuales se seleccionará puntos de muestreo que sean representativos de las condiciones medias del sector. Algunas características que serán examinadas en este análisis preliminar son el material de fondo o arrastre del cauce, la pendiente del cauce, las zonas de recarga y descarga. Junto con esto se realizará una evaluación subjetiva de los ecosistemas ligados al sistema hídrico, lo que será labor de expertos especializados con amplia experiencia de terreno.

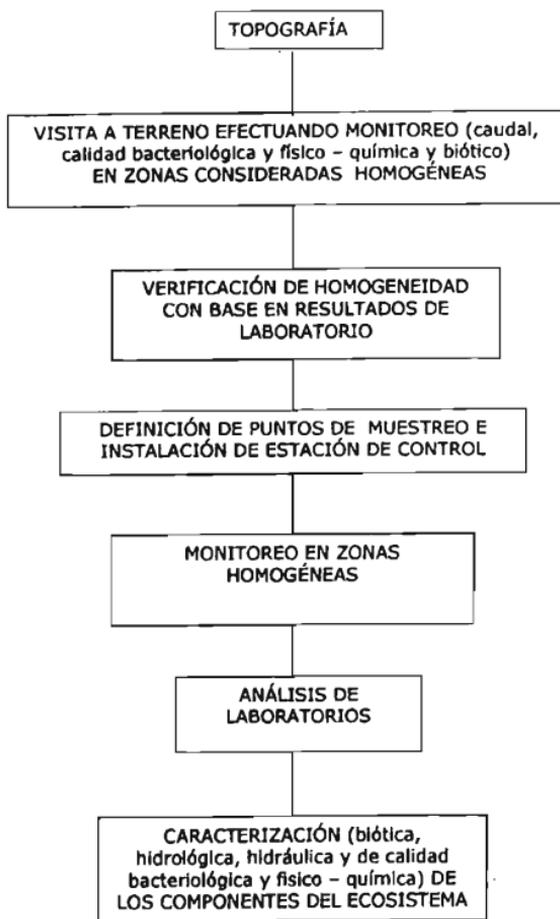


Figura 6.1 Esquemización del Plan de Monitoreo

Este análisis preliminar debe incluir la elaboración de topografía de las secciones transversales del cauce que se seleccione (o batimetrías en los casos que sea necesario), la medición de velocidad y altura del agua en un grupo de verticales ubicadas en cada sección transversal de cauce, la identificación del régimen sedimentológico del río, la medición de parámetros de calidad físico-química, la medición de parámetros de origen biológico que hayan sido previamente seleccionados por su relevancia a las características de la zona de estudio. Toda la información anterior será analizada con el propósito de evaluar preliminarmente la zona de estudio y ubicar zonas de características similares que formarán parte de la red de monitoreo establecida para lograr una caracterización temporal de ésta.

6.2 Estaciones de Muestreo

Luego de establecer zonas de características similares a partir de la caracterización espacial del sistema se procederá a localizar puntos o estaciones de muestreo que sean representativos de las condiciones existentes en cada sector. Estas estaciones de muestreo deben ser de acceso fácil, lo que asegure que la medición de los diversos parámetros se desarrollará incluso durante periodos extremos. En cada uno de estos sectores de muestreo se establecerán estaciones que permitan desarrollar labores de muestreo en forma periódica. En lo posible se tratará que estas estaciones coincidan con estaciones fluviométricas existentes, lo que permitirá extender temporalmente parte de la información que se genere durante la campaña de monitoreo que se lleve a cabo.

6.3 Variables a Muestrear

Los parámetros a muestrear se dividen en aquellos de tipo hidráulico, calidad fisico-química y microbiológica, y de origen biológico. Los parámetros de tipo hidrológico no son medidos sino que son generados a partir de los datos de origen hidráulico. Una lista, no exhaustiva, que incluye los parámetros que se debería muestrear para conseguir una caracterización adecuada de un determinado sistema hídrico se señalan a continuación:

Hidráulica:

Sección transversal del cauce (topografía o batimetría)
Velocidad en secciones verticales
Alturas de agua en secciones verticales
Material de arrastre o fondo
Rugosidad (número de Manning)

Calidad Físico-Química (algunos de ellos son eventuales)

pH
Conductividad
Oxígeno Disuelto (OD)
Temperatura
Color
Sabor
Turbiedad
Sólidos Suspendidos
Demanda Bioquímica de Oxígeno
Demanda Química de Oxígeno
Metales

Calidad Microbiológica (algunos de ellos son eventuales)

Coliformes Totales
Coliformes Fecales
Colifagos
Viruses

Características Biológicas

Macrozoobentos
Microalgas
Crustáceos y Moluscos
Peces
Anfibios

Para el desarrollo de un estudio particular se debe analizar la lista de características o parámetros citados anteriormente para identificar aquellos que son relevantes para una caracterización representativa del sistema hídrico en estudio.

6.4 Frecuencia y Extensión Temporal del Muestreo

La frecuencia del muestreo en las estaciones de la red de monitoreo será definida tomando en cuenta la información generada a partir del análisis preliminar, así como la evaluación subjetiva de los expertos presentes en el grupo multidisciplinario. En términos generales se puede mencionar que una frecuencia mensual es adecuada para tener una idea gruesa de los procesos generales que se desarrollan en el cauce en estudio. En algunos casos, por ejemplo estudios de dinámica poblacional, una frecuencia aún mayor es recomendable. En todo caso, en situaciones prácticas la limitante principal para las actividades de muestreo es la económica. En efecto, la disponibilidad de financiamiento es la que condicionará el número total de muestras a realizar durante el período de muestreo.

Es importante señalar que la frecuencia de muestreo va a estar condicionada en forma directa por dos elementos independientes: cambios estacionales y ciclos de vida de los organismos considerados en el estudio. Lo anterior puede significar que los muestreos en terreno se realicen con una frecuencia bastante elevada para aquellas especies con un ciclo de vida de menor duración, y con una frecuencia menor en el caso de especies que tengan ciclos de vida más largos.

En cuanto a la extensión del programa de monitoreo se puede mencionar que es variable y depende de las características específicas del sistema que se está estudiando. La experiencia internacional es bastante variable e indica longitudes de muestreo que oscilan entre 1 y 10 años. Lo anterior no debiera ser sorprendente ya que la práctica habitual para el diseño de obras hidráulicas emplea estadísticas, por ejemplo pluviométricas y fluviométricas, con una extensión superior a los 10 años.

6.5 Caracterización Integral del Sistema en Estudio

La información generada durante la etapa de monitoreo será utilizada para caracterizar en forma integral el sistema en estudio. Para esto la información será utilizada para desarrollar dos actividades complementarias.

Por una parte, la información permitirá desarrollar una línea base ambiental que nos indique las características originales de la zona de estudio. La línea base ambiental será utilizada para determinar el efecto posterior del proyecto de ingeniería, en caso que éste se lleve a cabo, sobre los ecosistemas que se encuentran relacionados con la zona de estudio. Luego de iniciado el proyecto se continuará con el plan de monitoreo planificado inicialmente y se estudiará el impacto que el proyecto de ingeniería va causando sobre su medio ambiente inmediato.

Un segundo tipo de análisis de la información proporcionada por la red de monitoreo permitirá generar los datos necesarios para llevar adelante la componente PHABSIM de un estudio IFIM. En efecto, un análisis integrado de los datos hidráulicos, de calidad, así como biológicos nos permitirá generar curvas de utilidad para una especie en particular (especie *objetivo*), o para definir condiciones de habitabilidad adecuadas para distintas especies en el cauce (*hábitat objetivo*). Este tipo de análisis requiere de una longitud de monitoreo superior a un año, y una frecuencia de monitoreo bastante alta. Lo anterior se debe a la necesidad de desarrollar las curvas de habitabilidad para la especie objetivo, lo que requiere de un número de datos elevados que cubran una gran variedad de condiciones hidráulicas y biológicas. El análisis de esta información a través de técnicas de tipo estadístico permitirá definir las curvas de utilidad que son requeridas para llevar a cabo un análisis a través del programa PHABSIM.

6.6 Experiencia Internacional

Cubillo et al (1990) desarrollaron un estudio que incluyó la determinación de los caudales ecológicos o mínimos aconsejables para una serie de ríos de la comunidad de Madrid. Este estudio tuvo

como objetivo principal el abordar el uso racional de los recursos hídricos de la Comunidad de Madrid en la doble perspectiva de abastecimiento de agua para la ciudad de Madrid y la protección ambiental del recurso hídrico. Una componente bastante importante de este estudio fue la valoración ecológica o inventario ecológico actual de los cauces, a través de estudios de terreno que incluyeron el análisis de las características biológicas de los diferentes ríos incluidos en el estudio. Esta actividad dio origen a la generación de una línea base ambiental que caracteriza los diversos cauces de la zona de estudio.

Es importante mencionar que para desarrollar la etapa de valoración ecológica, Cubillo et al. (1990) seleccionaron 39 puntos de muestreo, situados en los tramos altos y medios de los ríos analizados, en los cuales se llevaron a cabo dos campañas de muestreo coincidiendo con las épocas de primavera-verano y otoño-invierno. Estas campañas de terreno permitieron desarrollar un inventario descriptivo de los principales componentes biológicos de cada sistema hídrico. Este inventario descriptivo proporciona un punto de referencia para conocer la futura evolución de los ecosistemas fluviales ante acciones que modifiquen las condiciones actuales de cada sistema. El inventario ecológico incluyó las siguientes componentes biológicas de cada sistema hídrico analizado:

Comunidades piscícolas
Macrobenos fluvial
Vegetación acuática
Vegetación de ribera

Cubillo et al. (1990) señalan que la valoración ecológica realizada en este estudio es sólo referencial, ya que no fue desarrollada durante un periodo de tiempo suficientemente largo que permita precisar la duración de procesos de dinámica poblacional para las distintas especies identificadas en el estudio. La utilidad principal de este estudio es servir como un inventario que permita identificar con un nivel de detalle mayor actividades que se puedan realizar en el mediano y largo plazo para conseguir una mejor descripción de los sistemas biológicos.

A pesar de lo limitado de los datos obtenidos en terreno Cubillo et al. (1990) desarrollan curvas o índices de utilidad para cuatro parámetros de tipo físico, a saber la velocidad del agua, altura media de la corriente, material de fondo o sustrato y cobertura vegetal de las riberas. Esta información es utilizada para desarrollar una aplicación del programa PHABSIM y determinar dos tipos de caudales para los ríos de la Comunidad de Madrid: mínimos y aconsejables. El caudal mínimo para un río corresponde a aquel valor bajo el cual la actividad biológica descendería a niveles muy reducidos o simplemente no se podría desarrollar en forma adecuada. El caudal aconsejable para un río o cauce natural es el volumen de agua por unidad de tiempo que permite asegurar el desarrollo de una biomasa (medida en términos de una especie *objetivo* determinada previamente) determinada.

CAPITULO 7
ANALISIS ECONOMICO

7. ANÁLISIS ECONÓMICO

El plan de monitoreo propuesto en el capítulo anterior y resumido en la Figura 6.1 fue evaluado económicamente teniendo en consideración tanto los costos fijos y las inversiones necesarias para la instrumentación de la cuenca, así como también los costos operacionales asociados a cada estudio.

Los costos fijos, que se detallan en la Tabla 7.1, se refieren a la ejecución de la topografía necesaria para caracterizar el cauce y el sedimento del lecho, y a la instalación de una estación de control hidráulico cuando ésta no existe. La topografía se ha estimado dependiente de la magnitud de los caudales que escurren en el cauce y de la longitud de éste. Es así como estos costos ascienden a UF 344 para un escurrimiento de baja altura, cuya topografía puede ser realizada atravesando el cauce a pie o a caballo en toda su longitud, mientras que en un río de mayor caudal estos alcanzan a UF 620. En todo caso es necesario agregar que estos costos van a ser muy dependientes de la situación específica que se desea estudiar. En el ítem de estación limnigráfica se ha considerado la localización de una sección de monitoreo única en el sector en estudio.

Tabla 7.1 Inversiones y Costos Fijos

ITEM	Descripción	Tipo de Cauce	Costo UF
Topografía	Levantamiento y Perfiles	Caudaloso . Longitud 30 Km	414
		Precordillerano, Torrentoso Longitud 10 Km	138
Est. Limnigráfica	Instalación en terreno	Para todo tipo de cauce	34
	Equipos	Para todo tipo de cauce	172

COSTO TOTAL UF	
CAUCE CAUDALOSO	620
CAUCE TORRENTOSO	344

Los costos operacionales, que se presentan en la Tabla 7.2, incluyen tanto aquellos asociados a la toma de muestras en terreno y su posterior análisis en laboratorio, como aquellos costos asociados al grupo de trabajo que se encuentra desarrollando el estudio propiamente tal. Este equipo de trabajo es el encargado del análisis preliminar de la zona, de la determinación de los puntos o estaciones de muestreo, y de la definición de las variables a muestrear; también será aquel encargado de efectuar la caracterización integral del sistema en estudio.

Para la evaluación de los costos operacionales se ha considerado una primera visita a terreno en la cual se desarrolla una extensa caracterización espacial a través de la toma de muestras biológicas, físico-químicas y microbiológicas en un total de 20 sectores a lo largo del río. A partir de la información recopilada en esta actividad de terreno se realiza un análisis y evaluación de los distintos ecosistemas que componen este sistema hídrico y se procede a realizar una sectorización de la zona en estudio. Esta sectorización está encaminada a definir tramos de río de características homogéneas en los cuales se pueda desarrollar una labor de caracterización temporal de las distintas componentes del ecosistema ribereño. Para lo anterior se realizarán visitas a terreno en forma quincenal, en las cuales se realiza aforos en no más de dos secciones, y se mide la reglilla instalada en la estación fluviométrica diseñada para este estudio. En forma mensual se procede a tomar muestras para análisis físico-químicos y microbiológicos, así como también muestras para la caracterización de microalgas, peces y anfibios. La

toma de muestras para la determinación de macro y microzoobentos se realiza en forma quincenal. Para efectos de la evaluación económica se ha considerado en forma arbitraria que la duración de la actividad de terreno es de un año.

En el Anexo V se presenta el detalle de los costos unitarios de las distintas actividades incluidas en las labores de terreno. Para efectos de este análisis se ha supuesto que a partir de la caracterización original se define tres situaciones diferentes:

- CASO A** El sistema hídrico se puede representar a partir de una única zona homogénea,
- CASO B** El sistema hídrico posee tres zonas de características homogéneas,
- CASO C** El sistema hídrico posee seis zonas de tipo homogéneo.

A partir de este análisis se obtiene los siguientes costos operacionales para las situaciones anteriores.

Tabla 7.2 Resumen de Costos Operacionales (UF)

ITEM	CASO A	CASO B	CASO C
Grupo de Trabajo	7340	7340	7340
Caracterización Espacial	611	611	611
Caracterización Temporal	614	1457	2723
TOTAL	8565	9408	10674

De acuerdo a lo anterior, en una cuenca pequeña con caudales de escasa magnitud, donde se considera una única zona homogénea, el costo total del estudio alcanzaría aproximadamente a UF 8900, mientras que en una cuenca de las mismas características pero con 6 zonas homogéneas el costo asociado sería de UF 11.000. En una cuenca de mayores dimensiones, con caudales de importancia donde se definen 6 zonas homogéneas, se tendría un costo asociado del orden de UF 11.300.

Es importante recalcar que estos valores representan el costo de este tipo de estudios realizados por personal externo a la Dirección General de Aguas. En el caso de utilizar personal propio estos costos podrían ser rebajados de acuerdo a las estimaciones de costos y valores hora que maneja la Dirección General de Agua. En todo caso, el mayor costo proviene del grupo de trabajo que está dedicado al análisis de la información recopilada. Tanto su dedicación al estudio como el costo unitario de los integrantes puede ser modificado a la luz de una mayor precisión en cuanto al tipo de estudio específico que se desea realizar. En ese caso sería posible rebajar este ítem y por lo tanto reducir el costo total del estudio.

Los costos del monitoreo biológico consideran una serie de estudios específicos complementarios a los barridos generales de información. Dichos estudios son necesarios debido a la falta de información existente respecto de la biología de muchos de los organismos de nuestros ecosistemas. Por lo tanto los costos asociados al monitoreo biológico pueden disminuir según el grado de conocimiento de la zona de estudio y sus características particulares.

Como complemento al análisis anterior se ha identificado los elementos necesarios para llevar a cabo la implementación de un laboratorio para el análisis de muestras biológicas. La información correspondiente a la implementación de este laboratorio se incluye en el Anexo VI.

CAPITULO 8
PROPOSICION DE ESTUDIOS ESPECIFICOS

8. PROPOSICION DE ESTUDIOS ESPECIFICOS

Con el propósito de continuar adelante con el estudio de caudales ecológicos en nuestro país existen una serie de acciones que deben ser emprendidas en el corto y mediano plazo. El objetivo principal de estas acciones es complementar las actividades hasta ahora realizadas en este tema e incorporarlo en forma definitiva dentro de la comunidad técnica ligada al recurso hídrico.

El presente estudio ha permitido identificar una gran falencia en cuanto a información de terreno en algunas áreas que son fundamentales para la realización de estudios de caudales ecológicos, tales como aquellos incluidos en la metodología IFIM. La principal falencia es la falta de información sistemática y completa en aquellos puntos en los cuales se desea elaborar una recomendación de caudales mínimos pasantes por la sección natural. Esto se observa en las figuras que resumen la información recopilada para este estudio, las que muestran la inexistencia de sectores en los cuales existan registros históricos que puedan ser usados para la definición de caudales mínimos o ecológicos a través de IFIM u otra metodología similar.

Al recorrer las cinco áreas de información que se detallan en el Capítulo 4 - Hidrología, Hidráulica, Calidad Físico-Química, Calidad Microbiológica y Biología - es posible señalar que esta última debe ser mejorada en forma ostensible para permitir la aplicación de cualquier metodología de caudales ecológicos que trate de incorporar una componente biológica para su definición. Atendiendo a lo anterior se observa la necesidad de emprender acciones específicas tendientes a complementar las actuales redes de monitoreo de aguas superficiales con sistemas que permitan llevar un control sistemático de las variables de tipo biológico, las que resultan indispensables para estudios de tipo ambiental, entre los que se cuentan aquellos relacionados con caudales ecológicos.

Algunas acciones de corto plazo que debieran ser emprendidas por la Dirección General de Aguas se listan a continuación:

- Definición de un plan de monitoreo de las aguas superficiales de nuestro país que incluya variables de tipo biológico. El objetivo de este análisis es poder establecer una línea base que permita caracterizar los cursos de agua mediante índices objetivos que incorporan las variables tradicionales (caudales, alturas, velocidad, calidad físico-química y microbiológica) y biológicas. Esta acción busca el mejoramiento de la actual red de monitoreo de la DGA mediante la incorporación de variables de tipo biológico que permita desarrollar estudios del tipo IFIM en forma más confiable.
- Establecimiento de una cuenca piloto en la cual se complemente su actual red de medición hidráulica y de calidad de las aguas superficiales con la evaluación de las variables de tipo biológico que sean relevantes para este sector. Esta actividad debiera incluir la medición sistemática por un período extendido de tiempo (al menos un año) e incorporar la variabilidad espacial de las mediciones mediante secciones de control situadas en puntos estratégicos del curso de agua (estaciones de monitoreo ubicadas antes de los lugares de extracciones, inmediatamente antes y después de puntos de descargas).
- Seguimiento ambiental de un río cuyo régimen natural se haya alterado debido al desarrollo de un proyecto de ingeniería de gran envergadura. Este estudio tendría como objetivo el utilizar aquella información existente antes de la puesta en operación de esta obra para llevar a cabo un análisis tipo IFIM. Las recomendaciones obtenidas mediante la aplicación de IFIM serían comparadas con las acciones emprendidas en este proyecto con lo cual podría validarse sus resultados. La diferencia fundamental con la acción anterior es la existencia de un proyecto de ingeniería que altera la condición natural (o actual) del sistema hídrico que se desea estudiar.

CAPITULO 9

ANALISIS DE LA APLICABILIDAD DE LAS METODOLOGIAS IFIM Y PHABSIM EN CHILE

9. ANALISIS DE LA APLICABILIDAD DE LAS METODOLOGIAS IFIM Y PHABSIM EN CHILE

Uno de los principales objetivos del presente estudio es el analizar la factibilidad de utilizar las metodologías IFIM y PHABSIM para ayudar a la definición de caudales ecológicos en ríos chilenos. Con miras a cumplir dicho objetivo se dividió el trabajo de esta primera etapa en dos grandes áreas. La primera de ellas contempla la descripción, análisis crítico y evaluación de ambas metodologías, mientras que la segunda considera la determinación del tipo y nivel de información que es necesaria para aplicar dichos enfoques en Chile. En lo que sigue a continuación se realiza un análisis que se concentra principalmente en el primero de estos aspectos.

Tal como se desprende de la descripción de la metodología IFIM presentada anteriormente, su propósito fundamental se orienta a estudiar la factibilidad de proyectos de Ingeniería que pueden impactar fuertemente la componente biológica del cauce. Algunos tipos de proyecto que pueden ser evaluados mediante esta metodología son la extracción de agua para riego o para generación hidroeléctrica, el efecto de bombeo sobre los recursos superficiales de un río, entre otros. Una característica común de los problemas analizados mediante la metodología IFIM es la fuerte oposición de grupos ecologistas y medioambientalistas al desarrollo de los proyectos estudiados. Por lo anterior, la metodología IFIM incluye enfoques para intentar resolver ese tipo de disputas. La componente social del IFIM, que se incluye en la Fase 1 del estudio, permite que los distintos interesados en el problema discutan sus diferencias e incorporen sus objetivos e intereses en las fases más técnicas de la metodología (Fases 2 y 3). Finalmente, en la Fase 4 los elementos subjetivos y objetivos del problema se utilizan para llegar a una solución negociada que permite definir una regla de operación para los caudales pasantes a través de puntos dentro del sistema en estudio (no necesariamente un único valor del caudal mínimo). De acuerdo con las características propias incorporadas en la metodología IFIM el conjunto de caudales así definido se denomina caudal ecológico por cuanto en su determinación la componente biológica, descrita por la o las especies seleccionadas como *objetivo* del estudio, juega un rol muy relevante. La principal ventaja de IFIM sobre otras metodologías es el hecho que incorpora aspectos técnicos, imprescindibles para abordar este tipo de problemas (hidrología e hidráulica, biología y ecología), así como también aspectos cualitativos que son útiles en el proceso final de toma de decisiones.

El uso de la metodología IFIM se justifica en aquellos casos en los cuales un organismo como la Dirección General de Aguas debe actuar como árbitro o mediador en un proceso en el cual existen posiciones antagónicas, entre grupos diversos, acerca del impacto que un determinado proyecto tendrá sobre un sistema hídrico. En esta situación la DGA puede utilizar la metodología IFIM para orientar su proceso de decisión e incorporar aquellos elementos que a su juicio son necesarios para dar una solución integral al problema. Debido a la gran cantidad de información que debe ser generada para llevar a cabo un estudio IFIM, lo que redundará en un elevado costo, se recomienda este tipo de estudios sólo en aquellos casos en los cuales se prevé la existencia de conflictos entre grupos interesados en la realización de este proyecto.

A partir del análisis de la metodología IFIM y del tipo de problemas que es posible abordar con él, se ha confeccionado una lista, que no pretende ser exhaustiva, con las posibles instituciones que estén involucradas en su aplicación: *patrocinadoras* e *interesadas*. Las instituciones *patrocinadoras* serían aquellas que por su capacidad técnica o legal pueden actuar como cabeza o entidad directora de un estudio de este tipo. Una institución o entidad *interesada* sería aquella o aquellas que tienen un interés directo en la solución del problema.

Instituciones Patrocinadoras

Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA)
Ministerio de Obras Públicas (MOP)

Instituciones Interesadas

Ministerio de Salud
Ministerio de Planificación Nacional
Ministerio de Economía
Servicio Nacional de Turismo
Ministerio del Interior a través de Intendencias y Gobernaciones
Organismos No Gubernamentales
Servicios Sanitarios

De acuerdo con lo anterior IFIM sería una excelente ayuda en la selección de una alternativa de manejo de un cauce natural en el cual se desea llevar a cabo algún tipo de obra de ingeniería que puede alterar significativamente su régimen hidrológico actual. En este entendido, la existencia de una situación sin proyecto y varias alternativas para llevar a cabo el proyecto de ingeniería son parte integrante de un estudio IFIM. Como resultado de su aplicación IFIM permite comparar las distintas alternativas para el proyecto en términos de su impacto sobre las propiedades biológicas de los ecosistemas ligados al cauce natural.

En base a lo anterior, y teniendo en mente los objetivos de la Dirección General de Aguas en cuanto a utilizar la metodología IFIM para la definición de caudales de tipo ecológico en ríos de Chile, es posible plantear el siguiente abanico de posibilidades:

1. Aplicación integral de IFIM para la determinación de caudales ecológicos en cursos de agua en los cuales se plantean proyectos de ingeniería de tipo específico, los que tienen grandes posibilidades de ser resistidos por la comunidad debido a su impacto ambiental. Un ejemplo típico de este tipo de situaciones es el caso del proyecto de la central hidroeléctrica Ralco, en la zona sur de Chile.
2. Determinación de los caudales ecológicos utilizando la información de microhábitat proporcionada por PHABSIM, junto con la información de calidad y temperatura del agua que permite definir la componente de macrohábitat o longitud utilizable del cauce. Ambos niveles de información se combinan para realizar la definición del caudal ecológico para el curso en estudio.
3. Determinación de caudales ecológicos (regla de operación de caudales dentro del año más que un único valor) utilizando los resultados de la componente de microhábitat PHABSIM. La aplicación de PHABSIM requiere la definición de especies *objetivo* para incorporar la información de tipo biológica en la determinación del caudal ecológico. En este caso la Dirección General de Aguas debiera definir cual o cuales son las especies que desea proteger o preservar a lo largo del país. Esta información, junto con los índices de uso o funciones de preferencia correspondientes a cada especie jugará un rol muy importante en la definición final de los caudales ecológicos.
4. Uso de una modificación de PHABSIM que utiliza el concepto de *hábitat objetivo* más que *especie objetivo* para la determinación del caudal ecológico. En este caso se definen funciones de preferencia que apuntan hacia ciertas condiciones generales del sistema hídrico (rango de alturas de agua o velocidades, tipo de cubierta vegetal o material de sustrato) más que a condiciones de tipo biológicas. Este enfoque se ha utilizado en los EEUU para abordar el caso de ríos de tipo cálido (Alabama) en los cuales existe un gran número de especies, por lo que el concepto de *especie objetivo* no resulta muy adecuado. La justificación de este tipo de enfoque, en el caso de los ríos chilenos, se basa en el hecho que la información de tipo biológica no es lo suficientemente completa como para desarrollar un análisis de tipo tradicional en cada uno de los ríos de interés.

En una visión de corto plazo se estima que un enfoque como el indicado en el punto 4 permitiría una definición preliminar de caudales ecológicos a través de Chile. Dicho estudio se apoyaría en forma importante en la información existente, la que de acuerdo a nuestros propios análisis no es

suficientemente detallada como para permitir un nivel de análisis muy completo. Sin embargo, sería posible iniciar la actividad 4 mediante la definición de planes de monitoreo específicos que apunten a lograr la complementación de la información actualmente existente.

En forma paralela se debiera trabajar en la definición de datos de tipo biológico de mayor detalle, que hagan posible la utilización de los enfoques indicados en los puntos 2 y 3. Finalmente, en aquellos casos de proyectos específicos de gran impacto ambiental y percepción pública negativa se puede pensar en la aplicación de la metodología IFIM en su totalidad. Sin embargo, es necesario recordar que en primer término es necesario implementar un plan de monitoreo sistemático (como el detallado en el capítulo 6) que proporcione la información básica para este tipo de análisis.

La información de terreno recolectada en este estudio tiene un uso directo para alguno de los enfoques señalados en los párrafos anteriores. Es así como la caracterización de calidad química y microbiológica presta utilidad en el análisis de la componente de macrohábitat del modelo PHABSIM, tanto en su forma tradicional (con una especie *objetivo*) como modificada (con un hábitat *objetivo*).

La información de tipo biológica está definida a partir de la identificación de los distintos componentes de la cadena trófica correspondientes al sector muestreado. En cada oportunidad en la que se ha recopilado información de tipo biológica se ha realizado el aforo del caudal pasante y la medición de niveles, en una sección transversal del cauce que se considera representativa de las condiciones locales en el área de análisis. Junto con esta información de tipo hidráulica se procede a caracterizar la cobertura vegetal (descripción subjetiva del entorno) y el sustrato que conforma el lecho del cauce. Si se dispone de una cantidad suficiente de información de tipo biológica, correspondiente a distintos caudales pasantes por el cauce, es posible definir, en conjunto con un índice de calidad biótica, curvas de preferencia para el hábitat de la zona de muestreo como función de las variables hidráulicas de interés (velocidad del escurrimiento, altura promedio, cobertura vegetal y lecho de fondo del cauce). Las funciones de preferencia definidas a partir de la información generada en terreno son utilizadas en conjunto con el programa PHABSIM (esquema de uso 4) para definir un caudal mínimo (caudal ecológico) que proporcione una cantidad de hábitat que se considera adecuado para los fines de preservación perseguidos por la Dirección General de Aguas.

El análisis de la información existente en diversos bancos de datos y archivos técnicos muestra que la situación en nuestro país es bastante precaria por cuanto no existen estaciones que cuenten con registros completos, es decir, que incluyan las cinco áreas señaladas en el Capítulo 4 (información hidrológica, hidráulica, calidad físico-química, calidad microbiológica y biótica).

En el caso de utilizar las metodologías IFIM o PHABSIM en su forma tradicional se haría necesario generar información de tipo específica que apunte a determinar las curvas de preferencia de especies que se desee preservar o que se desea introducir. En cada caso, las alternativas para generar la información biológica son dos. En primer lugar es posible recurrir a literatura especializada, la que de acuerdo a nuestra investigación no es suficientemente específica para los fines de este tipo de estudio ya que tiene un carácter eminentemente catastral. Incluso en el caso que la información necesaria existiese, esta alternativa tiene como desventaja el hecho que requiere de verificación en terreno, lo que obliga a programar campañas de terreno para cumplir este objetivo. Una segunda alternativa es la generación de información específica al área de estudio lo que significa implementar un esquema de muestreo sistemático, que cubra una extensión importante del cauce en estudio, y que se extienda a lo largo de un período de al menos dos o tres años. Algunas experiencia internacionales que han sido citadas en este informe muestran que otros países han enfrentado esta situación mediante campañas de terreno bastante intensivas que se extienden por un período de tiempo bastante largo y que abarcan grandes extensiones de terreno.

La aplicación del programa PHABSIM a ríos de nuestro país requiere de algunas modificaciones para tomar en cuenta algunas singularidades propias de nuestra geografía. Esta situación no es algo inusual, ya que de acuerdo a Arthington and Pusey (1994) países como Nueva Zelandia han elaborado sus propias versiones del programa PHABSIM para incorporar situaciones específicas de sus sistemas hídricos.

REFERENCIAS

REFERENCIAS

- AC Ingenieros Consultores Ltda. Caudales Ecológicos. Caracterización Hidroambiental 1996.
- AC Ingenieros Consultores Ltda. Análisis de eventos Hidrometeorológicos extremos en el País. Caudales máximos y mínimos. 1995.
- AC Ingenieros Consultores Ltda. Análisis Regional de Caudales VIII región. 1992.
- Alamos y Peralta Ingenieros Consultores Ltda. Análisis de Redes de vigilancia de Calidad de aguas terrestres. Estadística hidroquímica nacional, etapa II. Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos. 1995.
- Arthington, A. and B. Pusey. Essential Flow Requirements of River Fish Communities. AWWA Environmental Flows Seminar. Australia, 1994.
- BF Ingenieros Civiles . Análisis Estadístico de Caudales en los Ríos de Chile.
- Bovee, K. A Comprehensive Overview of the Instream Flow Incremental Methodology (IFIM). United States Geological Survey. 1996.
- Cullen, P. A Rationale for Environmental Flows. AWWA Environmental Flows Seminar. Australia, 1994.
- EDIC Ingenieros Ltda. Estudio a nivel de Diagnóstico del Proyecto Aconcagua V Región. 1995. C.N.R. (Programa de desarrollo integral de los recursos naturales disponibles en las Cuencas.)
- ELECTROWATT Ingenieros Consultores (Chile) S.A. Estudio de Impacto Ambiental Ralco. Para ENDESA S.A. 1996.
- EULA. Estudios Complementarios del Sistema Hidrobiológico de Estero Caren. Centro EULA-Chile. Universidad de Concepción. 1996.
- Faranda, F. y O. Parra. El Río Biobío y el Mar Adyacente como Unidad Ambiental. Monografía Científica Proyecto EULA, Vol 1. 1992.
- Faranda, F. y O. Parra. Uso del Suelo y Manejo de los Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Biobío. Monografía Científica Proyecto EULA, Vol 2. 1992.
- Faranda, F. y O. Parra Producción Pesquera en la Octava Región. Aportes del Golfo de Arauco y Cañón Submarino del Río Biobío. Monografía Científica Proyecto EULA, Vol 14. 1993.
- Figueiredo Ferraz Consultoría e Ingeniería de Proyectos Ltda. Análisis de la oferta y demanda de Recursos Hídricos en cuencas críticas de Loa, Rapel y Mataquito, 1996.
- Gore, J.A. and R.D. Judy, Predictive Models of Benthic Macroinvertebrate Density for Use in Instream Flow Studies and Regulated Flow Management. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 38: 1363 - 1370.
- Hardy, T.; S. Williamson, y T. Waddle. The Theory and Application of the Physical Habitat Simulation System (PHABSIM). Lecture and Laboratory Manual. United States Geological Survey. 1997.
- INTEC CHILE Proyecto: Obtención de Muestras de Aguas y análisis biológicos; por : División Tecnologías Ambientales. INTEC-Chile 1997.

- Leynaud G., Méthode de détermination de la qualité biologique des eaux courantes. Centre National D'Etudes Techniques et de Recherches Technologiques pour L'Agriculture, les Forêts et L'équipement Rural. 1982.
- Mathur, D., W. Bason, E. Purdy, and C. Silver. A Critique of the Instream Flow Incremental Methodology. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42: 825 - 831.
- Prisma Ingeniería Ltda. Ing. Consultores. Análisis Regional de Caudales VI y VII región. 1994.
- R&Q Ingeniería Ltda. Caudales Ecológicos en Regiones IV, V y Metropolitana. Informe Final. 1993.
- Stalnaker, C.; B. Lamb; J. Henriksen; K. Bovee; J. Bartholow. The Instream Flow Incremental Methodology. A Primer for IFIM. United States Geological Survey. 1995.
- Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Estudio Químico Ambiental de las Cuencas de los ríos Aconcagua, La Ligua y Petorca 1993-1994. Comisión Nacional de Riego.
- Universidad Católica del Norte. Impacto Ambiental de los efluentes del Embalse Caren. 1992-1993.

ANEXO I

ANTECEDENTES DE CURSOS PARA METODOLOGIA IFIM

La información que se presenta en este anexo corresponde a impresiones de la página WEB que USGS Colorado mantiene para promocionar el uso y difusión de la metodología IFIM. La dirección WEB del USGS Colorado se encuentra señalado en el texto principal de este informe, y se incluye además en este anexo.

<http://webmesc.mesc.nbs.gov/rsm/IFIM.html>

Este anexo incluye un resumen de la información referente a cursos de especialización en la metodología IFIM que puedan ser de interés para la D.G.A. Una descripción del material contenido en el anexo se entrega a continuación:

1. **Introducción.**

Se presenta la página introductoria para un "curso corto" sobre IFIM que puede ser consultado directamente a través de la página WEB del USGS:

http://www.mesc.usgs.gov/rsm/IFIM_shortcourse.html

2. **Curso IF100. Introducción a IFIM.**

Este es el curso más básico de los que se dictan en el programa del USGS. Este incluye un video y un pequeño documento para su lectura.

3. **Curso IF250. Teoría y Conceptos de IFIM.**

Este es un curso por correspondencia que entrega las bases de la metodología IFIM. Este curso está dirigido a biólogos acuáticos, hidrólogos, así como personas a cargo de proyectos en esta área.

4. **Curso IF251. Aplicaciones prácticas del IFIM.**

Este curso provee entrenamiento en el uso de IFIM para análisis de impacto ambiental y de alternativas. Se estructura en base a la solución de casos estudios.

5. **Curso IF305. Técnicas de Monitoreo de Hábitat para IFIM.**

Este curso se orienta hacia la aplicación de técnicas de monitoreo y el uso de equipo específico para estudios de tipo IFIM.

6. **Curso IF310. Uso de PHABSIM.**

Este es un curso que presenta los conceptos básicos, la lógica de aplicación y los programas de computación que se incluyen en el software PHABSIM.

7. **Curso IF312. Modelación de Temperatura en Ríos.**

Este es un curso por correspondencia que se concentra en la teoría y aplicación de modelos numéricos para predecir la temperatura del agua.



Instream Flow Incremental Methodology

Short Course on Instream Flow Incremental Methodology (IFIM)



These pages are adapted from a 1980 slide-tape production explaining IFIM. What follows are seven pages of mixed text and graphic images.

More contemporary videos may be obtained (contact: clair_stalaker@usgs.gov)

[View the slide show](#)



Note: This presentation is graphic intensive.

[Instream Flow Incremental Methodology](#)

[River Systems Management Section](#)

Midcontinent Ecological Science Center

[MESC Home Page](#) | [Research](#) | [Staff](#) | [Products & Services](#) | [Comments](#) | [Search MESC Site](#)

for more information concerning page content, please contact: clair_stalaker@usgs.gov

URL: http://www.mesc.usgs.gov/rsm/IFIM_shortcourse.html

last Modified: Sunday, 26 April 1998 18:52:52 -0600

Webmaster: Jon Richards, jon_richards@usgs.gov

**MESC Training**

Course IF100 - Instream Flow Incremental Methodology Overview

Course Description

The Instream Flow Incremental Methodology (IFIM) is a habitat-based impact assessment and water management tool used to manage fishery habitat in a stream. This is for independent study. The **BRD USGS BRD Course Application Form** is required to obtain an IFIM overview video for purchase. A supporting document "A Primer for IFIM" is included.

The video addresses three issues:

1. When to use IFIM.
2. The planning phases of IFIM.
3. The science behind the modeling.

Audience

The course is intended for supervisors, project managers, and individuals who need a first time introduction to IFIM. The course can be taken by an individual or a group of people.

Objectives

Upon completion of the course, the participant will be able to:

- Distinguish different types of instream flow problems.
- Describe the appropriate use of various instream flow assessment methods.
- Understand the basic components of the IFIM.

Dates and Locations

Independent study

Tuition

\$100 to purchase the video and one copy of the Primer. Extra copies of the Primer are \$2 a copy.

Length

The IFIM overview video (total time of 37 minutes) and the Primer require approximately 4 hours to view and read.

Prerequisite

None

**MESC Training**

Course IF250 - Theory and Concepts of the Instream Flow Incremental Methodology

Course Description

This is a correspondence course. The USGS BRD Course Application Form is required to obtain the course material. One application is required for each individual taking the course.

The purpose of IF250 is to provide students with an in-depth overview of all aspects of an application of the IFIM. This course presents the theory, concepts, and application logic about the five phases of IFIM:

- Problem identification.
- Study planning.
- Data collection and analysis.
- Alternative analysis.
- Problem resolution.

A course textbook and a workbook are provided. To receive a Certificate of Completion, the participant must pass a written exam. IF250 is a prerequisite to the IF251 Practical Applications of the IFIM course and to the IF300 series courses.

Audience

This course is designed for stream ecologists, fishery biologists, hydrologists, and project managers.

Objectives

Upon completion of this course, participants will be able to:

- Diagnose the institutional, physical, and biological issues in an instream flow problem.
- Identify critical information needs for resolving the issues.
- Scope, schedule, and budget an IFIM study plan.
- Participate in layout, organization and quality control during study implementation.
- Formulate and evaluate operational alternatives.
- Recognize various negotiating strategies and tactics.

Dates and Locations

Correspondence course

Tuition

\$150

Length



MESC Training

Course IF251 - Practical Applications of the Instream Flow Incremental Methodology

Course Description

This course provides training in the use of the IFIM for impact and alternative analysis. The course is structured around the solution of case studies from problem identification negotiating solutions. The course integrates the concepts from IF250 [Theory and Concepts of Instream Flow Incremental Methodology] through hands-on labs and tutorials and guides student interactions in the solution of various aspects of real instream flow problems. At the completion of the course, students will receive software and demonstration data used in the case studies as well as tutorials to instruct students in the use of software used in class. Experience using MS-DOS operating system and computational spreadsheets will enhance the learning experience in the class but is not required. Certificate of Completion is awarded.

Audience

This course is intended for those responsible for:

- Planning alternative water delivery schedules and annual water budgets.
- Formulating, evaluating, and negotiating mitigation or stream restoration alternatives.
- Conducting reviews of IFIM studies completed by external agencies or firms.

Objectives

Upon completion of this course, participants will be able to:

- Conduct quality assurance reviews of intermediate model outputs from the IFIM.
- Formulate and test alternative water delivery schedules.
- Compare mitigation and restoration plans in an interdisciplinary problem setting.
- Negotiate solutions to multiple-objective water resource management problems.
- Adapt commercially available spreadsheet software to perform exercises presented in IF250 [Theory and Concepts of Instream Flow Incremental Methodology].

Dates and Locations

APR 6-10, 98 - Fort Collins, CO BRD

Tuition

\$550

Length

5 days, 36 hours.

**MESC Training**

Course IF305 - IFIM Stream Habitat Sampling Techniques

Course Description

This is an application course on the use of stream habitat sampling techniques and equipment required for Instream Flow Incremental Methodology (IFIM) microhabitat studies. Note that the foundational principles, concepts, and analytical techniques used with IFIM are covered in [IF250](#) [Theory and Concepts of the Instream Flow Incremental Methodology] and are not reviewed in this course.

Audience

This course is for individuals responsible for designing, conducting, and/or reviewing stream microhabitat studies.

Objectives

Upon completion of this course, participants will be able to:

- Design a stream sampling strategy based upon study objectives.
- Apply stream segmentation criteria for identifying macrohabitat segments.
- Identify and quantify mesohabitat types within a segment.
- Quantify the depth, velocity, substrate, and cover in mesohabitat types.
- Construct an aggregate mesohabitat model to represent a macrohabitat segment.
- Properly use and conduct routine maintenance on required surveying and hydrologic sampling equipment.

Uses and Locations

USGS 17-21, 98 - Pingree Park, CO BRD

Location

300

Length

3 days, 36 hours.

Class Size

Minimum, 21 maximum.

Prerequisite

[IF250](#) [Theory and Concepts of the Instream Flow Incremental Methodology] or [IF200](#).



MESC Training

Course IF310 - Using the Computer-based Physical Habitat Simulation System (PHABSIM)

Course Description

This computer-use course presents the technical concepts, application logic, and menu of computer programs to understand why and how to use the Physical Habitat Simulation System (PHABSIM). PHABSIM simulates hydraulic relationships of numerous stream flows with water depths and velocities in a rigid channel. Then it quantifies the relationship of hydraulic and channel index variables (depth, velocity, substrate, and cover) with suitability for evaluation species or water-related recreation. The model is useful when relatively steady flow is the major determinant controlling the riverine resources. Prior IBM-PC compatible experience with editors and computational spreadsheets is recommended but not required. Lecture notes, a lab workbook, and the PHABSIM software and manual are provided. A Certificate of Completion is awarded.

Audience

This course is designed for those who will be directly involved with computer modeling of physical habitat streams.

Objectives

Upon completion of this course, participants will be able to:

- Understand the concepts of stream hydraulics and physical habitat analysis.
- Describe PHABSIM's calculations, components, and information flow.
- Simulate the effects of changes in flow on depth and velocity.
- Process data and understand field measurements required for PHABSIM.
- Conduct, interpret, critique, and defend physical habitat analyses.

Notes and Locations

WV 5-9, 98 - Shepherdstown, WV BRD

UT 3-7, 98 - Logan, UT BRD

Prerequisites

None

Length

5 days, 36 hours.

Class Size



MESC Training

Course IF312 - Stream Temperature Modeling

Course Description

This correspondence course concentrates on the theory and application of water temperature modeling. Participants will develop a knowledge of stream geometry, hydrology, and meteorology to enable understanding and prediction of stream temperatures. Topics covered include the models' assumptions and limitations, calibration and verification, troubleshooting, field data collection, parameter estimation, handling missing data, quality control, reviewing a completed temperature study for quality assurance, and linkage to other IFIM programs. Hands-on exercises are used to reinforce concepts learned in lectures. Participants will be supplied with all relevant models and material which they will complete at their own pace. An instructor will be available by phone or E-mail for individual questions with a final exam gauging successful completion of the material.

Audience

Individuals directly involved with computer modeling of stream temperatures, including ecologists, fishery biologists, and hydrologists, or anyone who regularly comments on proposed changes in water project operations or helps in designing impact evaluation studies.

Objectives

Upon completion of this course, participants will be able to:

- Understand the theoretical basis for the models including their assumptions and limitations.
- Be fluent in the stream geometry, hydrology, and meteorology components of the models, and how combining these components creates a stream system description.
- Understand how to enter data, run, and interpret results from the network and stream reach versions of the models.
- Be capable of calibrating the models given typical constraints, e.g., some data are missing.
- Be capable of using the models to estimate unknown temperatures in a baseline condition and predict water temperatures under altered conditions.

Depending on the needs of individual participants, he or she will be prepared to either:

1. Conduct a "live" temperature investigation, including how to plan a cost-effective study, gather needed input data, assemble that data into appropriate formats, and display results in a communicative manner;

or

2. Review a completed study, performed by another individual or organization, to assure its quality by critically analyzing the modeling components and evaluating the achievement of study objectives.

Dates and Locations

ANEXO II

ANTECEDENTES RECOPIADOS

La información recopilada durante el presente estudio se ha condensado en cuadros resumen para la zona comprendida entre la Cuarta y Décima regiones de nuestro país. Como se señalan en el texto principal estos cuadros resumen no cubren la cantidad y calidad de la información disponible, sino que únicamente su existencia o no existencia. La información incluida en cada cuadro es la siguiente:

Código BNA Rol o código de la estación fluviométrica o punto de control o monitoreo. En el caso de corresponder a un monitoreo esporádico no se cuenta con esta información.

Nombre Estación Identificación de la estación o punto de monitoreo. En el caso de muestreos eventuales esta información es de suma importancia ya que permite ubicar geográficamente los puntos de muestreo.

Nº Número correlativo que sirva para identificar la estación de muestreo en los mapas esquemáticos incluidos en el texto principal.

Código Letra que identifica en forma global la fuente de la información ubicada para dicha estación. En forma arbitraria se ha establecido la siguiente nomenclatura para el presente estudio:

- | | |
|---|---|
| A | Banco Nacional de Aguas, D.G.A. |
| B | Pautas para la Determinación de Caudales Ecológicos, U. de Chile - D.G.A. |
| C | Archivo Técnico D.G.A. |
| D | EULA |

Información Registrada:

Hidrología Registro fluviométricos o fluviográficos de las estaciones consideradas.

Hidráulica Medición de velocidades, altura del escurrimiento, material de fondo, entre otra información.

Físico-química Parámetros de calidad físico química: color, pH, metales, etc.

Bacteriológica Parámetros de calidad microbiológica.

Biótica Información de tipo biológica correspondiente a estudios especializados.

La información revisada en el Archivo Técnico de la Dirección General de Aguas incluye los siguientes informes:

- Análisis Estadístico de Caudales en los Ríos de Chile DGA; BF Ingenieros Civiles
- Análisis de la oferta y demanda de Recursos Hídricos en cuencas críticas de Loa, Rapel y Mataquito. Figueroa Ferraz Consultoría e Ingeniería de Proyectos Ltda., marzo de 1996.
- Análisis Regional de Caudales VI y VII región. Marzo de 1994. Prisma Ingeniería Ltda. Ing. Consultores.
- Caudales Ecológicos. Caracterización Hidroambiental 1996. AC Ingenieros Consultores Ltda.
- Análisis de eventos Hidrometeorológicos extremos en el País. Caudales máximos y mínimos. AC Ingenieros 1995.
- Análisis Regional de Caudales VIII región. AC Ingenieros Consultores 1992.

- Análisis de Redes de vigilancia de Calidad de aguas terrestres. Estadística hidroquímica nacional, etapa II. Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos. Alamos y Peralta Ingenieros Consultores Ltda. Febrero 1995
- Estudio Químico Ambiental de las Cuencas de los ríos Aconcagua, La Ligua y Petorca 1993-1994. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Comisión Nacional de Riego.
- INTEC CHILE Proyecto: Obtención de Muestras de Aguas y análisis biológicos; por : División Tecnologías Ambientales. INTEC-Chile 1997.
- Estudio de Impacto Ambiental Ralco. Para ENDESA S.A. , por: ELECTROWATT Ingenieros Consultores (Chile) S.A. 1996.
- Estudios Complementarios del Sistema Hidrobiológico de Estero Caren. Centro EULA-Chile. Universidad de Concepción. 1996.
- Impacto Ambiental de los efluentes del Embalse Caren. 1992-1993. Universidad Católica del Norte.
- Estudio a nivel de Diagnóstico del Proyecto Aconcagua V Región. EDIC Ingenieros Ltda.1995. C.N.R. (Programa de desarrollo integral de los recursos naturales disponibles en las Cuencas.)

RESUMEN INFORMACION IV REGION

Rol D.G.A.	Nombre Estación	N °	Código	Información Registrada				
				Hidrología	Hidráulica	Físico-Química	Bacteriológica	Biótica
04110001-k	Río Elqui En Molle	1	A	Sí	-	-	-	-
04300001-2	Río La Laguna En Salida Embalse La Laguna	2	A-C	Sí	-	Sí	-	-
04300002-0	Río La Laguna En Nueva El	3	-	-	-	Sí	-	-
04301001-8	Río De La Laguna Antes Junta	4	A-C	Sí	-	Sí	-	-
04302001-3	Río Toro Antes Junta Río La Laguna	5	A-C	Sí	-	Sí	-	-
04302002-1	Río Malo Aguas Abajo Tranque De Relave	6	A-C	Sí	-	Sí	-	-
04302003-k	Dren G Tranque El Indio	7	A	Sí	-	-	-	-
04302005-6	Río Malo Antes Junta Río	8	A	Sí	-	-	-	-
04304001-4	Río Incaguas En Las Terneras	9	A	Sí	-	-	-	-
04304002-2	Río Incaguas Antes Junta Río Turbio	10	A-C	Sí	-	Sí	-	-
04305001-k	Río Turbio En Las Terneras	11	A	Sí	-	-	-	-
04306001-5	Río Turbio En Huanta	12	A-B-C	Sí	Sí	Sí	-	-
04308001-8	Río Turbio En Varillar	13	A-B-C	Sí	-	Sí	-	Sí
04311001-2	Estero Derecho Alcahuaz	14	A-C	Sí	-	Sí	-	-
04313001-3	Río Cochiguaz En El Peño	15	A	Sí	-	-	-	-
04314001-9	Río Claro En Montegrande	16	A-B-C	Sí	Sí	Sí	-	-
04314002-7	Río Claro En Rivadavia	17	A-C	Sí	-	Sí	-	Sí
04320001-1	Río Elqui En Algarrobal	18	A-C	Sí	-	Sí	-	Sí
04323001-8	Río Elqui En Almendral	19	A-B-C	Sí	Sí	Sí	-	Sí
04323002-6	Río Elqui En Puclaro	20	A	Sí	-	-	-	-
04323003-4	Río Elqui En Gualiguaica	21	A	Sí	-	-	-	-
04331001-1	Río Elqui En Punta De Piedra	22	A-C	Sí	-	Sí	-	-
04335001-3	Río Elqui En La Serena	23	A-C	Sí	-	Sí	-	-
04400001-6	Estero Culebrón En El Sifón	24	A-C	Sí	-	Sí	-	-
04501001-5	Río Hurtado En San Agustín	25	A-C	Sí	-	Sí	-	-
04501002-3	Río Hurtado En Las Breas	26	A	Sí	-	Sí	-	-
04502001-0	Río Hurtado En La Cortaderal	27	A-C	Sí	-	Sí	-	-
04502002-9	Río Hurtado En Hurtado	28	-	-	-	-	-	-
04506001-2	Río Hurtado En Angostura De Pangué	29	A-C	Sí	-	Sí	-	Sí
04506002-0	Río Hurtado En Entrada Embalse Recoleta	30	A-B-C	Sí	Sí	Sí	-	-
04506003-9	Canal Tuquíl En Salida Embalse	31	A	Sí	-	-	-	-
04506004-7	Canal Alimentador Recoleta	32	A	Sí	-	-	-	-
04506005-5	Canal Alimentador Recoleta	33	A	Sí	-	-	-	-
04511001-k	Río Grande En Las Pegas	34	A	Sí	-	-	-	-
04511002-8	Río Grande En Las Ramadas	35	A-B-C	Sí	-	Sí	-	-
04512001-5	Río Tascadero En Desembocadura	36	A-C	Sí	-	Sí	-	-

RESUMEN INFORMACION IV REGION

04513001-0	Río Grande En Cuyano	37	A-C	SI	-	SI	-	SI
04514001-6	Río Mostazal En Cuestecita	38	A-C	SI	-	SI	-	-
04515001-1	Río Mostazal Antes Junta Río Grande	39	A	SI	-	-	-	-
04515002-k	Río Mostazal En Caren	40	A	SI	-	SI	-	-
04516001-7	Río Grande En Copiapó	41	A-C	SI	-	SI	-	-
04516002-5	Canal Pakqui En Semita	42	A	SI	-	-	-	-
0456003-3	Río Grande En Semita	43	A	SI	-	-	-	-
04520001-9	Río Los Molles En Ojos De	44	A-C	SI	-	-	-	-
04520002-7	Canal Central Los Molles	45	A	SI	-	-	-	-
04520003-5	Río Los Molles En Bocatorna	46	A	SI	-	SI	-	-
04520004-3	Río Rapel En Los Molles	47	A	SI	-	-	-	-
04522001-k	Río Rapel En Paloma	48	A-C	SI	-	SI	-	-
04522002-8	Río Rapel En Junta Antes Río Grande	49	A-C	SI	-	SI	-	-
04523001-5	Río Grande En Agua Chica	50	A-C	SI	-	SI	-	-
04523002-3	Río Grande En Puntilla San Juan	51	A-B-C	SI	SI	SI	-	SI
04530001-3	Río Cogotí En Fraguilla	52	A-C	SI	-	SI	-	-
04531001-9	Río Cogotí En Cogotí 18	53	A-C	SI	-	SI	-	-
04532001-4	Río Combarbalá En Ramadillas	54	A-C	SI	-	SI	-	-
04532002-2	Río Combarbalá En Combarbalá	55	A-C	SI	-	SI	-	-
04533001-k	Quebrada Pana En Fonditos	56	A	SI	-	-	-	-
04533002-8	Río Pama En Valle Hermoso	57	A	SI	-	-	-	-
04534001-5	Río Pama Entrada Embalse Cogotí	58	A-C	SI	-	SI	-	SI
04535001-0	Río Cogotí En Entrada Embalse	59	A-C	SI	-	-	-	SI
04535002-9	Río Guatulame En Salida Embalse Cogotí	60	A-C	SI	-	SI	-	-
04535003-7	Canal Matriz Cogotí En Bo	61	A	SI	-	-	-	-
04535004-5	Río Guatulame En San Marcos	62	-	-	-	SI	-	-
04537001-1	Río Guatulame En El Torné	63	A-C	SI	-	SI	-	SI
04537002-k	Río Guatulame En Huanilla	64	-	-	-	-	-	-
04540001-8	Río Grande En Paloma 1	65	A-C	SI	-	-	-	-
04540002-6	Río Guatulame En Desembocadura	66	A	SI	-	-	-	-
04540003-4	Canal Camarico Aguas Abajo Compuerta	67	A	SI	-	SI	-	-
04540004-2	Río Limarí En Puntilla De Ovalle	68	A-C	SI	-	SI	-	-
04551001-8	Río Limarí En Peñones Bajo	69	A-C	SI	-	SI	-	-
04554001-4	Río Punitaqui En Delirio	70	A	SI	-	-	-	-
04557001-0	Río Punitaqui En Chalinga	71	A-C	SI	-	SI	-	-
04557002-9	Estero Punitaqui Antes Junta Río Limarí	72	A-C	SI	-	SI	-	-
04558001-6	Río Limarí En Panamericana	73	A-C	SI	-	SI	-	SI
04700001-7	Estero El Soldado En Laguna	74	A	SI	-	-	-	-
04703001-3	Río Choapa Sobre El Río V	75	A	SI	-	-	-	-
04704001-9	Río Choapa En Cuncumen	76	A-C	SI	-	SI	-	SI
04704002-7	Río Cuncumen Antes Bocatorna De Canales	77	A-C	SI	-	SI	-	-

RESUMEN INFORMACION IV REGION

04711001-7	Río Choapa En Salamanca	78	A-C	Sí	-	Si	-	Si
04711002-5	Canal Caracha En Bocatoma	79	A	Sí	-	-	-	-
04713001-8	Río Chalinga En San Agustín	80	A-C	Sí	-	Si	-	-
04713002-6	Río Chalinga En Potrero M	81	A	Sí	-	-	-	-
04713003-4	Río Chalinga En Chalinga	82	A-C	-	-	Si	-	-
04714001-3	Estero Camisas En Desembocadura	83	A-C	Sí	-	Si	-	-
04715001-9	Río Choapa En Mal Paso	84	A	Sí	-	-	-	-
04715002-7	Río Choapa En Puente Negro	85	A-C	Sí	-	Si	-	Si
04716001-4	Río Choapa En Lamahuida	86	A-C	Sí	-	Si	-	-
04716002-2	Río Choapa En Puente F.F.C.C.	87	A	Sí	-	-	-	-
04716003-0	Canal Tamelcura	88	A	Sí	-	-	-	-
04721001-1	Río Illapel En Las Burras	89	A-B-C	Sí	Sí	Sí	-	-
04723001-2	Río Illapel En Huintil	90	A-C	Sí	-	Sí	-	Si
04726001-9	Río Illapel En El Peral	91	A-C	Sí	-	Sí	-	-
04726002-7	Río Illapel En Santa Cruz	92	-	-	-	-	-	-
04730001-0	Río Choapa Aguas Arriba E	93	A-C	Sí	-	Si	-	Si
04810001-5	Estero Pupio En El Romero	94	A-C	Sí	-	Si	-	-
04900001-4	Río Quilimari En Chivato	95	-	-	-	-	-	-
04901001-k	Río Quilimari En Los Cóndores	96	A-C	Si	-	Si	-	Si
04902001-5	Río Quilimari En Retamal	97	-	-	-	-	-	-
	Río Choapa Aguas Arriba Junta Illapel	98	B	-	-	Si	-	Si
	Río Choapa en Chellepin	99	B	-	-	Si	-	Si
	Río Choapa en Desembocadura Huentelauquén	100	B	-	-	Si	-	Si
	Río Choapa en Estación el Sauce	101	B	-	-	Si	-	Si
	Río Choapa en Estación Las Tortillas	102	B	-	-	Si	Si	Si
	Río Elqui en Alfalfares	103	B	-	Si	-	-	-
	Río Elqui en Desembocadura	104	B	-	Si	-	-	-

FUENTE

A : Banco Nacional de Aguas. DGA

B : Pautas Para La Determinación de Caudales Ecológicos. U. Chile

C : Archivo Técnico DGA

RESUMEN INFORMACION V REGION

Rol D.G.A.	Nombre Estación	N °	Código	Información Registrada				
				Hidrología	Hidráulica	Físico-Química	Bacteriológica	Biótica
0510001-3	Río Sobrante En Piñadero	1	A-B-C	Si	Si	Si	-	Si
0510101-9	Río Pedernal En Tejada	2	A-C	Si	-	Si	-	Si
0511001-8	Río Petorca En Petorca	3	A-C	-	-	Si	-	-
0520001-7	Río Alicahue En Colliguay	4	A-C	Si	Si	Si	-	Si
0522002-4	Río La Ligua En Cabildo	5	A-C	-	-	Si	-	-
05221001-1	Río La Ligua En Placilla	6	A-C	Si	-	Si	-	-
0532001-k	Estero Quintero En Valle Alegre	7	A-C	-	-	Si	-	-
05401002-8	Río Juncal Antes Junta Río Blanco	8	A-C	-	-	Si	-	-
05402001-5	Río Blanco En Río Blanco	9	A-B-C	Si	Si	Si	-	Si
05403002-9	Río Aconcagua En Río Blanco	10	A-B-C	Si	Si	Si	-	-
05403003-7	Río Aconcagua En Los Quilos	11	A-C	Si	Si	Si	-	-
05406002-5	Río Colorado Antes Junta Río Aconcagua	12	A-B-C	Si	Si	Si	-	Si
05406001-7	Río Colorado En Colorado	13	A-B-C	Si	Si	Si	-	-
05410002-7	Río Aconcagua En Chacabuco	14	A-B-C	Si	Si	Si	-	Si
05411003-0	Río Aconcagua En San Felipe	15	A-B-C	Si	Si	Si	-	Si
05411001-4	Estero Pocuro En El Sifón	16	A-C	Si	-	Si	-	-
05411002-2	Estero Pocuro Antes Junta Río Aconcagua	17	A-C	Si	-	Si	-	-
05414001-0	Río Putaendo En Resguardo Los Patos	18	A-B-C	Si	Si	Si	-	Si
05415001-6	Estero Quilpué Antes Junta Río Aconcagua	19	A-C	Si	-	Si	-	-
05420002-1	Estero De Lo Campos Antes Junta Río Aconcagua	20	A-C	Si	-	Si	-	-
05421001-9	Estero Catemu Antes Junta Río Aconcagua	21	A-C	Si	-	Si	-	-
05421002-7	Estero Catemu En Puente S	22	A	Si	-	-	-	-
05421003-5	Río Aconcagua En Chagres	23	-	-	-	-	-	-
05422001-4	Estero Las Vegas En Desembocadura	24	A-C	Si	-	Si	-	-
05423001-k	Canal Las Vegas En Bocatoma	25	A-C	Si	-	-	-	-
05423002-8	Estero Las Vegas Aguas Abajo	26	A	Si	-	-	-	-
05423003-6	Río Aconcagua En Romeral	27	A-C	Si	-	Si	-	Si
05423004-4	Estero Romeral Antes Junta Río Aconcagua	28	A-C	Si	-	Si	-	-
05423005-2	Río Aconcagua En Panamericana	29	A-C	Si	-	Si	-	-
05423006-0	Estero Rabuco En Fundo Rabuco	30	A-C	Si	-	Si	-	-
05423007-9	Río Aconcagua En Panquehue	31	A	Si	-	-	-	-
05423008-7	Canal Melón En Bocatoma	32	A	Si	-	-	-	-
05423009-5	Canal Comunidad Hijueta E	33	A	Si	-	-	-	-
05423010-9	Canal Comunidad Purutun E	34	A	Si	-	-	-	-
05423011-7	Canal Puntilla Torrejón E	35	A	Si	-	-	-	-
05424001-5	Estero Litre En Panamericana	36	A-C	Si	-	-	-	-

RESUMEN INFORMACION V REGION

05425001-0	Estero Lo Rojas Antes Junta	37	A-C	Sí	-	-	-	-
05425002-9	Río Aconcagua En Puente L	38	A-C	Sí	-	-	-	-
05426001-6	Río Aconcagua En Puente Boco	39	A-C	Sí	-	Sí	-	-
05426002-4	Río Aconcagua En Tabolango	40	A-C	Sí	Sí	Sí	-	Sí
05426003-2	Río Aconcagua En Puente Colmo	41	A-C	Sí	-	Sí	-	-
05427003-8	Estero De Limache Antes Junta Río Aconcagua	42	A-C	Sí	-	Sí	-	-
05500001-8	Estero Marga Marga	43	A-C	Sí	-	-	-	-
05530001-1	Estero Cartagena Después	44	-	-	-	-	-	-
	Estero Los Angeles	45	B	-	Sí	-	-	-
	Río Aconcagua En Chacabuco	46	B	-	Sí	-	-	-
	Río Aconcagua En Puente Cañería	47	B	-	Sí	-	-	-
	Río Aconcagua En Quillota	48	B	-	-	Sí	-	Sí

FUENTE

A : Banco Nacional de Aguas. DGA

B : Pautas Para La Determinación de Caudales Ecológicos. U. Chile

C: Archivo Técnico DGA

RESUMEN INFORMACION REGION METROPOLITANA

Rol D.G.A.	Nombre Estación	N°	Código	Información Registrada				
				Hidrología	Hidráulica	Físico-Química	Bacteriológica	Biótica
05701001-0	Río Maipo En Las Huaitatas	1	A	Si	-	-	-	-
05701002-9	Río Maipo En Las Melosas	2	A-B-C	Si	Si	Si	-	Si
05702001-6	Río Volcán En Quetehues	3	A-B-C	Si	Si	Si	-	-
05702002-4	Río Volcán En Lo Valdés	4	A	Si	-	-	-	-
05703001-1	Río Yeso En Piquenes	5	A	Si	-	-	-	-
05703002-k	Río Yeso En Embalse El Yeso	6	A-B-C	Si	Si	-	-	-
05703003-8	Río Yeso Antes Junta Río Maipo	7	A-C	Si	-	Si	-	Si
05703004-6	Río Yeso En Manzanito	8	A	Si	-	-	-	-
05703005-4	Embalse El Yeso	9	A	-	-	Si	-	-
05703006-2	Estero Glaciar Echaurren	10	A	Si	-	-	-	-
05704001-7	Río Maipo En El Ingenio	11	A-C	-	-	Si	-	-
05704002-5	Río Maipo En San Alfonso	12	A-B-C	Si	Si	Si	-	Si
05705001-2	Río Colorado Antes Junta Olivares	13	A-B	Si	Si	-	-	-
05706001-8	Río Olivares Antes Junta Río Colorado	14	A-B	Si	Si	-	-	-
05707001-3	Río Colorado En Mañenas	15	A	-	-	Si	-	-
05707002-1	Río Colorado Antes Junta Río Maipo	16	A-B-C	Si	Si	Si	-	Si
05710001-k	Río Maipo En El Manzano	17	A-B-C	Si	Si	Si	Si	Si
05710002-8	Río Maipo En El Canelo	18	-	-	-	-	-	-
05710004-4	Río Maipo En Las Lajas	19	A-C	-	-	Si	-	-
05711001-5	Río Clanlio Antes Junta Río Maipo	20	A	Si	-	Si	-	-
05713001-6	Río Angostura En Angostura	21	A-B-C	Si	-	Si	-	Si
05713002-4	Estero Codegua En La Leonera	22	A	Si	-	Si	-	-
05715001-7	Río Paine En Longitudinal	23	A-C	Si	-	Si	-	-
05716001-2	Río Angostura En Valdivia De Paine	24	A-C	Si	-	Si	-	-
05716002-0	Laguna Aculeo Los Pinguin	25	A	Si	-	-	-	-
05716003-9	Estero Pintué En Puente Pintué	26	A-C	Si	-	Si	-	-
05717001-8	Estero El Gato	27	-	-	-	-	-	-
05717002-6	Río Maipo En Isla Maipo	28	-	-	-	-	-	-
05717003-4	Río Maipo En El Rosano	29	A	Si	-	Si	-	-
05717005-0	Río Maipo En Naltahua	30	A-C	Si	-	Si	Si	-
05717006-9	Río Maipo En Naltahua Bra	31	A	Si	-	-	-	-
05720001-4	Río Molina Antes Junta San Francisco	32	A	Si	-	Si	-	-
05721001-k	Estero Yerba Loca Antes Junta San Francisco	33	A-C	Si	-	Si	-	-
05722001-5	Estero Arrayán En La Montoñosa	34	A-C	Si	-	Si	-	Si
05722002-3	Río Mapocho En Los Almendros	35	A-C	Si	-	Si	-	Si
05722003-1	Río Mapocho En Las Condes	36	A	Si	-	-	-	-

RESUMEN INFORMACION REGION METROPOLITANA

05722004-k	Río Mapocho En Puente Nil	37	-	-	-	-	-	-
05723001-0	Estero Arrayán En Desembocadura	38	A-C	SI	-	SI	-	-
05730001-9	Quebrada Apoquindo En Lo	39	A	SI	-	-	-	-
05730002-7	Canal San Carlos En Principe De Gales	40	A	SI	-	-	-	-
05730003-5	Canal San Carlos En Desembocadura Río Maipo	41	A-C	SI	-	SI	-	-
05730004-3	Zanjón De La Aguada En Sa	42	-	-	-	-	-	-
05730005-1	Zanjón De La Aguada Puente	43	A	SI	-	-	-	-
05730006-k	Zanjón De La Aguada En Puente Pajaritos	44	A-C	SI	-	SI	-	-
05730007-8	Quebrada Macul Aguas Abajo	45	A	SI	-	-	-	-
05730008-6	Quebrada Ramón En Recinto Emos	46	A-B	SI	SI	SI	SI	-
05733001-5	Rungue Embalse	47	A	SI	-	SI	-	-
05734001-0	Estero Polpaico En Chicauma	48	A-C	SI	-	SI	-	SI
05735001-6	Canal Colina En Peidehue	49	A	SI	-	-	-	-
05735002-4	Estero Colina En Compuerta Vargas	50	A-C	SI	-	SI	-	-
05735003-2	Río Colina Sección Las Hu	51	A	SI	-	-	-	-
05735004-0	Canal Colina En Sección L	52	-	-	-	-	-	-
05737001-7	Río Mapocho En Pudahuel	53	A-B-C	SI	-	SI	SI	-
05737002-5	Río Mapocho Rinconada De Maipú	54	A-C	SI	-	SI	-	SI
05737003-3	Canal Las Mercedes En Bocatoma	55	A	SI	-	-	-	-
05737004-1	Río Mapocho En Talagante	56	A	SI	-	-	-	-
05737005-k	Río Mapocho En El Monte	57	A-C	SI	-	SI	-	-
05740001-3	Río Maipo En Chiriquie	58	A-C	SI	-	SI	-	-
05740002-1	Canal Maipo En Chocaelán	59	-	-	-	-	-	-
05741001-9	Estero Puangue En Boquerón	60	A-B-C	SI	-	SI	-	SI
05748001-6	Estero Puangue En Ruta 78	61	A-C	SI	-	SI	-	-
05748001-7	Río Maipo En Cabimbao	62	A-C	SI	-	SI	-	-
	Estero Arrayán	63	B	-	SI	-	SI	-
	Estero El Canelo	64	B	-	-	-	SI	-
	Estero El Manzano	65	B	-	-	-	SI	-
	Estero Las Hualtatas	66	B	-	SI	-	-	-
	Laguna La Dehesa	67	B	-	-	-	SI	-
	Laguna Negra	68	B	-	-	-	SI	-
	Río El Clarillo	69	B	-	-	-	SI	-
	Río Colorado Antes Junta Parraguire	70	B	-	SI	-	-	-
	Río Olivares En Bocatoma	71	B	-	SI	-	-	-
	Río Parraguire Antes Junta Colorado	72	B	-	SI	-	-	-
	Río El Yeso Estero Aparejo	73	B	-	SI	-	-	-
	Río El Yeso Quebrada Las Leñas	74	B	-	SI	-	-	-
	Río El Yeso En Puente Yeso	75	B	-	SI	-	-	-
	Río Maipo En Casas Viejas	76	B	-	SI	-	SI	-
	Río Maipo En Maipo	77	B	-	-	SI	-	SI

RESUMEN INFORMACION REGION METROPOLITANA

Río Maipo En Quettehues	78	B	-	Si	-	-	-
Río Maipo En Ruta 5	79	B-C	-	Si	Si	-	-
Río Maipo En Vizcachas	80	B	-	-	-	Si	-
Río Maipo en Vizcachitas	81	B	-	-	-	Si	-
Río Mapocho En Lo Castillo	82	B	-	-	-	Si	-
Río Molina Antes Junta San Francisco	83	B	-	Si	-	-	-
Río Molina Antes Junta San Francisco	84	B	-	Si	-	-	-
San Francisco							

FUENTE

A : Banco Nacional de Aguas. DGA

B : Pautas Para La Determinación de Caudales Ecológicos. U. Chile

C: Archivo Técnico DGA

RESUMEN INFORMACION VI REGION

Rol D.G.A.	Nombre Estación	N °	Fuente	Información Registrada				
				Hidrología	Hidráulica	Físico-Química	Bacteriológica	Biótica
06000001-8	Río Las Leñas Cota 2150	1	A-C	SI	-	-	-	-
06002001-9	Río Cortaderal Antes Junta Cachapoal	2	A-B-C	SI	SI	-	-	-
06003001-4	Río Cachapoal 5 Km. Aguas	3	A	SI	-	-	-	-
06006001-0	Río Pangal En Pangal	4	A	SI	-	-	-	-
06008001-1	Río Cachapoal En Chicayas	5	-	-	-	-	-	-
06008002-k	Río Cachapoal En Coya	6	A-B	SI	SI	SI	-	SI
06008003-8	Río Coya En Coya	7	A	SI	-	-	-	-
06009001-7	Río Claro En Campamento	8	A	SI	-	-	-	-
06011001-8	Estero De Las Cadenas	9	A-C	SI	-	-	-	-
06013001-9	Río Claro En Hacienda Las Nieves	10	A-C	SI	-	-	-	-
06013002-7	Canal Tipaume En Puente	11	A	SI	-	-	-	-
06018001-6	Estero Zamorano En Puente	12	A-B	SI	SI	-	-	-
06018002-4	Río Cachapoal En Peumo	13	A	SI	-	-	-	-
06025001-4	Río Tinguiririca Aguas Abajo Junta Azulre	14	A-B-C	SI	-	SI	-	-
06027001-5	Río Claro En El Valle	15	A-C	SI	-	-	-	-
06027002-3	Río Claro En Puente Negro	16	A	SI	-	-	-	-
06028001-0	Río Tinguiririca Bajo Los Briones	17	A-B-C	SI	-	SI	-	-
06033001-8	Estero Chimbarongo En Convento Viejo	18	A-B-C	SI	SI	SI	-	-
06034001-3	Estero Chimbarongo En Santa Cruz	19	A-B-C	SI	SI	SI	-	-
06043001-2	Estero Aihué En Quilamuta	20	A-B-C	SI	SI	SI	-	-
06056001-3	Río Rapel En Rapel	21	A-B-C	SI	SI	SI	-	-
06132001-6	Estero Nilahue En Santa Teresa	22	A-B-C	SI	-	SI	-	-
	Río Cachapoal En Bocatoma Canales	23	B	-	SI	-	-	-
06019001-1	Río Cachapoal En Puente Arqueado	24	B-C	SI	SI	SI	-	-
06008004-6	Río Cachapoal En Puente Termas	25	B-C	SI	SI	-	-	-
	Río Claro En Zona Cruce Gasoducto	26	B	-	SI	-	-	-
06037001-k	Río Tinguiririca Los Olmos	27	B-C	SI	SI	SI	-	-
	Estero Antivero Zamorano	28	B	-	SI	-	-	-
	Estación Alhué	29	D	-	-	SI	-	SI
	Estación Cachapoal	30	D	-	-	SI	-	SI
	Estación Tinguiririca	31	D	-	-	SI	-	SI

FUENTE

- A : Banco Nacional de Aguas. DGA
 B : Pautas Para La Determinación de Caudales Ecológicos. U. Chile
 C: Archivo Técnico DGA
 D: EULA

RESUMEN INFORMACION VII REGION

Rol D.G.A.	Nombre Estación	N°	Código	Información Registrada				
				Hidrología	Hidráulica	Físico-Química	Bacteriológica	Biótica
07100001-k	Qurbrada Malo En Puente V	1	A	Si	-	-	-	-
07101001-5	Río Teno Bajo Quebrada In	2	A	Si	-	-	-	-
07102001-0	Río Teno En Los Queñes	3	A-B-C	Si	Si	-	-	-
07103001-6	Río Claro En Los Queñes	4	A-B-C	Si	Si	-	-	-
07104001-1	Estero El Manzano Antes Junta	5	A-C	Si	-	-	-	-
07104002-k	Río Teno Después De Junta Río Claro	6	A-B-C	Si	Si	Si	-	-
07106001-2	Canal Teno Chimbarongo Km	7	A	Si	-	-	-	-
07112001-5	Río Colorado En Junta Con Río Palos	8	A-C	Si	-	Si	-	-
07115001-1	Río Palos En Junta Con Colorado	9	A-B-C	Si	Si	Si	-	-
07116001-7	Estero Upeo En Upeo	10	A-C	Si	-	Si	-	-
07117001-2	Río Lontué En Longitudinal	11	A-C	Si	-	Si	-	-
07119001-3	Río Lontué Antes De Junta	12	-	-	-	-	-	-
07119002-1	Río Lontué En Lontué Lo V	13	-	-	-	-	-	-
07120001-9	Río Mataquito En El Morri	14	A	Si	-	-	-	-
07123001-5	Río Mataquito En Licantén	15	A-C	Si	-	Si	-	-
07314001-3	Río Huaiquivilo En Huaiquivilo	16	A	Si	-	-	-	-
07317001-k	Río Melado En La Lancha D	17	A-B	Si	Si	-	-	-
07317002-8	Canal Melado En Los Hierr	18	A	Si	-	-	-	-
07321001-1	Río Maule En Colbún	19	A-B-C	Si	Si	-	-	-
07321002-k	Río Maule Armerillo Dg	20	A-B-C	Si	Si	Si	-	-
07321003-8	Canal Maule Norte En Aforador	21	A	Si	-	-	-	-
07321004-6	Canal Maule En Bocatoma	22	A	Si	-	-	-	-
07322001-7	Río Maule En Longitudinal	23	A-C	Si	-	Si	-	-
07322002-5	Canal Maule Sur En Aforador	24	A	Si	-	-	-	-
07322003-3	Canal Maule Sur En Los Li	25	A	Si	-	-	-	-
07330001-0	Río Perquillauquén En San Manuel	26	A-C	Si	-	-	-	-
07331001-6	Río Cato En Digua	27	A-C	Si	-	Si	-	-
07332001-1	Río Perquillauquén En Niquen	28	A-C	Si	-	-	-	-
07335001-8	Río Perquillauquén En Quella	29	A-C	Si	-	Si	-	-
07335002-6	Estero Curipeumo En Lo He	30	A-C	Si	-	-	-	-
07335003-4	Río Perquillauquén En Sant	31	A	Si	-	-	-	-
07335004-2	Río Cauquenes En Desembocadura	32	A-C	Si	-	Si	-	-
07336001-3	Río Cauquenes En El Arrayán	33	A-C	Si	-	Si	-	-
07337001-9	Río Tutuve En El Roble	34	A	Si	-	-	-	-
07340001-5	Estero Cardo Verde En Lo Ubaldo	35	A	Si	-	-	-	-

RESUMEN INFORMACION VII REGION

07341001-0	Río Purapel En Nirtivilo	36	A-C	Si	-	Si	-	-
07343001-1	Río Purapel En Sauzal	37	A-C	Si	-	Si	-	-
07343002-k	Río Purapel En Purapel	38	A	Si	-	-	-	-
07350001-k	Río Longavi En La Quinquina	39	A-C	Si	-	Si	-	-
07350002-8	Río Bullileo En Santa Filomena	40	A-C	Si	-	-	-	-
07350003-6	Río Longavi En El Castillo	41	A-C	Si	-	-	-	-
07350004-4	Río Bullileo En Portal Tu	42	A	Si	-	-	-	-
07350005-2	Río Longavi Antes Junta Bullileo	43	-	-	-	-	-	-
07351001-5	Río Longavi En Longitudinal	44	A-C	Si	-	Si	-	-
07354001-1	Río Achibueno En Los Peñascos	45	A-C	Si	-	Si	-	-
07354002-k	Río Achibueno En La Recov	46	A	Si	-	-	-	-
07355001-7	Río Ancoa En El Llepo	47	A	Si	-	Si	-	-
07355002-5	Río Ancoa En El Morro	48	A-C	Si	-	-	-	-
07355003-3	Río Ancoa Antes Túnel Canal Melado	49	A-C	Si	-	-	-	-
07355004-1	Río Ancoa En Las Minas	50	-	-	-	-	-	-
07355005-k	Río Ancoa En Las Vegas	51	A	Si	-	-	-	-
07356001-2	Río Achibueno En San Francisco	52	A-C	Si	-	Si	-	-
07357001-8	Río Loncomilla En El Emboque	53	A	Si	-	-	-	-
07357002-6	Río Loncomilla En Bodega	54	A-C	Si	-	-	-	-
07358001-3	Río Putagán En Yervas Bue	55	A-C	Si	-	Si	-	-
07358002-1	Río Putagán En Putagán	56	-	-	-	-	-	-
07358003-k	Río Putagán En Santa Rosa	57	A	Si	-	-	-	-
07359001-9	Río Loncomilla En Las Brisas	58	A-C	Si	-	Si	-	-
07359002-7	Río Maule En Loncomilla	59	-	-	-	-	-	-
07359003-5	Río Loncomilla En San Javier	60	A	Si	-	-	-	-
07372001-k	Río Claro En Camarco	61	A-C	Si	-	-	-	-
07372002-8	Río Claro En Puente Cimbr	62	-	-	-	-	-	-
07374001-0	Río Ircay En Puente Las Lajas	63	A-B-C	Si	-	Si	-	Si
07379001-8	Río Claro En Talca	64	A-C	Si	-	Si	-	-
07379002-6	Río Claro En Rauquén	65	A-C	Si	-	Si	-	-
07381001-9	Estero Los Puercos En Pue	66	A	Si	-	-	-	-
07382001-4	Río Maule En Cuesta Culén	67	A	Si	-	-	-	-
07384001-5	Río Maule En Forel	68	A-C	Si	-	Si	-	-
07400001-0	Río Loanco En Desembocadura	69	A	Si	-	-	-	-
	Río Achibueno	70	B	-	Si	-	-	-
	Río Claro En Buena Fe	71	B	-	-	Si	-	Si
	Río Claro En Ruta 5	72	B	-	Si	-	-	-
	Río Claro En San Carlos	73	B	-	Si	-	-	-
	Río Longavi	74	B	-	Si	-	-	-

RESUMEN INFORMACION VII REGION

Rio Lontué	75	B	-	Si	-	-	-
Rio Maule Abajo C. Pehuenche	76	B	-	-	Si	-	Si
Rio Maule En Los Baños	77	B	-	Si	-	-	-
Rio Perquilauquén Antes Rio Castillo	78	B	-	-	Si	-	Si

FUENTE

A : Banco Nacional de Aguas. DGA

B : Pautas Para La Determinación de Caudales Ecológicos. U. Chile

C: Archivo Técnico DGA

RESUMEN INFORMACION VIII REGION

Rol D.G.A.	Nombre Estación	N°	Código	Información Registrada				
				Hidrología	Hidráulica	Físico-Química	Bacteriológica	Biótica
08104001-k	Río Sauces Antes Junta Con Ñuble	1	A-C	Si	-	-	-	-
08105001-5	Río Ñuble En La Puntilla	2	A-C	Si	-	-	-	-
08106001-0	Río Ñuble En San Fabián	3	A-B-C	Si	-	Si	-	-
08110001-2	Río Ñuble En Balsa De Lo	4	A	Si	-	-	-	-
08111001-8	Río Cato Antes Junta Con Nibinto	5	C	-	-	Si	-	-
08112001-3	Río Nibinto Antes Canal	6	A-C	Si	-	-	-	-
08112002-1	Canal Alimentador Embalse	7	A	Si	-	-	-	-
08112003-k	Canal Alm. Embalse Coihueco	8	A	Si	-	-	-	-
08114001-4	Río Cato En Puente Cato	9	A-C	Si	-	Si	-	-
08115001-k	Río Ñuble En Longitudinal	10	A-C	Si	-	Si	-	-
08117001-0	Río Chillán En Longitudinal	11	A-C	Si	-	Si	-	-
08117004-5	Río Chillán En Esperanza	12	A-C	Si	-	Si	-	-
08117005-3	Río Chillán En Camino A Confluencia	13	A-C	Si	-	Si	-	-
08118001-6	Río Changaral Camino A Portezuelo	14	A-C	Si	-	-	-	-
08118002-4	Río Changaral En Changaral	15	A	Si	-	-	-	-
08119001-1	Río Ñuble En Cucha Cox	16	A-C	Si	-	Si	-	-
08119002-k	Río Ñuble En Confluencia	17	A	Si	-	-	-	-
08119003-B	Río Itata En Confluencia	18	-	-	-	-	-	-
08122001-8	Canal Zañartu Salida Lag	19	A	Si	-	-	-	-
08123001-3	Río Itata En Cholguán	20	A-C	Si	-	Si	-	-
08123002-1	Canal Zañartu Bocatoma 1	21	A	Si	-	-	-	-
08123003-k	Río Cholguán En Cholguán	22	-	-	-	-	-	-
08124002-7	Río Itata En Trilaleo	23	A-C	Si	-	Si	-	-
08125001-4	Río Itata En General Cruz	24	A-C	Si	-	Si	-	-
08130001-1	Río Renegado En Invernada	25	A-C	Si	-	Si	-	-
08130002-k	Río Diguillín En San Lorenzo	26	A-B-C	Si	-	Si	-	-
08131001-7	Río Diguillín En Balsa Za	27	A	Si	-	-	-	-
08132001-2	Río Diguillín En Longitudinal	28	A-C	Si	-	Si	-	-
08133001-8	Río Itata En Cerro Negro	29	A-C	Si	-	-	-	-
08133002-6	Río Itata En Liucura	30	A	Si	-	-	-	-
08134001-3	Estero Quilmo Camino A Yungay	31	A-C	Si	-	-	-	-
08134002-1	Río Larqui En Camino Yungay	32	A	Si	-	-	-	-
08134003-k	Río Larqui En Santa Cruz	33	A	Si	-	-	-	-
08140002-4	Río Itata En Balsa Nueva Aldea	34	A-C	Si	-	Si	-	-
08141001-1	Río Itata En Coelemu	35	A-C	Si	-	Si	-	-
08144001-8	Río Lonquén En Trehuaco	36	A	Si	-	-	-	-

RESUMEN INFORMACION VIII REGION

08144002-6	Río Nuble En Los Mayos	37	-	-	-	-	-	-
08210001-6	Río Pingueral En Dichato	38	A	Si	-	-	-	-
08220001-0	Río Andalien Camino A Penco	39	A-C	Si	-	Si	-	-
08304001-7	Río Lonquimay Antes Junta Bio-Bio	40	A	Si	-	-	-	-
08317001-8	Río Bio Bio En Rucahue	41	A-C	Si	-	Si	-	-
08317002-6	Río Lirquén En Cerro El Padre	42	A-C	Si	-	-	-	-
08318001-3	Canal Bio Bio Sur Km 7	43	A	Si	-	-	-	-
08319001-9	Río Bio Bio En Longitudinal	44	A	Si	-	-	-	-
08323001-0	Río Duqueco En Cerrillos	45	A-C	Si	-	-	-	-
08323002-9	Río Duqueco En Villucura	46	A-C	Si	-	Si	-	-
08330001-9	Río Mulchén En Mulchén	47	A-C	Si	-	-	-	-
08332001-k	Río Bureo En Mulchén	48	A-C	Si	-	Si	-	-
08334001-0	Río Bio Bio En Coihueco	49	A-C	Si	-	Si	-	-
08341001-9	Río Renaico En Jauja	50	A	Si	-	-	-	-
08342001-4	Río Renaico En Longitudinal	51	A-C	Si	-	Si	-	-
08343001-k	Río Mininco En Longitudinal	52	A-C	Si	-	-	-	-
08350001-8	Río Malleco En La Laguna	53	A-C	Si	-	-	-	-
08351001-3	Río Malleco En Colipulli	54	A-C	Si	-	Si	-	-
08352001-9	Río Malleco En Lotenco	55	-	-	-	-	-	-
08355001-5	Río Los Sauces En Las Bal	56	A	Si	-	-	-	-
08358001-1	Río Vergara En Tijeral	57	A-C	Si	-	Si	-	-
08359001-7	Río Vergara En Nacimiento	58	-	-	-	-	-	-
08362001-3	Río Ncodahue En Pichún	59	A	Si	-	-	-	-
08367001-0	Río Hualqui En Diquin	60	A-C	Si	-	Si	-	-
08376001-k	Río Rucue En Camino A Ant	61	A	Si	-	-	-	-
08380001-1	Río Laja En Tucapel	62	A-B-C	Si	Si	Si	-	-
08380002-k	Canal Laja Camino A Tucapel	63	A	Si	-	-	-	-
08381001-7	Río Laja En El Salto	64	A-C	Si	-	-	-	-
08381002-5	Río Laja En Curanilahue	65	-	-	-	-	-	-
08383001-8	Río Laja En Puente Perales	66	A-C	Si	-	Si	-	-
08385001-9	Río Claro En Camino Yumbel	67	A	Si	-	-	-	-
08385002-7	Río Claro En Puente Claro	68	A	Si	-	-	-	-
08386001-4	Río Laja En San Rosendo	69	A-C	Si	-	-	-	-
08394001-8	Río Bio Bio En Desembocadura	70	A-C	Si	-	Si	-	-
08394002-6	Laguna Grande	71	A	Si	-	-	-	-
08430001-2	Río Laraquete En El Cajón	72	A	Si	-	-	-	-
08530001-6	Río Carampangue En Carampangue	73	A-C	Si	-	Si	-	-
08720001-9	Río Lebu En Las Corrientes	74	A-C	Si	-	Si	-	-
08820001-2	Río Caramavida En Caramavida	75	A-C	Si	-	-	-	-
08821001-8	Río Cayucupil En Cayucupil	76	A-C	Si	-	-	-	-
08821002-6	Río Butamalal En Butamalal	77	A-B-C	Si	-	Si	-	-

RESUMEN INFORMACION VIII REGION

08821003-4	Río Reputo En Reputo	78	A-C	Si	-	-	-	-
08822001-3	Río Tucapel En Cañete	79	A-C	Si	-	-	-	-
08822002-1	Río Elicura En Puente Elicura	80	A	Si	-	-	-	-
08822003-k	Lago Nalahue	81	A	Si	-	-	-	-
08822004-8	Río Lanahue En Desagüe Lanahue	82	A	Si	-	-	-	-
08822005-6	Estero Calebu En Puente C	83	A	Si	-	-	-	-
08822006-4	Río Peleco En Puente Ponotro	84	C	-	-	Si	-	-
08910001-1	Río Llieu-Llieu En Desagüe Lago Llieu-Llieu	85	A	Si	-	-	-	-
	Río Bío Bío Antes Junta Llanquén	86	B	-	Si	-	-	-
	Río Bío Bío En San Pedro	87	B-C	Si	Si	-	-	-
	Río Diguillín En Los Cipreses	88	B	-	-	Si	-	Si
	Río Malacura Antes Del Puente	89	B	-	Si	-	-	-
	Río Nuble En Nahueltoro	90	B	-	-	Si	-	Si
	Río Pichipolcura En Lo Gática	91	B	-	Si	-	-	-
	Río Polcura En Balsadero	92	B	-	Si	-	-	-
	Río Queuco En Puente Queuco	93	B	-	Si	-	-	-
	Río Rucúe En Bocatomá Rucúe	94	B	-	-	-	-	-
	Río Turbulento Bajo El Salto	95	B	-	Si	-	-	-

FUENTE

A : Banco Nacional de Aguas. DGA

B : Pautas Para La Determinación de Caudales Ecológicos. U. Chile

C : Archivo Técnico DGA

RESUMEN INFORMACION IX REGION

Rol D.G.A.	Nombre Estación	N°	Código	Información Registrada				
				Hidrología	Hidráulica	Físico-Química	Bacteriológica	Biótica
09101001-1	Río Purén En Tranamán	1	A-B-C	SI	-	SI	SI	-
09102001-7	Río Lumaco En Lumaco	2	A-C	SI	-	SI	-	-
09102002-5	Río Lumaco En San Gerardo	3	A	SI	-	-	-	-
09103001-2	Río Lumaco En Chanco	4	A	SI	-	-	-	-
09104001-8	Río Traiguén En Victoria	5	A-C	SI	-	SI	-	-
09104002-6	Río Dumo En Santa Ana	6	A	SI	-	-	-	-
09105001-3	Río Traiguén En Traiguén	7	A-B-C	SI	-	SI	SI	-
09106001-9	Río Quino En Longitudinal	8	A-B-C	SI	-	SI	SI	-
09107001-4	Estero Chufquén En Chufquén	9	A-C	SI	-	SI	-	-
09107002-2	Estero Chanco Camino Cura	10	A	SI	-	-	-	-
09111001-6	Río Quilén En Longitudinal	11	A-B-C	SI	-	-	SI	-
09113001-7	Río Quilén En Galvarino	12	A-C	SI	-	SI	-	-
09116001-3	Río Cholchol En Cholchol	13	A-B-C	SI	-	SI	SI	SI
09118001-4	Río Cholchol En Nueva Imperial	14	A-B-C	SI	-	SI	SI	SI
09122001-6	Río Cautín En Rari-Ruca	15	A-B-C	SI	-	SI	-	-
09122002-4	Río Blanco En Curacautín	16	A	SI	-	-	-	-
09127001-3	Río Muco En Puente Muco	17	A-B-C	SI	-	SI	-	SI
09128001-9	Río Cautín En Cajón	18	A-B-C	SI	-	SI	SI	SI
09129001-4	Río Cautín En Temuco	19	C	-	-	SI	-	-
09131001-5	Río Quepe En Vicún	20	A-C	SI	-	SI	-	-
09134001-1	Río Huichahue En Faja 240	21	A	SI	-	-	-	-
09135001-7	Río Quepe En Quepe (En Panamericana)	22	A-B-C	SI	-	SI	SI	SI
09140001-4	Río Imperial En Almagro	23	A-C	SI	-	SI	-	-
09153001-5	Río Imperial En Carahue	24	A-B-C	SI	-	SI	SI	SI
09402001-8	Río Allipén En Mellepeuco	25	A-C	SI	-	SI	-	-
09402002-6	Estero Mellepeuco	26	A	SI	-	-	-	-
09404001-9	Río Allipén En Los Laureles	27	A-B-C	SI	-	SI	-	SI
09405001-4	Río Curaco En Coico	28	A-B-C	SI	-	SI	-	SI
09406001-k	Río Allipén En Allipén	29	B-C	SI	-	SI	-	SI
09412001-2	Río Trancura En Curarrehue	30	A-C	SI	-	SI	-	-
09414001-3	Río Trancura En Llafenco	31	A-C	SI	-	SI	-	-
09416001-4	Río Liucura En Liucura	32	A-B-C	SI	-	SI	-	SI
09420001-6	Río Toltén En Villarrica	33	A-B-C	SI	-	SI	SI	SI
09422001-7	Río Pedregoso En Santa Filomena	34	A	SI	-	-	-	-
09423001-2	Río Toltén En Colpue	35	A-B-C	SI	-	SI	SI	SI
09430001-0	Río Toltén En Pitruquén	36	A	SI	-	-	-	-

RESUMEN INFORMACION IX REGION

09433001-7	Río Puyehue En Quintratue	37	A-B-C	Si	-	Si	-	-
09433002-5	Estero Puyehue En Lastarr	38	A	Si	-	-	-	-
09434001-2	Río Donguil En Gorbea	39	A-B-C	Si	-	Si	-	Si
09436001-3	Río Mahuidanche En Santa	40	A	Si	-	-	-	-
09437001-9	Río Toltén En Huilo	41	A	Si	-	-	-	-
09437002-7	Río Toltén En Teodoro Schmidt	42	A-B-C	Si	-	Si	-	Si
	Río Allipén	43	B	-	-	Si	-	Si
	Río Cautín	44	B	-	-	Si	-	Si
	Río Cautín En Balsadero Boroa	45	B-C	Si	-	Si	Si	Si
	Río Caviñañi	46	B	-	-	Si	-	Si
	Río Colliguanqui	47	B	-	-	Si	-	Si
	Río Dillo	48	B	-	-	Si	-	Si
	Río Malleco En Malleco	49	B	-	-	-	Si	-
	Río Malleco En Puente FFCC	50	B	-	-	-	Si	-
	Río Patguín	51	B	-	-	Si	-	Si
	Río Pedregoso	52	B	-	-	Si	-	Si
	Río Picoquén	53	B	-	-	-	Si	-
	Río Pucón Antes Villarrica	54	B-C	-	-	-	Si	-
	Río Pucón En Pucón	55	B-C	Si	-	Si	-	Si
	Río Quino En Longitudinal	56	B	-	-	Si	-	Si
	Río Rehue	57	B	-	-	-	Si	-
	Río Traiguén En Ruta 5	58	B	-	-	-	-	-
	Río Trancura	59	B	-	-	Si	Si	Si
	Río Vergara	60	B	-	-	-	-	-
	Río Voipir	61	B	-	-	Si	Si	Si

FUENTE

A : Banco Nacional de Aguas. DGA

B : Pautas Para La Determinación de Caudales Ecológicos. U. Chile

C: Archivo Técnico DGA

RESUMEN INFORMACION X REGION

Rol D.G.A.	Nombre Estación	N °	Código	Información Registrada				
				Hidrología	Hidráulica	Físico-Química	Bacteriológica	Biótica
1010001-k	Río Hua-Hum En Desembocadura	1	A	SI	-	-	-	-
1010002-8	Río Fui En Puerto Fui	2	A-B-C	SI	-	SI	-	SI
10102001-0	Río Liqueñe En Liqueñe	3	A-C	SI	-	SI	-	-
10108001-3	Lago Panguipulli En Panguipulli	4	A	SI	-	-	-	-
10111001-k	Río San Pedro En Desagüe Lago Ríñihue	5	A-C	SI	-	SI	-	SI
10113001-0	Río San Pedro En Malihue	6	-	-	-	-	-	-
10120001-9	Río Collieufu En Los Lagos	7	A	SI	-	-	-	-
10122001-k	Río Calle Calle En Balsa San Javier	8	A-B-C	SI	-	SI	-	SI
10122002-8	Río Calle Calle En Antih	9	C	SI	-	-	-	-
10134001-5	Río Cruces En Rucaco	10	A-B-C	SI	-	SI	SI	SI
10135001-0	Río Cruces En Paico	11	-	-	-	-	-	-
10137001-1	Río Iñaque En Mafil	12	A-B-C	SI	-	SI	SI	SI
10138001-7	Río Iñaque En Putabla	13	A-C	SI	-	-	-	-
10142001-9	Río Futa En Puente Chiflo	14	A	SI	-	-	-	-
10142002-7	Río Futa En Futa	15	C	SI	-	-	-	-
10304001-9	Río Calcurrupe En Desembocadura Lago Ranco	16	A-B-C	SI	-	SI	-	SI
10306001-k	Río Nihue En Mayay	17	A-B-C	SI	-	SI	-	SI
10311001-7	Río Bueno En Bueno	18	A-C	SI	-	-	-	-
10313001-8	Río Lolihue En La Unión	19	A-B-C	SI	-	SI	-	SI
10328001-k	Río Pimaiquén En San Pablo	20	A-B-C	SI	-	SI	-	SI
10330001-0	Río Bueno En Trumao	21	A-C	SI	-	SI	-	-
10340001-5	Río Rahue En Desagüe Lago Rupanco	22	A-B-C	SI	-	SI	-	-
10343001-1	Río Coihueco Antes Junta	23	A	SI	-	-	-	-
10344001-7	Río Rahue En Cancura	24	A-C	SI	-	-	-	-
10356001-2	Río Negro En Chahuilco	25	A-C	SI	-	SI	-	-
10360001-4	Río Rahue En Osorno	26	A-B-C	SI	SI	SI	SI	SI
10362001-5	Río Damas En Tamaco	27	A-C	SI	-	-	-	-
10363001-0	Río Rahue En Forrahue	28	A-B-C	SI	-	SI	SI	SI
10405001-8	Río Hueyusca En Napeco	29	A	SI	-	-	-	-
10410001-5	Río Maullín En Llanquihua	30	A-C	SI	-	-	-	-
10411001-0	Canal Desagüe Aeropuerto	31	A	SI	-	-	-	-
10411002-9	Río Negro En Las Lomas	32	A	SI	-	-	-	-
10454001-5	Río Petrohue En Desagüe Lago T. Los Santos	33	A-C	SI	-	SI	-	SI
10702001-2	Río Futaleufu En Futaleufu	34	A	SI	-	-	-	-
10903001-5	Río Vilcún En Bel-Ben	35	A	SI	-	-	-	-
10904001-0	Río Grande En San Pedro	36	A	SI	-	-	-	-

RESUMEN INFORMACION X REGION

	Lago Chapo En Desembocadura	37	B-C	-	-	-	Si	-
	Río Blanco Al Norte De Llanquihue	38	B	-	-	Si	-	Si
	Río Blanco Al Sur De Llanquihue	39	B	-	-	Si	-	Si
	Río Blanco En Maihué	40	B	-	-	Si	-	Si
	Río Bonito	41	B	-	-	Si	-	Si
	Río Bueno En Puente Ruta 5	42	B-C	Si	-	Si	Si	-
	Río Bueno En Puerto Lapi	43	B-C	Si	-	Si	-	Si
	Río Calle Calle En Valdivia	44	B-C	-	-	Si	-	Si
	Río Calle Calle En Camino Niebla	45	B-C	-	-	-	Si	-
	Río Calle Calle Cerca Los Lagos	46	B-C	-	-	-	Si	-
	Río Calnahue	47	B	-	-	Si	-	Si
	Río Caunahue En Camino Lifén	48	B-C	-	-	Si	-	Si
	Río Coihueco Antes Junta	49	B	-	-	Si	-	Si
	Río Collilefu	50	B	-	-	Si	-	Si
	Río Cruces Aguas Arriba Río Leufucade	51	B-C	Si	-	Si	-	Si
	Río Cruces En Puente Cayumapu	52	B-C	-	-	-	Si	-
	Río Cruces En Valdivia	53	B-C	-	-	Si	-	Si
	Río Cua Cua	54	B	-	-	Si	-	Si
	Río Curanilahue	55	B	-	-	Si	-	Si
	Río Cuyaima	56	B	-	-	Si	-	Si
	Río Chaichaquén	57	B	-	-	Si	-	Si
	Río Chamiza Antes Río Chico	58	B-C	Si	-	Si	Si	-
	Río Chanlefu	59	B	-	-	Si	-	Si
	Río Chesque	60	B	-	-	Si	-	Si
	Río Chico Antes Río Chamiza	61	B-C	Si	-	Si	Si	Si
	Río Chimi	62	B	-	-	Si	-	Si
	Río Damas Aguas Arriba Osorno	63	B-C	-	-	Si	-	Si
	Río Damas Antes Río Rahue	64	B-C	-	Si	-	Si	-
	Río Damas En Puente Damas	65	B-C	-	-	-	Si	-
	Río El Callao	66	B	-	-	Si	-	Si
	Río Enco En Chan Chan	67	B-C	Si	-	Si	-	Si
	Río Gol Gol	68	B	-	-	Si	-	Si
	Río Gol Gol Antes Río Puyehue	69	B-C	-	-	Si	-	-
10107038-7	Río Huanehue Antes Río Panguipulli	70	B-C	Si	-	Si	-	Si
	Río Ignao	71	B	-	-	Si	-	Si
	Río Las Cascadas	72	B	-	-	Si	-	Si
	Río Leufucade En Paya	73	B-C	-	-	-	Si	-
	Río Llancahue	74	B	-	-	Si	-	Si
	Río Llolehue En Fundo Esperanza	75	B-C	-	-	-	Si	-
	Río Manso En Junta Puelo	76	B	-	Si	-	-	-
	Río Maullín En Desembocadura Lago	77	B-C	-	-	Si	Si	Si

RESUMEN INFORMACION X REGION

	Río Maulín En Las Quemadas	78	B-C	Si	-	Si	Si	Si
	Río Melilahuén	79	B	-	-	Si	-	Si
	Río Nalcas	80	B	-	-	Si	-	Si
	Río Neltume En Desagüe Río Neltume	81	B-C	Si	-	Si	-	Si
	Río Ñiltre	82	B	-	-	Si	-	Si
	Río Ñancul	83	B	-	-	Si	-	Si
	Río Pescado	84	B	-	-	Si	-	Si
	Río Pilmaiquén En Desagüe Lago Puyehue	85	B-C	-	-	Si	-	-
	Río Pilmaiquén En Puente Pilmaiquén	86	B-C	-	-	-	Si	-
10523001-K	Río Puelo En Carrera De Basilio	87	B-C	Si	-	Si	-	Si
	Río Puelo En Cochamó	88	B	-	-	Si	-	Si
	Río Puelo En Chaparrano	89	B	-	-	Si	-	Si
	Río Puelo En Estación La Zorra	90	B	-	-	Si	-	Si
	Río Puelo En Junta Manso	91	B	-	Si	-	-	-
	Río Puelo En Lenca	92	B	-	-	Si	-	Si
	Río Puelo En Puelo Chico	93	B	-	-	Si	-	Si
	Río Puelo En Río Del Este	94	B	-	-	Si	-	Si
	Río Puñir	95	B	-	-	Si	-	Si
	Río Quimán	96	B	-	-	Si	-	Si
	Río Quinchilca	97	B	-	-	Si	-	Si
	Río Renca	98	B	-	-	Si	-	Si
	Río San Pedro	99	B	-	-	Si	-	Si
	Río Sur	100	B	-	-	Si	-	Si
	Río Tepu	101	B	-	-	Si	-	Si
	Río Valdivia Aguas Abajo Valdivia	102	B	-	-	-	Si	-

FUENTE

A : Banco Nacional de Aguas. DGA

B : Pautas Para La Determinación de Caudales Ecológicos. U. Chile

C : Archivo Técnico DGA

ANEXO III

ANTECEDENTES RECOPILADOS EN CAMPAÑA DE TERRENO

Durante la campaña de terreno desarrollada como parte de este estudio se desarrolló una etapa de recolección y muestreo de información hidráulica, de calidad físico-química, microbiológica, así como antecedentes biológicos, en dos sectores ubicados en la Región Metropolitana.

La primera estación o zona de muestreo seleccionada para este estudio corresponde a aquella ubicada en las cercanías de la bocatoma de la Planta de Tratamiento de Agua Potable Quebrada de Ramón, perteneciente a la Empresa Metropolitana de Obras Sanitarias (EMOS S.A.). El segundo punto de muestreo seleccionado para este estudio está ubicado en las cercanías de la estación fluviométrica del río Maipo en El Manzano, operada por la Dirección General de Aguas.

En este anexo se presenta un resumen con la información recolectada durante esta etapa de monitoreo, la que se desarrolló entre el mes de Octubre de 1997 y Mayo de 1998. La información que se incluye es la siguiente:

Quebrada de San Ramón

- Aforos realizados entre el 27 de Octubre de 1997 y el 4 de Mayo de 1998. La frecuencia de estos aforos es quincenal. Estos aforos se realizaron en dos secciones, una ubicada inmediatamente aguas arriba de la bocatoma para la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la E.M.O.S., y la otra inmediatamente aguas debajo de ella.
- Muestreos de Calidad Físico-química y Microbiológica. La información incluida en este anexo incluye el número de la muestra, la fecha de su obtención, el punto de muestreo, el *pH*, turbiedad y color de la muestra, así como información sobre coliformes totales y fecales, *e. coli*, y finalmente recuentos heterótrofos a 48 horas y 5 días. La frecuencia de este muestreo fue quincenal.
- Medición de parámetros físico-químicos directamente en terreno, así como otros analizados posteriormente en laboratorio. Esta medición incluye parámetros tales como el *pH*, conductividad, sólidos totales disueltos, y oxígeno disuelto. En forma complementaria se ha incluido las mediciones de DBO₅ y DQO. Todas estas mediciones se han realizado aguas arriba de la toma (A.Arr.T.), en la toma misma (T.) y aguas abajo de la toma (A.Ab.T.).
- Para cuatro fechas (30 de Diciembre de 1997 hasta el 17 de Febrero de 1998) se realizó el muestreo y clasificación de invertebrados acuáticos. Este análisis incluyó la definición del orden y familia de los individuos individualizados en la muestra.

Estación Fluviométrica Maipo en el Manzano

- Medición de alturas limnimétricas realizados entre el 13 de Octubre de 1997 y el 27 de Abril de 1998. La frecuencia de estas mediciones es quincenal. Para la evaluación de los caudales pasantes se utilizó información medida en terreno correspondiente a la curva de descarga para esta estación. En la evaluación de la curva de descarga se utilizó dos modelos polinomiales, exponencial y potencial, los cuales permiten estimar el caudal pasante a partir de la medición de niveles.
- Medición de parámetros físico-químicos directamente en terreno, así como otros analizados posteriormente en laboratorio. Esta medición incluye parámetros tales como el *pH*, conductividad, sólidos totales disueltos, y oxígeno disuelto. En forma complementaria se ha incluido las mediciones de DBO₅ y DQO.
- Muestreos de Calidad Físico-química y Microbiológica. La información incluida en este anexo incluye el número de la muestra, la fecha de su obtención, el punto de muestreo, el *pH*, turbiedad y color de la muestra, así como información sobre coliformes totales y fecales, *e. coli*, y finalmente recuentos heterótrofos a 48 horas y 5 días. La frecuencia de este muestreo fue quincenal.

- Para tres fechas (29 de Diciembre de 1997 hasta el 16 de Febrero de 1998) se realizó el muestreo y clasificación de invertebrados acuáticos. Este análisis incluyó la definición del orden y familia de los individuos individualizados en la muestra.
- Para siete fechas (entre el 29 de Diciembre de 1997 y el 27 de Abril de 1998) se realizó la evaluación de microalgas de la deriva en las cercanías de la estación fluviométrica Maipo en el Manzano.

QUEBRADA SAN RAMÓN. AGUAS ARRIBA TOMA

Aforo	Fecha	H _{media} (m)	V _{media} (m/s)	Q _{inst.} (m ³ /s)
1	27-10-97	0.41	0.88	0.948
2	06-11-97	0.31	0.60	0.631
3	18-11-97	0.30	0.58	0.616
4	02-12-97	0.32	0.56	0.611
5	16-12-97	0.29	0.53	0.560
6	30-12-97	0.22	0.55	0.447
7	13-01-98	0.25	0.48	0.433
8	26-01-98	0.20	0.54	0.383
9	17-02-98	0.21	0.46	0.330
10	03-03-98	0.22	0.39	0.266
11	10-03-98	0.21	0.42	0.300
12	24-03-98	0.21	0.37	0.278
13	31-03-98	0.23	0.37	0.300
14	14-04-98	0.26	0.41	0.288
15	04-05-98	0.24	0.36	0.252

QUEBRADA SAN RAMÓN. AGUAS ABAJO TOMA

Aforo	Fecha	H _{media} (m)	V _{media} (m/s)	Q _{inst.} (m ³ /s)
1	27-10-97	0.30	0.75	0.660
2	06-11-97	0.23	0.73	0.428
3	18-11-97	0.28	0.86	0.606
4	02-12-97	0.20	0.54	0.262
5	16-12-97	0.13	0.30	0.095
6	30-12-97	0.06	0.16	0.012
7	13-01-98	0.11	0.18	0.030
8	26-01-98	0.15	0.22	0.066
9	17-02-98	0.13	0.17	0.040
10	03-03-98	0.10	0.12	0.017
11	10-03-98	0.13	0.17	0.035
12	24-03-98	0.10	0.06	0.011
13	31-03-98	0.12	0.08	0.010
14	14-04-98	0.14	0.24	0.047
15	04-05-98	0.12	0.07	0.012

PROYECTO CAUDALES ECOLÓGICOS

Lugar Maipo en El Manzano
 Recolector Pablo Carrasco C.

Muestra #	Fecha	Punto Muestreo	pH	Turbe-UNT	Color	Coliformes Tot NMP/100 ml	Coliformes Fec. NMP/100 ml	E. coli NMP/100 ml	Rec. Heterótrofos UFCx ml		Comentarios	Análisis	VB
									48 h - 35 °C	5 días - 20 °C			
1	29.09.97	Orilla del Cauce	7.9	87	>50	920	540	350	100	-	-	Lorena S	GC
2	29.09.97	Centro del Cauce	8	80	>50	3500	920	920	85	-	-	-	GC
3	13.10.97	Orilla del Cauce	6.7	4	<5	1700	1100	1100	375	5100	-	Viviana L	GC
4	13.10.97	Centro del Cauce	7.2	5.3	<5	1700	490	490	455	5700	-	Viviana L	GC
5	12.11.97	Orilla del Cauce	7.1	26	15	1700	1700	1700	680	6050	Aumento sólidos dec.	Viviana L	GC
6	12.11.97	Centro del Cauce	7.3	81	>50	1700	1100	330	750	5520	Aumento sólidos dec.	Viviana L	GC
7	27.11.97	Orilla del Cauce	5.4	1.1	5	-	920	-	2290	2370	pH meter nuevo	Viviana L	GC
8	27.11.97	Centro del Cauce	5.9	1.7	5	-	350	-	248	2360	pH meter nuevo	Viviana L	GC
9	01.12.97	Orilla del Cauce	6	5.8	<5	1100	1100	1100	320	3790	pH meter nuevo	Viviana L	GC
10	01.12.97	Centro del Cauce	5.8	7.8	<5	480	330	330	3280	3290	pH meter nuevo	Viviana L	GC
10D		Duplicado M. anterior				1700	460	460			Duplicado M. anterior	Viviana L	GC
11	15.12.97	Orilla del Cauce	6.8	10.1	<5	3500	3500	1000	270	2010	pH meter nuevo	Viviana L	GC
12	15.12.97	Centro del Cauce	6.8	8.8	<5	700	460	460	255	1970	pH meter nuevo	Viviana L	GC
12D		Duplicado M. anterior				3500	2400	2400			Duplicado M. anterior	Viviana L	GC
13	29.12.97	Orilla del Cauce	5.1	10.9	10	790	790	91	135	1170	pH meter nuevo	Viviana L	GC
14	29.12.97	Centro del Cauce	7.1	7.1	15	2400	2400	2400	230	1450	pH meter nuevo	Viviana L	GC
15	12.01.98	Orilla del Cauce	8	1.1	5	1100	700	12	352	3970		Viviana L	GC
15D	12.01.98					790	790	91			Duplicado M. anterior	Viviana L	GC
16	12.01.98	Centro del Cauce	8	8.9	<5	1300	790	330	520	2200		Viviana L	GC
17	16.02.98	Orilla del Cauce	8.2	7.1	10	3500	1400	460	316	1200		Lorena S	GC
18	16.02.98	Centro del Cauce	8.2	9.3	15	3500	3500	330	301	1160		Lorena S	GC
18D	16.02.98					2400	1300	340			Duplicado M. anterior	Lorena S	GC
19	23.02.98	Orilla del Cauce	8.1	2.3	5	2400	2400	490	246	1800		Lorena S	GC
20	23.02.98	Centro del Cauce	8	7.6	10	1700	1300	730	294	980		Lorena S	GC
20D	23.02.98					2400	2400	1300			Duplicado M. anterior	Lorena S	GC
21	09.03.98	Orilla del Cauce	7.9	0.4	<5	540	350	350	256	1810		Viviana L	GC
22	09.03.98	Centro del Cauce	8	1.7	5	540	350	170	218	2240		Viviana L	GC
23	23.03.98	Orilla del Cauce	8.2	2.2	<5	1700	1700	700	410	2640		Viviana L	GC
24	23.03.98	Centro del Cauce	8.1	3.2	5	700	700	460	610	2970		Viviana L	GC
25	30.03.98	Orilla del Cauce	8.1	7.1	5	1100	1100	790	361	1780		Viviana L	GC
26	30.03.98	Centro del Cauce	8.3	12	5	1700	460	330	341	2510		Viviana L	GC
27	13.04.98	Orilla del Cauce	7.9	0.6	<5	16000	3500	3500	1280	5460		Viviana L	GC
28	13.04.98	Centro del Cauce	8.2	0.7	<5	3500	1300	1300	1560	6330		Viviana L	GC
29	27.04.98	Orilla del Cauce	8	2.1	<5	2400	790	790	590	3900		Viviana L	GC
30	27.04.98	Centro del Cauce	8.1	2.3	5	1300	1300	1300	700	4800		Viviana L	GC

ESTACIÓN MAIPO EN EL MANZANO. DATOS DE TERRENO

Aforo	Fecha	H _{Límn} (m)	Área (m ²)		Ancho Sup. (m)		H _{media} (m)		Veloc. media (m/s)		Caudal (m ³ /s)	
			Expon.	Potenc.	Expon.	Potenc.	Expon.	Potenc.	Expon.	Potenc.	Expon.	Potenc.
1	13-10-97	2.41	37.14	33.38	43.22	42.66	0.86	0.78	1.96	1.84	72.82	61.37
2	11-11-97	3.10	63.67	64.56	46.56	46.66	1.37	1.38	2.72	2.74	172.94	176.90
3	27-11-97	3.25	71.59	73.07	47.32	47.46	1.51	1.54	2.92	2.95	208.72	215.78
4	01-12-97	3.45	83.69	85.45	48.36	48.48	1.73	1.76	3.20	3.25	268.19	277.37
5	15-12-97	3.40	80.49	82.24	48.10	48.22	1.67	1.71	3.13	3.17	251.90	260.86
6	29-12-97	3.43	82.39	84.15	48.25	48.38	1.71	1.74	3.17	3.22	261.55	270.67
7	12-01-98	3.75	105.79	106.31	49.95	49.94	2.12	2.13	3.69	3.70	390.64	393.83
8	16-02-98	2.90	54.46	54.21	45.57	45.57	1.20	1.19	2.47	2.47	134.59	133.64
9	23-02-98	2.80	50.37	49.45	45.08	45.00	1.12	1.10	2.36	2.33	118.73	115.31
10	09-03-98	2.60	43.08	40.72	44.12	43.83	0.98	0.93	2.14	2.07	92.40	84.44
11	23-03-98	2.30	34.08	29.53	42.71	41.96	0.80	0.70	1.86	1.71	63.44	50.43
12	30-03-98	2.25	32.78	27.88	42.48	41.63	0.77	0.67	1.82	1.65	59.58	45.98
13	13-04-98	2.30	34.08	29.53	42.71	41.96	0.80	0.70	1.86	1.71	63.44	50.43
14	27-04-98	2.10	29.15	23.27	41.80	40.62	0.70	0.57	1.69	1.48	49.37	34.40

Fecha	Pto. Muestreo	Tipo Sustrato	Recuento de Macrozoobentos								Estimación de Densidad n° individuos/m ²			
			Oroen	Familia	Adultos	Juveniles	Exuvia	Ninfas	Pupas	Larvas		Huevos de Resistencia		
30-12-1997	Aguas Arriba Toma	Grava y Bolones	Coleoptera	Elmidae	-	-	-	-	-	-	1	-	6	
			Diptera	Blepharcentidae	1	-	-	-	-	-	-	-	-	6
				Chironomidae	1	-	-	-	-	1	8	-	-	6 ad, 6 pu, 50 larv
				Empididae	1	-	-	-	-	-	1	-	-	6 ad, 6 larv
				Muscidae	-	-	-	-	-	-	1	-	-	6
			Ephemeroptera	Leptophlebiidae	-	-	-	-	8	-	-	-	-	38
		Hemiptera	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6		
		Nematozoa	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	13	
	Aguas Abajo Toma	Grava y Bolones	Diptera	Blepharcentidae	2	-	-	-	-	-	-	-	-	13
				Culicidae	-	1	-	-	-	-	-	-	-	6
				Chironomidae	-	-	-	-	2	2	-	-	-	13 pu, 13 larv
				Simuliidae	-	-	-	-	-	1	-	-	-	6
Hymenoptera			-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	6	
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
13-01-1998	Aguas Arriba Toma	Grava y Bolones	Diptera	Blepharcentidae	1	-	-	-	-	-	-	-	11	
				Culicidae	-	-	-	-	-	1	-	-	-	11
				Chironomidae	-	-	8	-	7	81	-	-	-	69 exu, 78 pu, 871 larv
				Muscidae	-	-	-	-	-	-	3	-	-	33
				Simuliidae	-	-	-	-	-	4	10	-	-	44 pu, 111 larv
				Tipulidae	-	-	-	-	-	-	2	-	-	22
	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	-	-	-	-	-	7	-	-	-	78		
		Oligochaeta	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	22	
	Aguas Abajo Toma	Grava y Bolones	Diptera	Chironomidae	-	-	9	-	-	29	-	-	-	100 exu, 319 larv
				Simuliidae	-	-	-	-	1	-	-	-	-	11
			Hemiptera	Saldidae	1	-	-	-	-	-	-	-	-	11
				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
26-01-1998	Aguas Arriba Toma	Grava y Bolones	Coleoptera	Oxyopidae	-	-	-	-	-	1	-	-	11	
				Elmidae	-	-	-	-	-	1	-	-	-	11
			Diptera	Blepharcentidae	9	-	-	-	-	-	-	-	-	99
				Ceratopogonidae	1	-	-	-	-	-	-	-	-	11
				Chironomidae	2	-	38	-	26	70	-	-	-	22 ad, 399 exu, 288 pu, 770 larv
				Dixidae	-	-	-	-	-	-	1	-	-	11
				Empididae	1	-	-	-	-	-	5	-	-	11 ad, 55 larv
				Simuliidae	1	-	-	-	28	25	-	-	-	11 ad, 306 pu, 275 larv
				Tataniidae	1	-	-	-	-	-	2	-	-	11 ad, 22 larv
			Ephemeroptera	Baetidae	-	-	4	8	-	-	-	-	-	44 exu, 88 ninf
		Leptophlebiidae	-	-	7	7	-	-	-	-	-	77 exu, 77 ninf		
	Aguas Abajo Toma	Grava y Bolones	Hemiptera	Saldidae	1	-	-	-	-	-	-	-	-	11
			Diptera	Blepharcentidae	8	-	-	-	-	-	-	-	-	86
				Chironomidae	4	-	52	-	5	13	-	-	-	44 ad, 572 exu, 55 pu, 143 larv
				Dixidae	1	-	-	-	-	2	-	-	-	11 ad, 22 larv
				Empididae	1	-	-	-	-	-	-	-	-	11
				Muscidae	-	-	-	-	-	2	-	-	-	22
				Simuliidae	1	-	-	-	15	3	-	-	-	11 ad, 185 pu, 33 larv
				-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	11
			Hymenoptera	Braconidae	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22
Hemiptera	Saldidae	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11		
17-02-1998	Aguas Arriba Toma	Grava y Bolones	Diptera	Blepharcentidae	3	-	-	-	-	-	-	-	En Proceso	
				Culicidae	-	-	-	-	-	1	-	-	-	En Proceso
				Chironomidae	-	-	8	-	7	42	-	-	-	En Proceso
				Dixidae	-	-	-	-	-	2	-	-	-	En Proceso
				Muscidae	-	-	-	-	-	4	-	-	-	En Proceso
				Simuliidae	-	-	-	-	4	10	-	-	-	En Proceso
	Ephemeroptera	Tipulidae	-	-	-	-	-	3	-	-	-	En Proceso		
		Baetidae	-	-	-	-	13	-	-	-	-	En Proceso		
		Leptophlebiidae	-	-	-	-	9	-	-	-	-	En Proceso		
		Oligochaeta	-	-	2	-	-	-	-	-	-	En Proceso		
	Aguas Abajo Toma	Grava y Bolones	Diptera	Chironomidae	-	-	9	-	-	24	-	-	-	En Proceso
				Simuliidae	-	-	-	-	1	-	-	-	-	En Proceso
Hemiptera			Saldidae	1	-	-	-	-	-	-	-	-	En Proceso	
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

QUEBRADA SAN RAMÓN. PARÁMETROS MEDIDOS EN TERRENO

Fecha	Equipo de Terreno									Termometro			Equipo de Terreno			Laboratorio Escuela			Laboratorio Agua					
	pH			Conductividad (µS)			Sól. Tot. Dis. (mg/l)			Temperatura *C			O. Disuelto (mg/l)			O. Disuelto (mg/l)			DBO ₅ (mg/l)			DQO (mg/l)		
	A.Arr.T.	T.	A.Ab.T.	A.Arr.T.	T.	A.Ab.T.	A.Arr.T.	T.	A.Ab.T.	A.Arr.T.	T.	A.Ab.T.	A.Arr.T.	T.	A.Ab.T.	A.Arr.T.	T.	A.Ab.T.	A.Arr.T.	T.	A.Ab.T.	A.Arr.T.	T.	A.Ab.T.
02-12-97	6.53			1387			501			15	17	16.5												
16-12-97	6.7	6.98	7	1365	1480	1404	678	614	704	17.1	19.4	21.4												
30-12-97																								
13-01-98																								
26-01-98	7.24	7.64	7.62	1507	1660	1587	762	818	805	17.8	22.5	20.2												
17-02-98										17	18	18												
03-03-98										16	16	16												
10-03-98										15	16	16												
24-03-98										14	15	15												
31-03-98										15	15	15												
14-04-98										11.7	12	12												
04-05-98										9.6	10.6	10.2												

PROYECTO CAUDALES ESCOLARIZADOS

Unidad Ejecutora San Ramon
Revisor Pineda Carrasco C

Agua #	Fecha	Punto Medida	PH	Temperatura	Conductividad	Calcium	Magnesium	TDS	NO3	NO2	Ammonia	VB
			UNIT	°C	µMHO/CM	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	
1	06/10/27	Agua Abajo Toma Ocho del Cerro	7.2	13.8	5	130	<2	<2	480	1150	Wharfedale	OC
2	06/10/27	Agua Abajo Toma Ocho del Cerro	7.5	13.5	5	21	<2	2	38	1150	Wharfedale	OC
3	06/10/27	Agua Abajo Toma	7.5	13.2	4.5	33	<2	4.2	35	1210	Wharfedale	OC
4	21/10/27	Agua Abajo Toma Ocho del Cerro	7.4	14.6	5	4.5	<2	<2	48	2070	Wharfedale	OC
5	21/10/27	Agua Abajo Toma	6.8	14.4	5	4.5	<2	<2	31	2090	Wharfedale	OC
6	21/10/27	Agua Abajo Toma	7.8	14.6	5	14	<2	<2	51	1830	Wharfedale	OC
7	05/11/27	Agua Abajo Toma Ocho del Cerro	7.5	14.2	10	130	<2	<2	37	1980	Wharfedale	OC
7.01	04/11/27	Agua en La Toma	7.4	18.5	5	34	<2	<2	48	2590	Wharfedale	OC
8	04/11/27	Agua Abajo Toma	7.4	21.1	10	79	2	2	58	1800	Wharfedale	OC
10	18/11/27	Agua Abajo Toma Ocho del Cerro	8.1	15.4	5	150	<2	<2	40	1150	Wharfedale	OC
11	18/11/27	Agua en La Toma	6.9	15.1	5	49	7.9	4.5	40	1440	Wharfedale	OC
12	18/11/27	Agua Abajo Toma	6.9	15.1	5	79	2	2	58	1115	Wharfedale	OC
12.01	22/12/27	Agua Abajo Toma Ocho del Cerro	6.5	19.1	4.5	170	2	2	21	160	Wharfedale	OC
13	22/12/27	Agua en La Toma	8.8	22.4	4.5	40	<2	2	44	1030	Wharfedale	OC
14	02/12/27	Agua Abajo Toma	9.4	18.1	4.5	70	<2	<2	21	1420	Wharfedale	OC
16	16/12/27	Agua Abajo Toma Ocho del Cerro	7.2	17.1	4.5	350	25	23	374	2840	Wharfedale	OC
17	16/12/27	Agua Abajo Toma	7.2	17.1	4.5	23	2	2	112	2470	Wharfedale	OC
18	16/12/27	Agua Abajo Toma	7.4	16.6	4.5	13	1.8	3	314	2790	Wharfedale	OC
19	30/12/27	Agua Abajo Toma Ocho del Cerro	7.1	07.1	4.5	260	4.5	4.5	510	2390	Wharfedale	OC
20	30/12/27	Agua en La Toma	7.1	07.1	4.5	95	4.5	2	532	2800	Wharfedale	OC
20.01	20/12/27	Agua Abajo Toma Ocho del Cerro	7.1	07.1	4.5	150	4.5	2	520	2800	Wharfedale	OC
21	20/12/27	Agua Abajo Toma	6.6	07.1	4.5	170	17	11	795	3840	Wharfedale	OC
22	13/01/28	Agua Abajo Toma Ocho del Cerro	6.6	07.1	4.5	17	7.8	7.8	960	3340	Wharfedale	OC
23	13/01/28	Agua Abajo Toma	6.3	07.1	4.5	49	13	7.9	1150	1890	Wharfedale	OC
24	13/01/28	Agua Abajo Toma	6.3	07.1	4.5	70	13	7.8	5200	3890	Wharfedale	OC
26	26/01/28	Agua Abajo Toma Ocho del Cerro	7.1	1	4.5	2	2	2	460	2640	Wharfedale	OC
26.01	26/01/28	Agua Abajo Toma	7.2	0.9	4.5	130	14	17	740	2270	Wharfedale	OC
27	26/01/28	Agua Abajo Toma	8	0.8	4.5	33	2	2	790	3160	Wharfedale	OC
28	17/02/28	Agua Abajo Toma Ocho del Cerro	6.3	1.6	5	1900	900	540	130	1560	Wharfedale	OC
29	17/02/28	Agua en La Toma	6	2	5	1900	1900	14	2090	2600	Wharfedale	OC
30	17/02/28	Agua Abajo Toma	6.2	1.7	4.5	320	17	14	432	1610	Wharfedale	OC
31	03/03/28	Agua Abajo Toma Ocho del Cerro	6	1	5	110	70	24	291	460	Wharfedale	OC
32	03/03/28	Agua en La Toma	6.1	1.1	4.5	31	20	20	289	490	Wharfedale	OC
33	03/03/28	Agua Abajo Toma	6	1.4	4.5	46	4	4	790	2400	Wharfedale	OC
34	10/03/28	Agua Abajo Toma Ocho del Cerro	6.1	0.4	4.5	31	23	13	308	1870	Wharfedale	OC
35	10/03/28	Agua en La Toma	6.1	0.3	4.5	16000	5400	5400	1130000	4200000	Wharfedale	OC
36	10/03/28	Agua Abajo Toma	6.2	0.3	4.5	48	7.8	7.8	690	1190	Wharfedale	OC
37	24/03/28	Agua Abajo Toma Ocho del Cerro	6.2	0.8	4.5	23	23	13	540	3190	Wharfedale	OC
38	24/03/28	Agua en La Toma	6.1	2.1	4.5	17	11	11	680	3990	Wharfedale	OC
39	24/03/28	Agua Abajo Toma	6.2	1.1	4.5	17	2	2	660	2730	Wharfedale	OC
40	21/03/28	Agua Abajo Toma Ocho del Cerro	6.2	2.4	5	33	3	13	396	4060	Wharfedale	OC
41	31/03/28	Agua en La Toma	6	1.7	4.5	33	13	13	2800	18100	Wharfedale	OC
42	31/03/28	Agua Abajo Toma	6.3	0.7	4.5	4.5	4.5	4.5	227	2840	Wharfedale	OC
43	14/04/28	Agua Abajo Toma Ocho del Cerro	6	0.7	4.5	130	48	40	330	2810	Wharfedale	OC
44	14/04/28	Agua en La Toma	6	0.8	4.5	240	33	33	390	3390	Wharfedale	OC
45	14/04/28	Agua Abajo Toma	6	0.5	4.5	23	23	23	190	3090	Wharfedale	OC
46	04/05/28	Agua Abajo Toma Ocho del Cerro	7.8	2.6	4.5	2	2	2	460	2100	Wharfedale	OC
47	04/05/28	Agua en La Toma	6.1	2.6	4.5	4.5	2	2	260	3120	Wharfedale	OC
48	04/05/28	Agua Abajo Toma	7.8	2.6	4.5	4.5	2	2	314	2730	Wharfedale	OC

Lugar : Maipo en El Manzano

Fecha	pH	Conductividad (mS)	Sól. Tot. Disueltos (g/l)	Temperatura (° C)	O. Disuelto Laboratorio (mg/l)	Parámetros físico-químicos		Observaciones
						DBO ₅ (mg/l)	DQO (mg/l)	
01.12.97	7.22	8.05	4.02	17.20	-	1.00	4.70	Orilla. Aguas Semi-Estancadas
15.12.97	7.62	8.43	4.30	14.50	-	-	-	Orilla. Aguas Semi-Estancadas
15.12.97	7.82	8.04	4.73	16.00	-	-	-	Centro. Aguas Corrientosas
29.12.97	7.81	8.20	3.76	10.50	7.50	-	-	Orilla. Aguas Semi-Estancadas
29.12.97	7.86	8.27	4.44	13.70	-	-	-	Centro. Aguas Corrientosas
12.01.98	-	-	-	-	10.00	1.00	23.00	Orilla. Aguas Semi-Estancadas
12.01.98	-	-	-	-	-	< 0,50	27.00	Centro. Aguas Corrientosas
16.02.98	-	-	-	-	9.90	2.50	5.10	Orilla. Aguas Semi-Estancadas
16.02.98	-	-	-	-	-	4.00	5.70	Centro. Aguas Corrientosas
23.02.98	-	-	-	12.00	9.30	-	-	Orilla. Aguas Semi-Estancadas
23.02.98	-	-	-	12.00	-	-	-	Centro. Aguas Corrientosas
09.03.98	-	-	-	12.00	9.60	2.80	5.50	Orilla. Aguas Semi-Estancadas
09.03.98	-	-	-	13.00	-	2.50	4.70	Centro. Aguas Corrientosas
23.03.98	-	-	-	11.00	9.50	-	-	Orilla. Aguas Semi-Estancadas
23.03.98	-	-	-	11.00	-	-	-	Centro. Aguas Corrientosas
30.03.98	-	-	-	10.00	9.60	-	-	Orilla. Aguas Semi-Estancadas
30.03.98	-	-	-	9.50	-	-	-	Centro. Aguas Corrientosas
13.04.98	-	-	-	10.50	9.70	-	-	Orilla. Aguas Semi-Estancadas
13.04.98	-	-	-	10.00	-	-	-	Centro. Aguas Corrientosas
27.04.98	-	-	-	10.30	9.80	1.80	2.70	Orilla. Aguas Semi-Estancadas
27.04.98	-	-	-	8.80	-	1.70	3.00	Centro. Aguas Corrientosas

Clasificación y Recuento de Invertebrados Acuáticos. Malpo en El Manzano

Fecha	Pto. Muestreo	Tipo Sustrato	Recuento de Macrozoobentos									Estimación de Densidad nº individuos/m ²	
			Orden	Familia	Adultos	Juveniles	Exuvia	Ninfas	Pupas	Larvas	Huevos de Resistencia		
29-12-1997	Orilla	Arena c/Gravilla											
			Diptera	-	1	-	-	-	-	-	6		
			Hemiptera	Saldidae	1	-	-	-	-	-	6		
			Hymenoptera	Braconidae	2	-	-	-	-	-	14		
			Lepidoptera	-	-	-	-	1	-	-	6		
12-01-1998	Orilla	Arena c/Gravilla											
			Coleoptera	-	-	-	-	-	1	-	11		
				Gyrinidae	1	-	-	-	-	-	-	11	
			Eucopepoda	Diaptomidae	1	-	-	-	-	-	-	11	
			Ephemeroptera	Baetidae	-	-	1	-	-	-	-	11	
16-02-1998	Orilla	Arenoso	Ephemeroptera	Baetidae	-	-	1	-	-	-	-	En Proceso	
			-	-	-	-	-	-	-	7	En Proceso		
		Pedregoso	Diptera	Blephaciridae	2	-	-	-	-	-	-	-	En Proceso
			Trichoptera	-	-	-	-	-	-	1	-	-	En Proceso

Microalgas de la Deriva en el Maipo (El Manzano)

FECHA	DIVISION	GENEROS
29/12/97	Chlorophyta Bacillariophyta	<i>Ulothrix sp.</i> <i>Epithemia sp.</i> <i>Synedra sp.</i> <i>Amphora sp.</i>
12/1/98	Cyanophyta Chlorophyta Bacillariophyta	<i>Borzia sp.</i> <i>Ulothrix sp.</i> <i>Achnantes sp.</i>
16/2/98	Chlorophyta Bacillariophyta	<i>Ulothrix sp.</i> <i>Cymbella sp.</i>
9/3/98	Euglenophyta Bacillariophyta	<i>Trachelomona sp.</i> <i>Cymbella sp.</i> <i>Synedra sp.</i>
30/3/98	Bacillariophyta Chlorophyta	<i>Gomphonema sp.</i> <i>Cymbella sp.</i> <i>Synedra sp.</i> <i>Achnantes sp.</i> <i>Amphora sp.</i> <i>Cocconeis sp.</i> <i>Epithemia sp.</i> <i>Ulothrix sp.</i>
13/4/98	Euglenophyta Chlorophyta Bacillariophyta	<i>Trachelonona sp.</i> <i>Ulothrix sp.</i> <i>Amphora sp.</i> <i>Achnantes sp.</i> <i>Gomphonema sp.</i> <i>Epithemia sp.</i>
27/4/98	Chlorophyta Bacillariophyta	<i>Ulothrix sp.</i> <i>Cymbella sp.</i> <i>Synedra sp.</i> <i>Achnantes sp.</i> <i>Amphora sp.</i> <i>Epithemia sp.</i>

ANEXO IV

**ANALISIS DE MACROZOOBENTOS Y ALGAS DE DERIVA EN DOS
CAUCES DE LA REGION METROPOLITANA**

QUEBRADA SAN RAMON

MAIPO EN EL MANZANO

ANÁLISIS DEL MACROZOOBENTOS

INTRODUCCIÓN

La estructura de un ecosistema es definida por todas las poblaciones y su organización espacial, taxonómica y trófica (Sheehan, 1984). La composición de una comunidad se describe generalmente en términos de conjunto taxonómico como una lista de especies o puede tomar la forma de índices más complejos que incorporan medidas de la abundancia relativa, o valoraciones de la importancia de las especies.

Las especies no son ubicuas ni están uniformemente distribuidas, principalmente porque el ambiente en el cual viven no es homogéneo y porque hay áreas donde las condiciones prevalecientes están fuera del rango de tolerancia de algunos organismos.

Hynes (1970) ha revisado la importancia de los factores ambientales en el control de la distribución de los organismos en las aguas corrientes, enfatizando que algunos cambios en la calidad del ambiente pueden exceder la tolerancia de organismos claves en la comunidad.

Muchos ambientes contienen diversos hábitats, esto es, áreas bastante uniformes o espacios de un tipo determinado. Cada tipo de hábitat provee de diferentes superficies o espacios sobre o dentro de los cuales los organismos pueden vivir. En las aguas fluviales, un hábitat de gran interés para los hidrobiólogos es el sistema de "rápidos" (riffle) y pozas, una microregión somera, de corriente suave y fondo pedregoso.

Los principales factores que controlan la distribución de los organismos en agua dulce son velocidad de la corriente y estabilidad de la profundidad; régimen lumínico y de temperatura, condición y estabilidad del sustrato; concentración de oxígeno disuelto y calidad del agua con relación a dureza, acidez, concentración de nutrientes y salinidad (Hellawell, 1989).

La distribución de las especies es también una función de sus mecanismos de dispersión aunque éstos son menos importantes en ambientes estables. La cuestión de la dispersión llega a ser más importante cuando se consideran ambientes forzados, especialmente aquellos que están sujetos a influencias intermitentes.

La estructura de la comunidad refleja, en cierto la estructura del hábitat, en un hábitat diverso, se espera que la amplia variedad de oportunidades a ser explotadas provea un amplio rango de nichos y, por tanto, una multiplicidad de especies. En cambio, cuando un hábitat es monótono y ofrece oportunidades sólo a pocas especies especialistas, entonces la diversidad comunitaria es reducida.

Los ciclos biológicos son comandados por ganglios nerviosos de la vida instintiva, que reciben estímulos del medio sin coordinarlos mayormente gatillando así la expresión de un ciclo en particular.

Es posible argumentar por tanto que su presencia y secuencia está regida por factores de temporalidad (cronometrado por relojes internos) más que de espacio, sin embargo, este espacio o medio modularía la expresión del ciclo modificando el momento de su aparición, intensidad y duración. Es por ello que los entomólogos dicen que bajo ciertas condiciones dadas los insectos reaccionarán de un modo determinado, modo que asegura en lo posible su supervivencia y la de sus descendientes; por ejemplo: en temporadas de prolongadas sequías u otras condiciones adversas a su desarrollo ciertos invertebrados depositarían huevos de resistencia o formarían rígidas envolturas pupales, finalmente pueden entrar en prolongados períodos de diapausa donde reducen su metabolismo a la espera de condiciones más apropiadas.

La introducción de barreras físicas como es el caso de la bocatoma puede ser un factor que afecte la colonización que realizan los adultos aguas abajo de la toma; alteraciones de tipo químico por el apozamiento de agua eventualmente pueden presentarse, pero en nuestro caso no tenemos evidencia

que justifique tal afirmación. El brusco descenso de los caudales representaría entonces el principal gatillante de alteraciones en el sistema afectando a invertebrados que requieren de una determinada altura y velocidad del cuerpo de agua para su normal desarrollo.

LOCALIZACION DE LAS EXPERIENCIAS DE TERRENO

Quebrada San Ramón

El material para este estudio fue la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, de los rápidos de la Quebrada San Ramón. Las dos estaciones de muestreo estuvieron ubicadas en segmentos seleccionados de los sectores más representativos del cauce antes y después de la bocatoma de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de EMOS. En ambos sectores se realizaron muestreos semicuantitativos para caracterizar el macrozoobentos (> 1,0 mm) del cauce, entre Diciembre 1997 y Mayo 1998.

Maipo en el Manzano

El material para este estudio fue la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, de dos microhábitat del río Maipo tipificados como estación orilla (aguas más bien estancadas y fondo arenoso limoso) y estación centro (aguas torrentosas de fondo pedregoso, para su muestreo se seleccionaron puntos que facilitasen un acceso seguro al sector más profundo, en el centro del río).

En ambos sectores se realizaron muestreos semicuantitativos para caracterizar el macrozoobentos (>1,0 mm) del cauce, entre Diciembre 1997 y Abril 1998.

MATERIALES Y METODOS

Se hizo un muestreo siguiendo las técnicas de Hynes (1971) mediante un muestreador tipo "Surber" de 0,09 m² provisto de una red de 250 µm de abertura de malla. La muestra semicuantitativa aporta una indicación de la abundancia relativa de los componentes de la comunidad, pero no es posible referirlos en términos absolutos, a un área o volumen definido del hábitat. Se llama muestra semicuantitativa a la obtenida con red Surber, justamente porque no puede hacerse referida a una medida absoluta. Todos los valores entregados, tanto en tablas como en gráficos se expresan en m², sin embargo se supone que los organismos están ocupando una sola superficie en el fondo del cauce (mono layer), cosa que en la realidad no ocurre.

Para el tratamiento de las muestras se siguió a Merrit & Cummins (1984). Las muestras tomadas con red Surber, fueron fijadas y preservadas en formalina al 10% y posteriormente revisadas bajo una lupa binocular.

La identificación de los organismos se realizó a nivel de familia y hasta categorías menores en ciertos casos, para ello se emplearon claves, descripciones y figuras dadas por Chu (1949), Macan (1959), Hulbert (1977), Merrit & Cummins (1978), Pennak (1978), más el apoyo brindado por especialistas del Museo Nacional de Historia Natural. La abundancia fue determinada por el conteo del número de individuos por taxa.

RESULTADOS

Quebrada San Ramón

La fauna de macroinvertebrados bentónicos de la Quebrada San Ramón determinada en esta investigación, se encuentra constituida por 24 taxa (familias) de los cuales 21 corresponden al phylum Arthropoda, 1 Mollusca, 2 Annelida. La totalidad de los 21 Arthropoda, corresponden a estados inmaduros de insectos acuáticos de los cuales los más representativos son: 6 Diptera y 2 Ephemeroptera.

Maipo en el Manzano

La fauna de macroinvertebrados del río Maipo determinada en esta investigación (Tabla 1) se encuentra constituida por 12 taxa (familias) del phylum Arthropoda, casi todos corresponden a estados inmaduros de insectos acuáticos de los cuales los más representativos son : Chironomidae y Baetidae.

DISCUSION

Quebrada San Ramón

El análisis de datos se basó en los siguientes supuestos:

- 1- Los muestreos realizados en la estación aguas arriba de la bocatoma representarían la dinámica natural del sistema, libre en gran medida de intervención antrópica, hecho que se refleja en sus parámetros físicos todos indicadores de aguas de excelente calidad y en el régimen uniforme de sus caudales. Ambas observaciones nos conducen a pensar que los datos de densidad recogidos se explicarían principalmente como consecuencia de ciclos biológicos propios de los invertebrados (ciclos de escasa plasticidad) que no se verían alterados por un ambiente casi natural y uniforme.
- 2- La situación aguas abajo de la toma es muy distinta, pues el régimen de caudales además de estar fuertemente reducido es altamente fluctuante, lo que explicaría la alteración manifiesta que se registra en la fauna que habita sus aguas. Ciertos hechos (como el encontrar poblaciones en estados más inmaduros u otras en un punto alto mientras que aguas arriba las poblaciones se componían de estadios más avanzados o comenzaban a declinar, respectivamente; y otros) mueven a postular apoyándose en la teoría del "river continuum" que junto con restringir la densidad se introduce modificaciones de los ciclos biológicos del macrozoobentos produciéndose una especie de "respuesta diferida" respecto a la dinámica aguas arriba.

La teoría del "river continuum" (RCC), describe la función de los ecosistemas lóticos, desde los cursos cabezales hasta la desembocadura, tal que los eventos físicos, químicos y biológicos de la parte superior (head water streams) del río solo cambian proporcionalmente, a la de aquellos de las secciones terminales (river mouth). La composición de los grupos funcionales del macrozoobentos (picadores, raspadores, pastoreadores, etc.) se espera que cambien en función de los "aportes energéticos orgánicos" provenientes de los cursos tributarios o de las zonas ribereñas en una secuencia ordenada desde la parte alta hasta la desembocadura. Así, si el cauce principal reduce el volumen de sus aguas por las extracciones para cualquier uso; en este caso, aguas abajo de la bocatoma, a los organismos solo les queda 2 caminos a seguir:

- Moverse hacia aquellas zonas más "amigables" desde el punto de vista del caudal, o
- Dar una "respuesta diferida" en el sentido de adaptación a las condiciones artificiales introducidas por la extracción de agua desde la bocatoma y ese cambio puede ser detectado haciendo muestreos seriados en el tiempo (1 a 5 años o más).

De acuerdo a los objetivos planteados en esta investigación se determinó la composición de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos. La fauna bentónica está constituida por 24 taxa de rango familia.

La abundancia y distribución de los macroinvertebrados en este cauce (intervenido) parece estar relacionada con la velocidad de la corriente, tipo de entorno, grado de exposición del cauce a la radiación, estabilidad del sustrato y desarrollo del fitobentos sobre el fondo pedregoso, sin embargo se observó que la disminución de los grupos (riqueza, densidad) aguas abajo de la bocatoma se debería esencialmente a la baja del caudal. Esta disminución tiene efectos sobre la altura de la columna de agua y por ende la exposición del fondo a la radiación solar, tal que un grupo sensible a este efecto como el de los *Plecoptera*, aumenta su riqueza en contraste con la homogeneización biótica de la

estación de muestreo. Lo anterior es sólo una conclusión de tipo preliminar, por cuanto los factores mencionados ameritarían una especial experimentación para tener la certeza de una correlación con la abundancia y distribución de los macroinvertebrados.

Si se observa los datos de riqueza fitobentónica, se encuentra similar efecto al anteriormente descrito, es decir, decrece la riqueza de grupos aguas abajo de la bocatoma. Esto induce a pensar que más allá de la determinación de los factores abióticos del sistema operando sobre el macrozoobentos, debiera también considerarse el efecto trófico, puesto que la mayoría de los representantes de los grupos funcionales (raspadores, predadores, pastoreadores, etc.) dependen de la oferta ambiental alimentaria.

Maipo en el Manzano

En general las especies están confinadas a tipos de sustrato bien definidos disminuyendo en otros.

Un mismo tipo de sustrato puede albergar una fauna más densa dependiendo de otros factores, así, la existencia de macrófitas suministra refugio y alimento a especies que habitan sustratos pedregosos, aumentando estas su densidad pero variando poco su composición. Ganan entonces importancia las familias Chironomidae, Simuliidae, Elmidae, Baetidae y algunos Plecoptera.

Las macrófitas y algas tienden a disminuir con el aumento de sólidos suspendidos, condición que altera indirectamente a la fauna reduciendo la densidad, respecto a la calidad los órdenes Plecoptera, Ephemeroptera y Trichoptera se verían más afectados que otros taxa. En casos extremos sólo los quironómidos rojos y tubificidos sobrevivirían dependiendo del alimento disponible.

Al aumentar el contenido de materia orgánica disuelta, los tubificidos y quironómidos rojos crecerían en importancia. Sin embargo, si el río es turbulento debería estar razonablemente oxigenado pudiendo entonces encontrar a los quironómidos acompañados de invertebrados de las aguas limpias, por otra parte si el sustrato se erosiona por la alta velocidad de la corriente la fauna se hace escasa y dispersa (Hynes 1966).

El tramo que se estudió del río Maipo contiene una combinación de estos factores, actuando en distintas gradaciones: alto contenido de materia orgánica, alta oxigenación y una erosión moderada lo que da como resultado la presencia de una fauna reducida y aglomerada en parches. Lo anterior se confirma con las características del macrozoobentos encontrado en este sector.

Los representantes más permanentes del estero el manzano son los Ephemeroptera de la familia Baetidae (*Baetis* sp.), Trichoptera Hydropsychidae (*Smicridea* sp.), y Diptera de las familias Chironomidae y Simuliidae.

A partir de datos extraídos de Hynes (1966 y 1970) se hará un breve comentario de sobre estos invertebrados tratando de explicar su presencia en el cauce.

Baetidae: Habita en las aguas turbulentas donde no requiere mover sus agallas para crear una corriente que le aporte oxígeno, se aferra al sustrato pedregoso con sus garras. Ambas condiciones contribuyen a que los encontremos en mayor proporción en el centro, puesto que la orilla con sus fondo limoso que no permite un buen agarre y las aguas barrosas con abundantes sólidos disueltos disminuyen su número. Aún así están tipificados como organismos tolerantes siendo uno de los primeros en recolonizar aguas servidas tratadas. La ausencia de los Leptophlebiidae se explicaría porque estos no toleran aguas lodosas.

Hydropsychidae: También habitan aguas rápidas colocando sus redes contra la corriente fijándolas a piedras alcanzan grandes densidades en aguas ricas en algas y pequeños invertebrados. Aquí su número es reducido por el escaso placton en las aguas.

Chironomidae: Los quironómidos rojos predominan en la orilla dado que habitan los intersticios de piedrecillas encontrando allí abundantes hongos de alcantarilla y materia orgánica en forma de detritus y bacterias. La gran ingesta de barro orgánico que realizan aumenta la DBO y empobrece el microhábitat de oxígeno situación que se compensa gracias a la hemoglobina (que les da la coloración roja) y los movimientos ondulatorios que realizan dentro de su tubo oxidando materia orgánica. Muy tolerantes a condiciones adversas son los primeros en aparecer aguas abajo de un vertido venenoso, sin embargo, descargas de Cu sobre 1ppm puede hacerlos desaparecer. En el centro al disminuir los sólidos suspendidos y aumentar la oxigenación los quironómidos rojos disminuyen y toman importancia los verdes.

Simuliidae: Tienen la capacidad de filtrar aguas arcillosas usando los "abanicos" de su cabeza y también la de fijarse al sustrato pedregoso por medio de una ventosa, sin embargo, ambas capacidades son limitadas, es por esto que sólo los encontraremos en el centro y en un número muy escaso.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

DUARTE W., R. FEITO, C. JARA, C. MORENO y E. ORELLANA, 1971. Ictiofauna del sistema hidrográfico del río Maipo. Bol. Mus. Nac. Hist. Nat. tgo. 32:227-268

HYNES, H.B.N., 1966. The biology of polluted waters. Liverpool University press.202p

HYNES, H.B.N., 1970. The ecology of running waters. University of Toronto press.555p

IDENTIFICACIÓN DE MICROALGAS DE LA DERIVA

INTRODUCCION

El trabajo consistió en la identificación y clasificación de las microalgas de la deriva presentes en el sistema lótico (aquellos cuerpos de agua que tienen sus aguas corriendo en una dirección) del río Maipo, en la estación El Manzano (33° 36' S, 70° 24'W) y en la Quebrada San Ramón (33°27'S - 70°28'W).

Para el caso del río Maipo, el período de muestreo está comprendido entre el 29/12/97 al 27/04/98, obteniéndose de cada mes una muestra a examinar, a excepción de los meses de marzo y abril, de los cuales se obtuvieron dos muestras, representativas de cada quincena.

En la Quebrada San Ramón, el período de muestreo está comprendido entre el 30/12/97 al 4/05/98, con un intervalo de aproximadamente 15 días entre muestras. En cada oportunidad se muestreó dos zonas: aguas arriba y aguas abajo.

Debido a la dificultad taxonómica de algunos grupos clasificados, limitante técnica y objetivo del trabajo solicitado, solo se llegó a la identificación de los géneros presentes en cada una de las muestras.

MATERIAL Y METODO

Para la identificación de los géneros se utilizaron los siguientes materiales:

- Microscopio óptico (3.5x, 10x, 40x y 100x).
- Portaobjetos.
- Cubreobjetos.
- Pipeta pasteur.
- Muestras de microderiva acuática del sistema considerado, debidamente conservadas (Formaldehído 10%).

Se tomaron, mediante pipeta Pasteur, alícuotas desde las muestras respectivas. Se depositaron dos a tres gotas sobre el cubreobjetos, cubriéndolas luego. El proceso de identificación consistió en realizar barridos con el objetivo 10x por toda la placa, para poder detectar los especímenes, identificándolos luego a través del objetivo 40x. Para esto se consultaron los siguientes trabajos:

Parra, Oscar & Bicudo, Carlos. 1995. Introducción a la biología y sistemática de las algas de aguas continentales. Ediciones Universidad de Concepción. 268 pp.

Prescott, G.W. 1970. The Freshwater algae. W.M.C. Brown company publishers. 348 pp.

Hustedt, F. 1930. Süßwasser-flora mitteleuropas. Heft 10: Bacillariophyta, Pt.1 und 2. 466 pp.

Patrick, R & Reimer, C. 1966. The Diatoms of the United States. Vol 1. Monographs Number 13, A.N.S.P. 688 pp.

Lopez, Mariide. Comunicación Personal

Las muestras de microalgas se tomaron con una red cualitativa de plancton de 60µ de poro siguiendo la metodología descrita por Hynes(1970).

RESULTADOS

Río Maipo en el Manzano

Los resultados obtenidos fueron los siguientes :

FECHA	DIVISION	GENEROS
29/12/97	Chlorophyta Bacillariophyta	<i>Ulothrix sp.</i> <i>Epithemia sp.</i> <i>Synedra sp.</i> <i>Amphora sp.</i>
12/1/98	Cyanophyta Chlorophyta Bacillariophyta	<i>Borzia sp.</i> <i>Ulothrix sp.</i> <i>Achnantes sp.</i>
16/2/98	Chlorophyta Bacillariophyta	<i>Ulothrix sp.</i> <i>Cymbella sp.</i>
9/3/98	Euglenophyta Bacillariophyta	<i>Trachelomona sp.</i> <i>Cymbella sp.</i> <i>Synedra sp.</i>
30/3/98	Bacillariophyta Chlorophyta	<i>Gomphonema sp.</i> <i>Cymbella sp.</i> <i>Synedra sp.</i> <i>Achnantes sp.</i> <i>Amphora sp.</i> <i>Cocconeis sp.</i> <i>Epithemia sp.</i> <i>Ulothrix sp.</i>
13/4/98	Euglenophyta Chlorophyta Bacillariophyta	<i>Trachelomona sp.</i> <i>Ulothrix sp.</i> <i>Amphora sp.</i> <i>Achnantes sp.</i> <i>Gomphonema sp.</i> <i>Epithemia sp.</i>
27/4/98	Chlorophyta Bacillariophyta	<i>Ulothrix sp.</i> <i>Cymbella sp.</i> <i>Synedra sp.</i> <i>Achnantes sp.</i> <i>Amphora sp.</i> <i>Epithemia sp.</i>

Quebrada San Ramón

Los resultados obtenidos fueron los siguientes :

FECHA	ZONA DE MUESTREO	DIVISION	GENEROS
30/12/97	Aguas arriba	Bacillariophyta	<i>Gomphonema sp.</i> <i>Achnantes sp.</i> <i>Amphora sp.</i> <i>Cocconeis sp.</i>
	Aguas abajo	Cyanophyta	<i>Gloeocapsa sp.</i>
Chlorophyta		<i>Cosmarium sp.</i>	
13/1/98	Aguas arriba	Bacillariophyta	<i>Gomphonema sp.</i> <i>Fragilaria sp.</i> <i>Amphora sp.</i> <i>Cocconeis sp.</i> <i>Synedra sp.</i> <i>Cymbella sp.</i>
	Aguas abajo	Cyanophyta	<i>Lyngbya sp.</i> <i>Oscillatoria sp.</i>
Bacillariophyta		<i>Gomphonema sp.</i> <i>Cymbella sp.</i>	
26/1/98	Aguas arriba	Bacillariophyta	<i>Gomphonema sp.</i> <i>Fragilaria sp.</i> <i>Synedra sp.</i> <i>Anomoeoneis sp.</i> <i>Cyclotella sp.</i>
	Aguas abajo	Chlorophyta	<i>Ulotrix sp.</i>
Bacillariophyta		<i>Gomphonema sp.</i> <i>Cocconeis sp.</i>	

FECHA	ZONA DE MUESTREO	DIVISION	GENEROS
17/2/98	Aguas arriba	Bacillariophyta	<i>Gomphonema</i> sp. <i>Fragillaria</i> sp. <i>Cocconeis</i> sp. <i>Cymbella</i> sp.
	Aguas abajo	Cyanophyta Bacillariophyta	<i>Oscillatoria</i> sp. <i>Gomphonema</i> sp. <i>Cymbella</i> sp.
23/3/98	Aguas arriba	Bacillariophyta	<i>Gomphonema</i> sp. <i>Cymbella</i> sp. <i>Synedra</i> sp. <i>Fragillaria</i> sp. <i>Achnantes</i> sp.
	Aguas abajo	Bacillariophyta	<i>Gomphonema</i> sp.
31/3/98	Aguas arriba	Bacillariophyta	<i>Gomphonema</i> sp. <i>Fragillaria</i> sp. <i>Cymbella</i> sp. <i>Synedra</i> sp. <i>Cyclotella</i> sp. <i>Acmphora</i> sp. <i>Cocconeis</i> sp.
	Aguas abajo	Cholophyta Bacillariophyta	<i>Ulotrix</i> sp. <i>Gomphonema</i> sp. <i>Synedra</i> sp. <i>Cocconeis</i> sp. <i>Cymbella</i> sp.
4/4/98	Aguas arriba	Bacillariophyta	<i>Gomphonema</i> sp. <i>Synedra</i> sp. <i>Cymbella</i> sp. <i>Achnantes</i> sp. <i>Fragillaria</i> sp. <i>Amphora</i> sp. <i>Cocconeis</i> sp. <i>Anomonoeosis</i> sp.
	Aguas abajo	Cyanophyta Bacillariophyta	<i>Lyngbya</i> sp. <i>Gomphonema</i> sp. <i>Synedra</i> sp. <i>Cymbella</i> sp. <i>Achnantes</i> sp. <i>Fragillaria</i> sp.

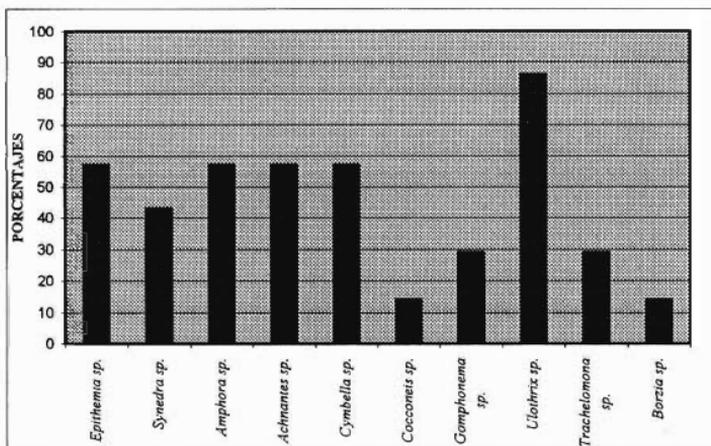
FECHA	ZONA DE MUESTREO	DIVISION	GENEROS
14/4/98	Aguas arriba	Bacillariophyta	<i>Gomphonema sp.</i> <i>Synedra sp.</i> <i>Cymbella sp.</i> <i>Anomoneosis sp.</i> <i>Achnantes sp.</i> <i>Cocconeis sp.</i> <i>Fragillaria sp.</i>
	Aguas abajo	Cyanophyta Bacillariophyta	<i>Oscillatoria sp.</i> <i>Gomphonema sp.</i> <i>Cymbella sp.</i> <i>Achnantes sp.</i> <i>Synedra sp.</i> <i>Anomoeoneis sp.</i> <i>Fragillaria sp.</i>

DISCUSION

Río Maipo en El Manzano

Las frecuencias de aparición fueron las siguientes (presencia por día muestreado):

		29-Dic	12-Ene	16-Feb	09-Mar	30-Mar	13-Abr	27-Abr	% de frec.
Bacillariophyta	<i>Epithemia sp.</i>	*				*	*	*	57
	<i>Synedra sp.</i>				*	*		*	43
	<i>Amphora sp.</i>	*				*	*	*	57
	<i>Achnantes sp.</i>		*			*	*	*	57
	<i>Cymbella sp.</i>			*	*	*		*	57
	<i>Cocconeis sp.</i>					*			14
	<i>Gomphonema sp.</i>					*	*		29
Chlorophyta	<i>Ulothrix sp.</i>	*	*	*		*	*	*	86
Euglenophyta	<i>Trachelomona sp.</i>				*		*		29
Cyanophyta	<i>Borzia sp.</i>		*						14



Las muestras comprendidas entre Diciembre y la primera quincena de Marzo presentaron una baja diversidad algológica. Pero contrario a esto, mostraron una gran cantidad de sedimentos orgánicos e inorgánicos (debido posiblemente a las condiciones de toma de muestra), en particular de tipo arcilloso. Esto podría explicar el mínimo establecimiento de algas bentónicas (fitobentos). En el periodo precedente (fines de Marzo y mes de Abril), la diversificación y abundancia, en particular de Bacillariophyta, aumento significativamente y en directa relación a la aparición en las muestras de arenas, con notoria disminución de otro tipo de sedimento. Estos granos consolidados permiten el establecimiento de taxas epipélicas (que crecen sobre el sedimento) y epipsámicas (que crecen o se mueven sobre granos de arena), constituyendo las diatomeas (Bacillariophyta) la mayor parte de la comunidad de algas adheridas en las aguas continentales, lo cual se relaciona con su mayor representatividad en estas muestras.

El mayor porcentaje de frecuencias correspondió a *Ulothrix sp.* (Chlorophyta). Los representantes de este grupo prefieren sistemas de flujos rápidos, adhiriéndose en rocas sumergidas o elementos que hayan caído al agua (e.g. troncos caídos).

Trachelomona sp. Se encontró en una frecuencia de un 29%. Las taxas de esta división (Euglenophyta) son encontradas preferentemente en pequeñas lagunas, charcos y pozas con aguas ricas en sustancias orgánicas; en estas aguas se desarrollan masivamente provocando "blooms" o floraciones algales que tiñen las aguas de un color verde intenso.

Quebrada San Ramón

En relación a la abundancia, es notorio el predominio de las Bacillariophyta (diatomeas), estableciéndose para estas la siguiente escala de frecuencias:

- | | |
|-----------------|--|
| Muy frecuentes | : Gomphonema sp, Cocconeis sp, Flagilaria sp, Cymbella sp. y Synedra sp. |
| Frecuentes | : Amphora sp y Achnantes sp. |
| Poco frecuentes | : Anomooneis sp y Cyclotella sp. |

Los otros grupos representados correspondieron a individuos aislados. No es de extrañar esta marcada abundancia del grupo de las Bacillariophyta, en particular de Gomphonema sp y Cymbella sp, ya que estos géneros presentan estructuras de fijación muscilaginosas que les permiten proliferar en este tipo de sustrato (rocoso-pedregoso).

Es importante destacar la baja representatividad del grupo de las Cyanophyta, indicadores de sistemas eutroficados, con lo que se concluye que este es un sistema de aguas prístinas.

Notorio es además, la diferencia cuanti y cualitativa de grupos de microalgas entre las dos zonas muestrales, mermando su representatividad en la zona de aguas abajo.

Estas microalgas de la deriva corresponden al sustrato alimentario del macrozoobentos, en particular de los grupos Ephemeroptera, Trichoptera, Hemiptera, Lepidoptera, etc. de manera que las variaciones que estas experimenten se relacionan directamente con las variaciones de estos grupos de invertebrados.

ANEXO V

INFORMACION BASICA PARA EVALUACION ECONOMICA

INFORMACION BASICA PARA EVALUACION ECONOMICA

El análisis económico desarrollado para el presente estudio incluye la evaluación de los costos fijos más los de operación, correspondientes a campañas de terreno cuyo objetivo es lograr la caracterización del sistema hídrico estudiado.

Los costos fijos incluyen la instalación de una estación fluviométrica compuesta por la definición e instalación de una sección de control, junto a la compra de equipos. Además, se incluye la elaboración de topografía de detalle para definir perfiles transversales a lo largo del río. En el caso de la topografía se ha hecho una distinción entre ríos de gran tamaño y ríos de pequeño tamaño. Los costos fijos se han estimado en U.F., y se presentan en la Tabla V.1.

Tabla V.1 Inversiones y Costos Fijos

ITEM	Descripción	Tipo de Cauce	Costo UF
Topografía	Levantamiento y Perfiles	Caudaloso . Longitud 30 Km	414
		Precordillerano, Tormentoso Longitud 10 Km	138
Est. Limnigráfica	Instalación en terreno	Para todo tipo de cauce	34
	Equipos	Para todo tipo de cauce	172

COSTO TOTAL UF	
CAUCE CAUDALOSO	620
CAUCE TORRENTOSO	344

Los costos operacionales se han dividido en dos grandes grupos. Un primer grupo que incluye la etapa de caracterización espacial (primera campaña de terreno) y un segundo que incluye la caracterización temporal a partir de zonas homogéneas.

En la Tabla V.2 se incluye los costos correspondientes a la etapa de caracterización espacial. Esta etapa incluye la recolección y análisis de 20 muestras para la determinación de propiedades físico-químicas, microbiológicas y biológicas. Además se incluye la realización de aforos en dos secciones transversales al escurrimiento.

Los costos del monitoreo biológico consideran una serie de estudios específicos complementarios a los barridos generales de información. Dichos estudios son necesarios debido a la falta de información existente respecto de la biología de muchos de los organismos de nuestros ecosistemas. Por lo tanto los costos asociados al monitoreo biológico pueden disminuir según el grado de conocimiento de la zona de estudio y sus características particulares.

Tabla V.2 Costos Caracterización Espacial

Muestra	Tipo de Análisis	Número de Muestras	Costo Unitario (UF)	Costo Total (UF)
Físico-química y Microbiológica	Físico-químico y microbiológico	20	2,15	43
Aforos	aforos	2	3,5	7
Estación Limnigráfica	nivel de agua	1	1,0	1
Biológica	Macrozoobentos,	20	5,0	100
	Microzoobentos	20	3,0	60
	Microalgas	20	10,0	200
	Peces	20	10,0	200
	Anfibios	20	10,0	200
TOTAL				611

Luego de la caracterización espacial se lleva a cabo una caracterización temporal que incluye el muestreo sistemático a lo largo de un año. Dependiendo del número de sectores homogéneos que se identifique el costo de esta etapa será diferente. La Tabla V.3a muestra los costos asociados a una única zona homogénea (es decir, el tramo de río en análisis se supone completamente homogéneo).

Tabla V.3a Costos Caracterización Temporal (Una Zona Homogénea)

Muestra	Tipo de Análisis	Frecuencia	Número de Muestras	Costo Unitario (UF)	Costo Total (UF)
Físico-química y Microbiológica	Físico-químico y microbiológico	mensual	12	2,15	26
Aforos	aforos	quincenal	24x2	3,5	168
Estación Limnigráfica	nivel de agua	quincenal	24	1,0	24
Biológica	Macrozoobentos,	quincenal	24	5,0	120
	Microzoobentos	mensual	12	3,0	36
	Microalgas	mensual	12	10,0	120
	Peces	mensual	12	10,0	120
	Anfibios	mensual	12	10,0	120
TOTAL					614

La Tabla V.3b muestra los costos asociados a un sistema hídrico con tres zonas homogéneas, mientras que la Tabla V.3c muestra un sistema en que se han identificado seis zonas homogéneas.

Tabla V.3b Costos Caracterización Temporal (Tres Zonas Homogéneas)

Muestra	Tipo de Análisis	Frecuencia	Número de Muestras	Costo Unitario (UF)	Costo Total (UF)
Físico-química y Microbiológica	Físico-químico y microbiológico	mensual	12x3	2,15	77
Aforos	aforos	quincenal	24x2	3,5	168
Estación Limnigráfica	nivel de agua	quincenal	24	1,0	24
Biológica	Macrozoobentos,	quincenal	24x3	5,0	360
	Microzoobentos	mensual	12x3	3,0	108
	Microalgas	mensual	12x3	10,0	360
	Peces	mensual	12x3	10,0	360
	Anfibios	mensual	12x3	10,0	360
TOTAL					1457

Tabla V.3c Costos Caracterización Temporal (Seis Zonas Homogéneas)

Muestra	Tipo de Análisis	Frecuencia	Número de Muestras	Costo Unitario (UF)	Costo Total (UF)
Físico-química y Microbiológica	Físico-químico y microbiológico	mensual	12x6	2,15	155
Aforos	aforos	quincenal	24x2	3,5	168
Estación Limnigráfica	nivel de agua	quincenal	24	1,0	24
Biológica	Macrozoobentos,	quincenal	24x6	5,0	720
	Microzoobentos	mensual	12x6	3,0	216
	Microalgas	mensual	12x6	10,0	720
	Peces	mensual	12x6	10,0	720
	Anfibios	mensual	12x6	10,0	720
TOTAL					2723

El trabajo del grupo de especialistas a cargo del análisis de la información de terreno se puede asumir independiente al número de zonas en las que se ha dividido el cauce. Utilizando una duración del proyecto igual a un año se obtiene lo indicado en la Tabla V.4. En este caso se ha supuesto la participación de un Jefe de Proyecto, cinco especialistas y dos ayudantes. Este trabajo se desarrollaría a lo largo de un año.

Tabla V.4 Grupo de Trabajo

Profesional	Horas Proyecto		Costo Unitario UF	Costo Total UF
	Caracterización Espacial	Caracterización Temporal		
Jefe Proyecto	90	630	2,5	1800
Especialistas (5)	225	1375	2,0	3200
Ayudantes (2)	360	4320	0,5	2340
TOTAL				7340

A partir de la información anterior se evaluó el costo de desarrollar un estudio de terreno que incluya una zona homogénea, tres zonas homogéneas y seis zonas homogéneas. Estos valores se resumen en la Tabla V.5.

Tabla V.5 Resumen de Costos Operacionales (UF)

ITEM	CASO A	CASO B	CASO C
Grupo de Trabajo	7340	7340	7340
Caracterización Espacial	611	611	611
Caracterización Temporal	614	1457	2723
TOTAL	8565	9408	10674

ANEXO VI

COMPONENTES DE UN LABORATORIO DE BIOLOGIA ACUATICA

A continuación se presenta una descripción del equipamiento necesario para la instalación de un laboratorio de biología acuática. En el caso de algunos instrumentos se ha incluido su costo aproximado en dólares americanos.

Componente Físico-Químico

Parámetro	Aparato	Costo Aproximado
• Oxígeno	Oxigenómetro	US\$ 2,500
• pH	Peachímetro	
• Temperatura	Termómetro protegido Termistor	
• Conductividad	Conductivímetro	
• Muestras de agua	Botellas Van Dom	US\$ 800
• Visibilidad	Discos Secchi	US\$ 200
• Nitratos/nitritos/fósforos/carbonatos	Equipo HACH digital	US\$ 6,000

Componente fitoplanctón

Preservantes:

- Formalita tamponada (Borax)
- Solución de Lugol

Recuentos:

- Microscopio invertido con cámara fotográfica adicional (Wild M 40) US\$ 25,000
- Cilindros de sedimentación para microrecuentos US\$ 200 c/u
- Reglilla ocular de Whipple US\$ 300
- Cámara de Sedgwick-Rafter para recuento de fitoplanctón. US\$ 300

Concentración:

- Centrifuga US\$ 12,000
- Porta-excavados US\$ 100

Componente Zooplanctón

Preservantes:

- Formalina tamponada al 40 %
- Solución de Lugol
- Alcohol

Captura y Recuentos:

- Red de Clarke-Bumpus para cuerpos de aguas mayores a 5 m. US\$ 200
- Cámara de Palmer-Maloney para zooplanctón
- Trampa de Juday Plankton trap US\$ 100
- Embudo excluidor para zooplanctón (complementaria a botella de Van Dom)
- Pipeta volumétrica de Hansen-Stempel

Componente Fauna bentónica de lagos y ríos poco profundos

- Micromuestreador para sedimentos
- Red Surber
- Trampa Hess
- Trampa de pantalla
- Microscopios estereoscópicos

Peces y otros vertebrados

- Redes de distintos diámetros
- Lupas para recuentos y clasificación
- Chinguillos
- Cámara fotográfica
- Látigos para pesca eléctrica

Otros

- Draga Ecker
- Portaobjetos
- Cubreobjetos
- Pipetas
- Pinzas
- Tijeras
- Cápsulas Petri de distintas dimensiones
- Frascos de vidrios para colección
- Botellas plásticas
- Frascos plásticos de diferentes volúmenes